

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
Кафедра астрономии и космической геодезии

Р.В. ЗАГРЕТДИНОВ, Р.В. КОМАРОВ, А.Е. САПРОНОВ,
М.Г. СОКОЛОВА

**ОСНОВНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие

Казань – 2020

УДК 528.48

Принято на заседании учебно-методической комиссии

Института Физики.

Протокол № 5 от 5 мая 2020 года

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор
кафедры астрономии и космической геодезии Института Физики КФУ

И.Ф. Бикмаев;

специалист 1 категории ГБУ «Фонд пространственных данных Республики
Татарстан»

А.Г. Сибагатуллин

Загретдинов Р.В.

Основные инженерно-геодезические изыскания при строительстве сооружений / Р.В. Загретдинов, Р.В. Комаров, А.Е. Сапронов, М.Г. Соколова. – Казань: Казан. ун-т, 2020. - 98 с.

Учебное пособие предназначено для лекционных и практических занятий по дисциплине «Прикладная геодезия» для студентов, обучающихся по направлениям 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 05.03.03 «Картография и геоинформатика».

Материал дает представление о геодезических работах на всех этапах строительства сооружений, а именно изыскания, проектирования, выполнения разбивочных работ, исполнительных съемок, геодезического сопровождения строительства, оформления инженерно-графической документации.

Ключевые слова: изыскание, строительная сетка, разбивочный элемент, трасса, профиль, план, исполнительная съемка, деформация.

© Загретдинов Р.В.,

Комаров Р.В.,

Сапронов А.Е.,

Соколова М.Г.

© Казанский университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Нормативно-правовая база и опорные сети геодезических изысканий	7
2. Этапы инженерно-геодезического проектирования	13
3. Геодезические строительные сетки и чертежи	28
4. Элементы и способы разбивочных работ	40
5. Технология исполнительной съемки	51
6. Вертикальная планировка и нивелирование площадки	59
7. Геодезические работы при проектировании линейных сооружений	64
8. Геодезические работы при возведении наземной части зданий	79
9. Наблюдения за деформациями сооружений	86
Список рекомендуемой литературы	98

Введение

Прикладная геодезия изучает методы геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, при разведке, использовании и эксплуатации природных богатств. В более узком смысле в инженерной геодезии изучаются методы топографических изысканий и вынесения в натуру проектов сооружений.

Изыскания - это комплекс проблемных, экономических и технических исследований района предполагаемого строительства, с целью получения данных, необходимых для решения основных вопросов проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят:

- сбор и анализ имеющихся на район строительства топографо-геодезических материалов прошлых лет;
- создание планово-высотных съемочных геодезических сетей; топографические съемки (наземные и аэрокосмические) в масштабах 1:500-1:10000, включая съемки подземных и наземных сооружений;
- обновление топографических планов прошлых лет в масштабах 1:500-1:10000;
- подготовка цифровых моделей местности;
- трассирование линейных сооружений и закрепление трассы и ее сооружений на местности;
- привязка инженерно-геологических выработок, геофизических точек;
- геодезические работы при производстве гидрометеорологических изысканий;
- геодезические работы для изучения опасных геологических процессов (например, оползни, карсты, осыпи, переработка берегов водохранилищ);
- геодезические работы для проектирования реконструкции и технического перевооружения существующих предприятий, зданий и сооружений, включая съемки наземных и подземных сооружений, съемки существующих автомобильных дорог, гидромелиоративных систем и т.д.;
- оформление и тиражирование материалов инженерно-геодезических изысканий.

Основные геодезические изыскания зависят от этапов строительства зданий и сооружений по следующей схеме.

Инженерно-геодезическое проектирование: геодезическая подготовка проекта для выноса его в натуру в плане и по высоте, решение задач вертикальной планировки, проект производства геодезических работ (ППГР).

Разбивочные работы: разбивочные сети, основные разбивочные работы, детальная разбивка сооружений по этапам строительства.

Выверка конструкций и технологического оборудования: в плане, по высоте, по вертикали.

Наблюдение за деформациями: оседание оснований и фундаментов, горизонтальное смещение, крен сооружений башенного типа и др.

Для выявления общих перспектив строительства в намеченном районе проводят проблемные изыскания для составления технико-экономического доклада о перспективах развития данного района (ТЭД) и технико-экономических обоснований строительства отдельных объектов (ТЭО). Состав, объемы и точности геодезических работ при строительстве инженерных объектов должны обеспечивать соответствие их геометрических параметров содержанию проектной документации, требованиям строительных норм и государственных стандартов.

Геодезические изыскания выполняют в соответствии с техническим заданием, в котором отражают общую характеристику объекта; стадии его проектирования; данные о местоположении и границах участков работ; сведения о видах и объемах геодезических и топографических работ; данные о площадях и масштабах съемок, высотах сечения рельефа по отдельным участкам; указания об очередности производства работ и сроках выдачи материалов; особые требования к выполнению работ.

1. Нормативно-правовая база и опорные сети геодезических изысканий

При инженерно-геодезических изысканиях должны соблюдаться требования нормативно-технических документов Федеральной службы геодезии и картографии России (Роскартография), регламентирующих геодезическую и картографическую деятельность, а также отраслевые нормативно-технические документы.

Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 № 431-ФЗ (ред. от 03.08.2018)

ГОСТ 22268-76 «Геодезия. Термины и определения».

ГОСТ 22651 «Картография. Термины и определения».

ГОСТ 24846 -2012 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений».

ГОСТ 21.101-93 «Основные требования к рабочей документации».

ГОСТ 21.508-93 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СП 126.13330.2017 «Геодезические работы в строительстве».

СНиП 14-01-96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации».

СНиП 22-01-85 «Геофизика опасных природных воздействий».

СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».

СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».

СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Ос-

новные положения».

СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания в строительстве»

СП 11-101-95 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений».

ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 «Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS».

ГКИНП-17-002-93 «Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в Российской Федерации»

ГКИНП-07-016-91 «Правила закладки центров и реперов на пункт геодезической и нивелирной сетей СССР».

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (ГУГК СССР. - Недра, 1989).

ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

ПТБ-88. «Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах».

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны выполняться юридическими и физическими лицами, получившими в установленном порядке лицензию на их производство в соответствии с «Положением о лицензировании строительной деятельности» (постановление Правительства РФ от 25 марта 1996 г. № 351).

Системы координат и высот при выполнении инженерно-геодезических изысканий должны устанавливаться при выдаче разрешения производства инженерных изысканий органами архитектуры и градостроительства исполнительной власти субъектов РФ или местного самоуправления, а также в установленном порядке органами Росреестра. Координаты всех пунктов вычисляются в системе плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса. К исходным

геодезическим данным относятся:

- 1) астрономо-геодезические - координаты и высоты пунктов опорных сетей; азимуты направлений;
- 2) гравиметрические - высокоточная гравиметрическая съемка площадок; величины уклонений отвесных линий;
- 3) топографические и фотограмметрические - карты различных масштабов; фотокарты и фотопланы, ландшафтные панорамы;
- 4) инженерно-геодезические – крупномасштабные планы площадок; продольные профили трасс и рек; геодезическая привязка геологических выработок и гидрометрических створов; результаты натурных наблюдений за микро-смещениями пород и деформациями сооружений.

Положение пунктов *ФАГС* (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть) определяется методами космической геодезии в геоцентрической системе координат со средней квадратической ошибкой (СКО) 10...15 см, а средняя квадратическая ошибка взаимного положения пунктов *ФАГС* должна быть не более 2 см по плановому положению и 3 см по высоте с учетом скоростей их изменения во времени.

ВГС (высокоточная геодезическая сеть) - это пункты, опирающиеся на пункты *ФАГС* и удаленных один от другого на 150...300 км. Пункты *ВГС* определяются относительными методами космической геодезии с точностью взаимного положения со СКО, не превышающими $3\text{мм} \pm 5 \cdot 10^{-8} \cdot D$ (D – расстояние между пунктами) по каждой из плановых координат и $5\text{мм} \pm 7 \cdot 10^{-8} \cdot D$ по геодезической высоте. Каждый пункт *ВГС* должен быть связан измерениями со смежными пунктами *ВГС* и не менее чем с тремя ближайшими пунктами *ФАГС*.

СГС-1 (спутниковая геодезическая сеть) представляет собой построение легко доступных пунктов со средними расстояниями между смежными пунктами около 25...35 км. *СГС-1* создается относительными методами космической геодезии со СКО взаимного положения ее смежных пунктов $3\text{ мм} \pm 7 \cdot 10^{-7} \cdot D$ по каждой из плановых координат и $5\text{ мм} \pm 7 \cdot 10^{-7} \cdot D$ по геодезической высоте. СКО

определения положения пунктов СГС-1 относительно ближайших пунктов ВГС и ФАГС не должна превышать 1...2 см в районах с сейсмической активностью 7 и более баллов и 2...3 см в остальных регионах страны. Нормальные высоты определяются на всех пунктах СГС-1 либо из геометрического нивелирования с точностью, соответствующей требованиям к нивелирным сетям II...III классов, либо из спутникового нивелирования как разности геодезических высот и высот квазигеоида.

Плановое положение пунктов опорной геодезической сети при инженерно-геодезических изысканиях для строительства следует определять методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации, построения линейно-угловых сетей, а также на основе использования спутниковой геодезической аппаратуры и их сочетанием. Плотность пунктов опорной геодезической сети следует устанавливать из расчета:

4 пункта на 1 км² на застроенных территориях;

1 пункт на 1 км² на незастроенных территориях.

СКО взаимного планового положения смежных пунктов опорной геодезической сети после ее уравнивания не должна превышать 5 см.

Инженерно-геодезические работы базируются на государственной нивелирной сети I-IV классов. Высотная привязка центров пунктов опорной геодезической сети производится нивелированием IV класса. Нивелирные знаки должны закладываться в стены капитальных зданий и сооружений, построенных не менее чем за два года до закладки знака. Грунтовые реперы следует закладывать только в случае отсутствия капитальных зданий (сооружений) вблизи места строительства. Производить нивелирование от стенных марок и реперов допускается не раньше, чем через трое суток после их закладки, а от фундаментальных и грунтовых реперов - не раньше чем через 10 дней после засыпки котлована.

Съемочная геодезическая сеть строится в развитии опорной геодезической сети или в качестве самостоятельной геодезической основы на территориях площадью до 1 км². Планово-высотное положение пунктов (точек) съемоч-

ной геодезической сети следует определять проложением теодолитных ходов или развитием триангуляции, трилатерации, линейно-угловых сетей, на основе использования спутниковой геодезической аппаратуры (приемников ГНСС и др.), прямых, обратных и комбинированных засечек и их сочетанием, ходов технического или тригонометрического нивелирования. СКО положения пунктов плановой съемочной геодезической сети, относительно пунктов опорной геодезической сети не должны превышать 0,1 мм в масштабе плана на открытой местности и на застроенной территории, на местности с закрытой древесной и кустарниковой растительностью - 0,15 мм. СКО определения высот пунктов съемочной геодезической сети относительно ближайших реперов опорной высотной сети не должны превышать на равнинной местности 1/10 высоты сечения рельефа, в горных и предгорных районах 1/6 высоты сечения рельефа, принятой для инженерно-топографических планов.

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов с узловыми точками. Длина хода не должна быть более 500 м при съемке в масштабе 1:500, 300 м при съемке в масштабе 1:2000 и 150 м при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500. При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. СКО измерения горизонтальных углов не должна превышать 15''.

Съемочные сети можно развивать методом триангуляции (трилатерации), а также прямыми и обратными геодезическими засечками. Между исходными сторонами (базисами) допускается построение цепочки треугольников триангуляции в количестве не более:

20 - для съемки в масштабе 1:5000;	17 - для съемки в масштабе 1:2000;
15 - для съемки в масштабе 1:1000;	10 - для съемки в масштабе 1:500.

Прямые засечки следует выполнять не менее, чем с трех пунктов опорной геодезической сети так, чтобы углы между смежными направлениями на определяемой точке были не менее 30° и не более 150°. Обратные засечки должны выполняться не менее, чем по 4 пунктам опорной геодезической сети. Комби-

нированные засечки должны строиться сочетанием прямых и обратных засечек с использованием не менее трех исходных пунктов. При создании съемочной геодезической сети могут быть использованы метод определения двух точек по двум исходным пунктам (задача Ганзена) и линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

При построении высотной съемочной сети, в случае отсутствия на участке реперов государственной нивелирной сети, ходы технического нивелирования должны закрепляться нивелирными знаками из расчета не менее 2 на участок работ и не реже, чем через 3 км один от другого. Расхождения между значениями превышений, полученными на станции по двум сторонам реек, не должны быть более 5 мм. Расстояние от инструмента до мест установки реек не должны превышать 150 м.

Тригонометрическое нивелирование следует применять для определения высот точек съемочной геодезической сети при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 2 и 5 м, а на всхолмленной и пересеченной местности - через 1 м. В качестве исходных для тригонометрического нивелирования должны использоваться пункты, высоты которых определены методом геометрического нивелирования. Длина ходов тригонометрического нивелирования не должна превышать при топографических съемках с высотой сечения рельефа через 1, 2 и 5 м соответственно 2, 6 и 12 км. Тригонометрическое нивелирование точек съемочной сети должно производиться в прямом или обратном направлениях с измерением вертикальных углов одним приемом при двух положениях вертикального круга. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1'. Высоты инструмента и визирных целей следует измерять с точностью до 1 см. Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии не должно быть более $0,04 \cdot D$ (м).

Топографическая съемка местности при инженерно-геодезических изысканиях выполняется методами: тахеометрическим, наземным фототопографическим, аэрофото-топографическим, с использованием спутниковой геодезиче-

ской аппаратуры. Допускается выполнение съемки при высоте снежного покрова не более 20 см. В соответствии СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» устанавливаются следующие масштабы съемок и высоты сечения рельефа в метрах:

1:10 000.....5; 2; 1	1:5000.....5; 2; 0,5
1:2000..... 2; 1; 0,5	1:1000.....1; 0,5.

Для разработки проектов детальной планировки съемку магистралей и площадей выполняют в масштабе 1:2000. Для сложных объектов все съемки ведут в масштабе 1:500. В отдельных случаях выполняют съемку в масштабе 1:200 с высотой сечения рельефа 0,5-0,25 м. Такую съемку выполняют для составления планов отдельных участков промышленных предприятий и улиц (проездов, переходов) городов с густой сетью подземных коммуникаций.

Примеры контрольных тестов.

1. Средние погрешности определения высот пунктов съемочной геодезической сети относительно ближайших реперов опорной высотной сети не должны превышать на равнинной местности

1/5 высоты сечения рельефа,

1/10 высоты сечения рельефа,

1/20 высоты сечения рельефа.

2. При съемке в масштабе 1:5000 допускается проложение висячих теодолитных ходов на незастроенных территориях

не более 300 м, не более 500 м, не более 700 м.

3. При съемке в масштабе 1:1000 допускается проложение висячих теодолитных ходов на незастроенных территориях

не более 250 м, не более 150 м, не более 100 м.

4. При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать

до 500 м до 750 м до 1000 м.

5. Продольный профиль городских дорог, улиц и площадей составляют по оси проезжей части или по лоткам в вертикальном масштабе:

1:100 и 1:50

1:100 и 1:200

1:1000 и 1:500.

2. Этапы инженерно-геодезического проектирования

Инженерно-геодезическое проектирование – это комплекс работ, проводимый для получения данных, необходимых для размещения сооружения в плане и по высоте. Оно включает:

- размещение объекта строительства по площади и по высоте;
- ориентирование основных осей сооружения;
- проектирование рельефа;
- вычисления объемов земляных работ;
- выполнение расчетов, связанных с составлением проекта сооружений линейного типа (включая расчет горизонтальных и вертикальных кривых и составление продольного профиля будущей трассы);
- выполнение расчетов, необходимых для перенесения проекта в натуру;
- составления разбивочных чертежей, схем и т.д.

Строительство зданий и сооружений производится только по чертежам, разработанным в проекте. Проект представляет собой комплекс технических документов, содержащих технико-экономическое обоснование, расчеты, чертежи, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для строительства. Топографической основой при проектировании являются крупномасштабные планы 1:5000 - 1:500, выполненные на стадии изысканий. Указания по составу, точности, методам, объемам, срокам и порядку геодезических работ на строительной площадке приводятся в проекте организаций строительства, проекте производства работ (ППР) и проекте производства геодезических работ (ППГР), которые являются составляющими частями общего проекта.

В задачу геодезической подготовки проекта входит увязка между собой отдельно расположенных на стройплощадке сооружений и обеспечение их разбивки на местности с заданной точностью. Геодезические расчеты при подго-

товке проектов состоят в нахождении координат и отметок точек сооружения, определяющих его положение на местности, и разбивочных элементов для выноса сооружения в плане и по высоте.

Проект вертикальной планировки обеспечивает преобразование существующего рельефа застраиваемой территории при размещении зданий, сооружений, подземных коммуникаций, высотное решение площадей, улиц, внутриквартальной территории и отвод поверхностных вод при минимальном перемещении земляных масс. Основными документами проекта вертикальной планировки являются план организации рельефа и картограмма земляных работ, которые составляются на основе топографического плана, рабочих чертежей поперечных профилей улиц и проездов.

В проекте производства геодезических работ (сокращенно ППГР) освещаются общие принципы организации геодезических работ на строительной площадке: приводятся технологическая схема и календарный план производства работ с указанием видов геодезических измерений, график использования приборов и оборудования, сметно-финансовые расчеты и технико-экономическое обоснование ППГР. В проекте содержатся сведения о выполнении основных геодезических работ: схема построения плановой и высотной опорных сетей для разбивки сооружений и способы закрепления их пунктов, расчеты требуемой точности измерений, выбор и обоснование методов измерений и уравнивания их результатов.

Один из разделов проекта посвящен геодезическому обслуживанию нулевого цикла строительства; в нем указываются способы разбивки элементов подземной части сооружения и контроля их монтажа с предвычислением точности геодезических измерений, методы исполнительной съемки смонтированных конструкций и типы монтажных знаков, закрепляющих положение вынесенных в натуру частей сооружения.

В последнем разделе проекта рассматриваются вопросы, связанные с геодезическим обеспечением при возведении наземной части сооружений, а именно: методика создания и способы уравнивания геодезической основы на

исходном и монтажном горизонтах сооружения с расчетом точности измерений, обоснование способов передачи осей и отметок на монтажные горизонты и требуемая при этом точность, указания о необходимой точности и методах детальных разбивочных работ и геодезического контроля смонтированных конструкций, по их исполнительной съемке и составлению соответствующей документации.

В случае необходимости производства наблюдений за деформациями строящихся сооружений в соответствующем разделе ППГР приводятся данные предварительного расчета точности геодезических измерений, схемы планово-высотной основы, типы деформационных марок и реперов, а также методы математической обработки результатов измерений и их графической интерпретации.

Проектирование любого сооружения состоит из этапов:

1. ТЭО - технико-экономическое обоснование;
2. ТП - технический проект;
3. РЧ - рабочие чертежи.

На всех стадиях выполняются изыскательные работы (рис. 1).



Рис. 1. Изыскательные работы на разных стадиях строительства

Исходными линиями, определяющими положение застройки на местности, являются красные линии - это границы между всеми видами улиц (проездами) и зонами жилой застройки, водных бассейнов и т.д. Здания вдоль улиц размещают по линии застройки, которая отступает от красной линии вглубь территории не менее чем на 6 м на магистральных и 3 м - на жилых. Красные линии могут состоять только из прямых линий или линий, сопряженных круговыми кривыми. Проект красных линий составляется на плане 1:500-1:2000. К элементам, определяющим техническое содержание проекта, относят:

- длину красных линий между углами кварталов (l) или границами микрорайонов (L) (рис. 2);
- ширину проездов (a);
- величину углов между красными линиями;
- радиусы закруглений и элементы кривых по красным линиям.

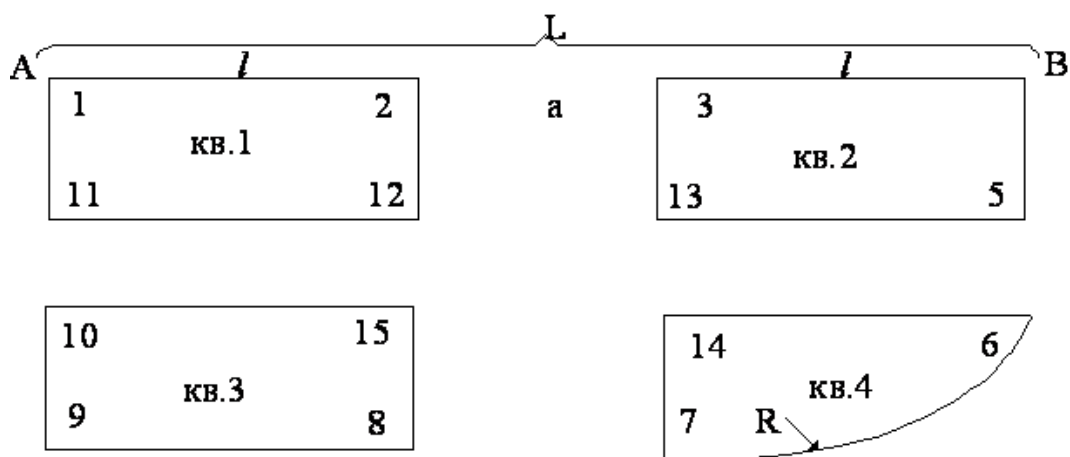


Рис. 2. Схема проекта красных линий

Геодезическая подготовка проекта заключается в определении координат углов красных линий микрорайона и кварталов и вычислении разбивочных элементов для выноса углов красных линий в натуру.

1 этап (подготовка) выполняется в следующей последовательности:

1. Координаты углов красных линий микрорайона определяют графически с плана. Если несколько кварталов примыкают к прямой магистрали или улице, то графически измеряют только координаты в начале и конце группы кварталов.

2. По координатам вычисляют длины красных линий L микрорайона и дирекционные углы их направлений (например, L_{1-4}):

$$L_{1-4} = \sqrt{[(Y_4 - Y_1)^2 + (X_4 - X_1)^2]},$$

$$\alpha_{1-4} = \arctg [(Y_4 - Y_1)/(X_4 - X_1)].$$

3. Аналитическим путем определяют координаты углов кварталов как створных точек, расположенных на красных линиях микрорайона.

3.1. Измеряют на плане длины кварталов l (l_{1-2} , l_{3-4});

3.2. Уравнивают графические размеры кварталов так, чтобы их суммарная длина с номинальной шириной проездов была равна общей длине красной линии на участке между углами поворота, полученной аналитическим путем.

3.3. Оставляя постоянной ширину проездов и зная суммарную длину участка, вычисляют невязку и распределяют ее на все длины кварталов:

$$f_s = L - (m \cdot a + n \cdot l),$$

$$f_s \leq 0.8 \cdot M \cdot n,$$

где m - количество проездов; a - ширина проездов; l - длина красной линии квартала; L - длина красной линии микрорайона; n - число линий в створе; M - знаменатель масштаба.

4. По уравненным длинам красных линий кварталов и дирекционным углам красных линий микрорайона находят координаты углов кварталов по внешнему контуру (т. 2, 3).

5. Координаты внутренних углов кварталов определяют как координаты точек пересечения двух прямых, заданных координатами.

Вычисление координат выполняется с точностью до 1 м.

2 этап: вычисление разбивочных элементов для выноса красных линий в натуру.

Исходными данными для расчетов являются:

1. Вычисленные координаты углов кварталов.
2. Координаты точек геодезической основы в районе строительства.

Геодезическая подготовка заключается в вычислении разбивочного угла β от стороны съёмочного обоснования Т1 - Т2 и разбивочной длины от точки съёмочного обоснования Т1 до выносимого в натуру угла квартала А (рис. 3)

$$\beta = \arctg [(Y_A - Y_{T1}) / (X_A - X_{T1})] - \alpha_{T1-T2},$$

$$L = \sqrt{[(Y_A - Y_{T1})^2 + (X_A - X_{T1})^2]}.$$

Контроль выноса в натуру концов красных линий: на красной линии выбирают точку, координаты которой не снимают с плана, а вычисляют. Для этого удаление выбранной точки (С) от конца красной линии задается целым числом метров. По заданной величине удаления и дирекционному углу вычисляют координаты X и Y . Вычисляют разбивочные элементы для выноса этой точки в натуру. Если после выноса в натуру точки С она оказалась в створе, то конечные точки вынесены верно.

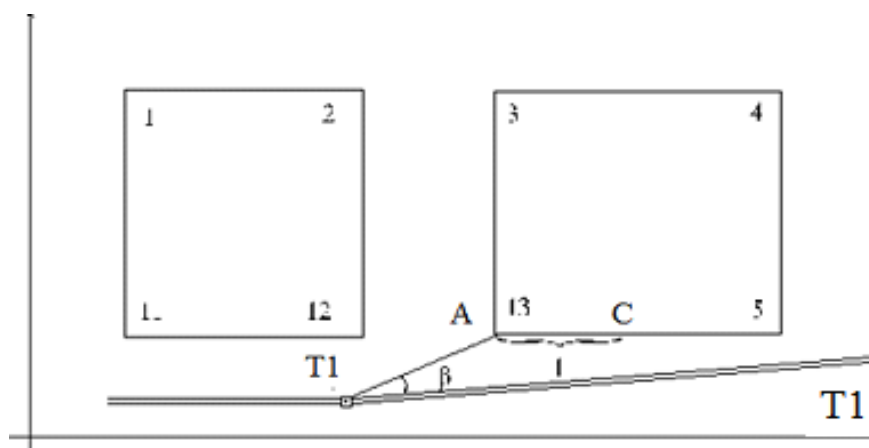


Рис. 3. Проект выноса красных линий в натуру

Для выноса зданий от красных линий необходимо сделать ряд геодезических вычислений. Для этого необходимы следующие исходные данные:

- генплан с проектируемыми зданиями;
- характеристика зданий;
- координаты концов красных линий, дирекционные углы и длины;
- угол разворота зданий относительно красных линий;
- норма санитарного разрыва между зданиями.

Порядок вычислений:

1. Вычисляют координаты углов зданий, расположенных в створе красных линий:

1.1. Измеряют на плане расстояния между углами зданий и концами красной линии (11, 12);

1.2. Длину между углами зданий вдоль красной линии вычисляют

$$l = (b_1 + b_{с.р.}) / \sin \varphi,$$

где b_1 - ширина здания;

$b_{с.р.}$ - норма санитарного разрыва между зданиями;

φ - угол разворота зданий относительно красной линии (рис. 4).

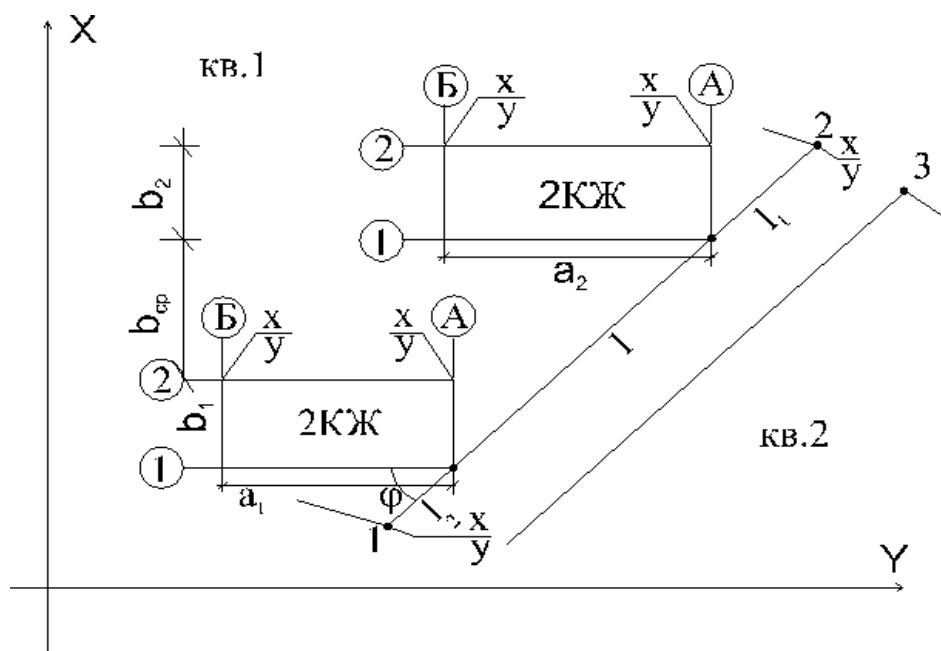


Рис. 4. Разбивочный чертеж для выноса зданий от красных линий

1.3. Уравнивают измеренные на плане длины таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$(l_1 + l_2 + l_3) = \sqrt{[(Y_{T2} - Y_{T1})^2 + (X_{T2} - X_{T1})^2]} \leq f_{доп},$$

при этом невязку распределяют в измеренные на плане длины в виде поправки с обратным знаком пропорционально длинам.

1.4. По уравненным длинам и дирекционному углу красной линии вычисляют приращения, а затем и координаты углов зданий.

2. Вычисляют координаты остальных углов зданий, используя вычисленные координаты углов, длину, ширину зданий и углы между сторонами зданий, равные 90° .

На разбивочном чертеже указывают (рис. 4):

- положение и координаты концов красной линии;
- разбивочные элементы для выноса зданий в натуру (размеры зданий, угол разворота относительно красных линий);
- величину санитарного разрыва, координаты углов зданий.

При геодезической подготовке проектов вычисляют координаты важнейших точек сооружений и их привязки к пунктам геодезической основы или главным осям сооружений.

1) определение дирекционного угла и длины линии, заданной координатами (рис. 5).

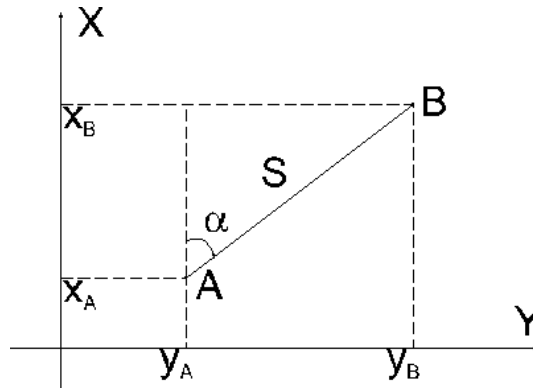


Рис. 5. Прямая и обратная геодезические задачи

$$\alpha_{A-B} = \arctg [(Y_B - Y_A)/(X_B - X_A)],$$

$$S = (X_B - X_A)/\cos \alpha_{B-A},$$

$$S = (Y_B - Y_A)/\sin \alpha_{B-A},$$

$$S = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2},$$

где X_A, Y_A, X_B, Y_B - координаты начального и конечного пунктов линии.

2) определение координат промежуточных пунктов створа (рис. 6)

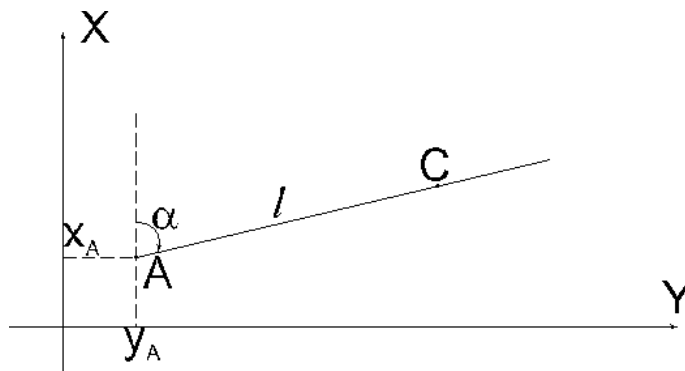


Рис. 6. Определение координат промежуточных пунктов створа.

$$X_C = X_A + l \cdot \cos \alpha,$$

$$Y_C = Y_A + l \cdot \sin \alpha,$$

где l - расстояние до промежуточной точки от начала створа (т. А), α - дирекционный угол створа.

3) определение координат точки пересечения двух прямых, заданных координатами (рис. 7)

$$X_K = X_C - R(X_D - X_C),$$

$$Y_K = Y_C - R(Y_D - Y_C),$$

$$r = [(Y_C - Y_A)(X_B - X_A) - (Y_B - Y_A)(X_C - X_A)] / [(Y_D - Y_C)(X_B - X_A) - (Y_B - Y_A)(X_D - X_C)].$$

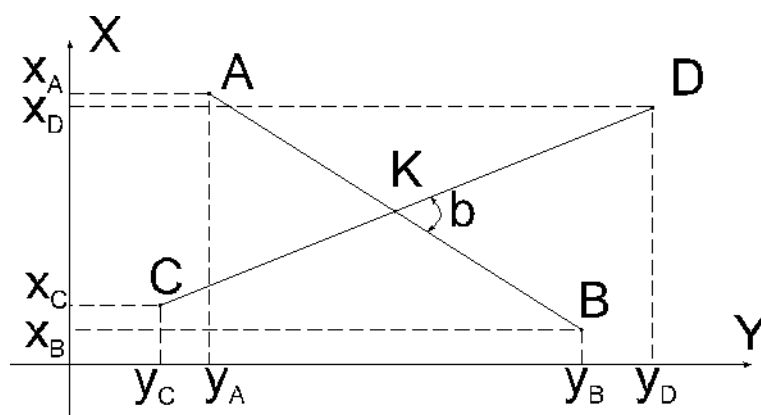


Рис. 7. Определение координат точки пересечения двух прямых, заданных координатами

4) Определение угла β между двумя заданными прямыми (рис. 8)

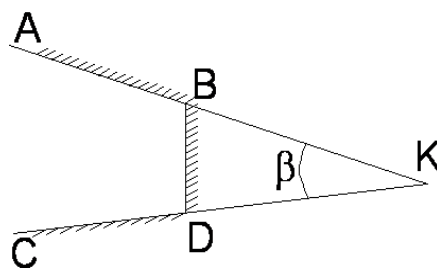


Рис. 8. Определение угла β между двумя заданными прямыми

$$\beta = \arctg [(Y_B - Y_A) / (X_B - X_A)] - \arctg [(Y_D - Y_C) / (X_D - X_C)].$$

При отсутствии в натуре зданий между сторонами теодолитного хода и красной линией застройки, для разбивки может быть применен способ перпендикуляров.

В основу способа положена разбивка проектной точки Р от линии геодезической основы АВ, чаще - от линии строительной сетки, полигонометрии,

теодолитного хода, красной линии (рис. 9), взятой за начало условной системы координат, и линии АВ – в условной системе координат в качестве условной оси абсцисс.

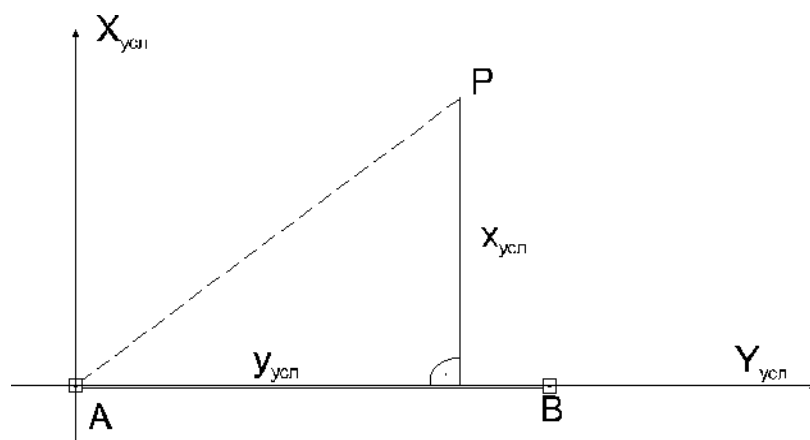


Рис. 9. Схема разбивки точки способом перпендикуляров

Прямоугольные координаты определяют по формулам:

$$X_{усл} = (X_p - X_a) \cdot \cos \alpha_0 + (Y_p - Y_a) \cdot \sin \alpha_0,$$

$$Y_{усл} = (Y_p - Y_a) \cdot \cos \alpha_0 + (X_p - X_a) \cdot \sin \alpha_0,$$

где X_a , X_p , Y_a , Y_p - абсолютные координаты исходной и проектной точек, α_0 - дирекционный угол опорной линии АВ.

Знаки ординат указывают направление откладывания их от створных точек линии АВ: при положительной - вправо, при отрицательной - влево. Если абсцисса X отрицательная, то ее откладывают от точки А в противоположном направлении линии АВ.

Для вынесения проекта планировки в натуру составляют разбивочный чертеж, на котором изображают схему разбивки и подписывают все разбивочные элементы и элементы для контроля:

- длины линий и их дирекционные углы;
- разбивочные углы на опорных пунктах;
- контрольные углы на определяемых пунктах;
- линейные размеры зданий;
- расстояния между сооружениями;

- координаты углов зданий.

В проектно-изыскательских работах используются топопланы различных масштабов: мелкомасштабные для технико-экономического обоснования проектов транспортных и гидротехнических сооружений; средний масштаб: для предварительных изысканий и проектирования этих сооружений; крупномасштабные планы являются топографической основой для разработки проектов городов, промышленных предприятий, гидроузлов, туннелей и других сооружений.

Для изысканий очень важны такие характеристики как *точность, детальность и полнота* топоплана. Точность характеризуется суммарной ошибкой в положении предметов и контуров местности относительно пунктов геодезического обоснования. Детальность – это степень подобия изображенных на плане контуров местности, т.е. степень обобщения (генерализации) изображения. Чем крупнее масштаб плана, тем выше его детальность и меньше обобщений. Полнота выражается минимальным размером предметов или расстояний между сооружениями, которые должны быть изображены на плане. В застроенной части территории требования полноты плана являются основными при выборе масштаба съемки.

В практике проектно-изыскательских работ планы составляют в следующих масштабах:

1. План 1:10000 с сечением рельефа через 1-2 метра в равнинной местности и через 5 м в горной местности для выбора направлений магистральных трасс и местоположения стройплощадок, составления ситуационных планов районов строительства, определения площадей и объемов водохранилищ, предварительного проектирования.
2. План 1:5000 с высотой сечения рельефа через 1 м на равнине и через 2 м в горной местности для составления опорных генпланов городов и промышленных комбинатов, разработки проектов инженерной подготовки территории и первоочередной застройки, проектирования линейных сооружений.

3. План 1:2000 с высотой сечения рельефа через 1-0,5 м для разработки технических проектов промышленных, гидротехнических, транспортных сооружений, проектов инженерных сетей, составления генпланов поселков, проектов детальной планировки и застройки городов, планов красных линий.
4. План 1:1000 с высотой сечения рельефа через 0,5 м для составления рабочих чертежей на незастроенных или малозастроенных строительных площадках, разработки детальных проектов подземных коммуникаций.
5. План 1:500 с высотой сечения рельефа через 0,5 м (на спланированной территории с малыми уклонами через 0,25 м) для составления рабочих чертежей городских и промышленных территорий с капитальной застройкой и густой сетью коммуникаций.

Примеры выполнения заданий

Задание 1. Для запроектированного на плане дома 3КЖ (рис. 10) необходимо вычислить разбивочные элементы: углы β_1 и β_2 , длины сторон D_1 и D_2 для двух точек дома (точки А и Б). В качестве опорных пунктов использовать точки 6 и 1 теодолитного хода. Координаты точек А и В снимают с плана.

Решение. Координаты точек опорной сети 1 и 6 известны:

$$X_1 = 804,08 \text{ м} \quad X_6 = 895,12 \text{ м}$$

$$Y_1 = 182,08 \text{ м} \quad Y_6 = 68,24 \text{ м}$$

Дирекционный угол линии 6-1: $128^{\circ}38'$.

Разбивочными элементами будут длины линий, соединяющие точки здания с пунктами теодолитного хода, и углы между линиями и сторонами хода:

$$D_{6-A}, \quad \beta_1 = \angle A61,$$

$$D_{1-B}, \quad \beta_2 = \angle 61B.$$

Решают обратную геодезическую задачу для линий 6-А и 1-В.

Вычисляют приращения координат:

$$\Delta X_{6-A} = X_A - X_6, \quad \Delta X_{1-B} = X_B - X_1,$$

$$\Delta Y_{6-A} = Y_A - Y_6, \quad Y_{1-B} = Y_B - Y_1.$$

Вычисляют длины линий:

$$D_{6-A} = \sqrt{(\Delta X_{6-A})^2 + (\Delta Y_{6-A})^2}, \quad D_{1-B} = \sqrt{(\Delta X_{1-B})^2 + (\Delta Y_{1-B})^2}.$$

Вычисляют румбы линий:

$$\text{tg } r_{6-A} = \Delta Y_{6-A} / \Delta X_{6-A}, \quad \text{tg } r_{1-B} = \Delta Y_{1-B} / \Delta X_{1-B}.$$

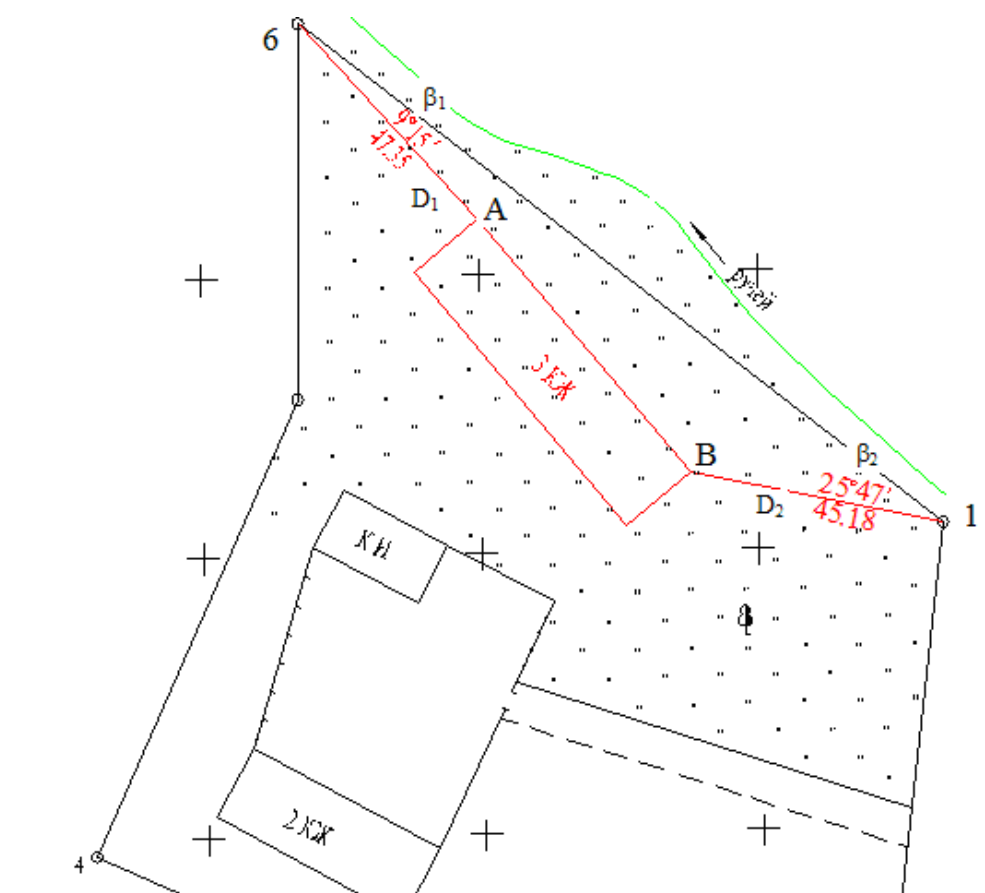


Рис. 10. Разбивочный чертеж

Направление румбов определяют по знакам приращений координат. Вычислив дирекционные углы линий 6-А и 1-В и используя дирекционный угол линии 6-1, по формуле:

$$\beta = \arctg [(Y_B - Y_A) / (X_B - X_A)] - \arctg [(Y_D - Y_C) / (X_D - X_C)]$$

определяют искомые углы β_1 и β_2 .

$$D_{6-A} = 47,35 \text{ м} \quad \beta_1 = \angle A6I = 9^0 1'$$

$$D_{I-B} = 45,18 \text{ м} \quad \beta_2 = \angle 6IB = 25^0 47'$$

На разбивочном чертеже подписывают численные значения длин линий и углов. Все проектируемые элементы (линии, подписи) показывают на чертеже красным цветом.

Задание 2. Вычислить величину горизонтального угла между линиями, дирекционные углы которых имеют значения $\alpha_2 = 194^0 35'$ и $\alpha_1 = 151^0 21'$.

Решение. По формуле:

$$\beta = \arctg [(Y_B - Y_A)/(X_B - X_A)] - \arctg [(Y_D - Y_C)/(X_D - X_C)]$$

$$\beta = \alpha_2 - \alpha_1 = 194^0 35' - 151^0 21' = 43^0 14'$$

Задания для самостоятельного решения.

Задание 4. Для запроектированного сооружения вычислите разбивочные элементы для двух углов дома (точки А и В) с координатами

$$X_A = 1274,88 \text{ м} \quad X_B = 1195,12 \text{ м}$$

$$Y_A = 1082,75 \text{ м} \quad Y_B = 1160,34 \text{ м}$$

Относительно точек 1 и 2 опорной сети

$$X_I = 894,56 \text{ м} \quad X_2 = 1795,12 \text{ м}$$

$$Y_I = 1002,00 \text{ м} \quad Y_6 = 968,44 \text{ м}$$

При выполнении задания необходимо сделать разбивочный чертеж.

Задание 5. Для целей проектирования необходимо оценить точность определения по плану расстояния и направления между двумя точками А и В, координаты которых сняты с плана заданного масштаба с точностью 6 см. Для решения используйте следующие формулы:

а) точность определения по плану расстояния

$$m_S^2 = 0,5(m_A^2 + m_B^2),$$

б) точность определения по плану направления между точками А и В

$$m_\alpha^2 = m_S \rho'/S.$$

3. Геодезические строительные сетки и чертежи

Геодезические строительные сетки - основной вид сетей, положение пунктов которых задается при проектировании генерального плана, а затем с требуемой точностью выносятся на местность.

Строительной геодезической сеткой называют разбивочную сеть, построенную из квадратов или прямоугольников, вершины которых закреплены постоянными знаками, а стороны параллельны осям строительной системы координат (основным осям сооружений). Точность построения строительной сетки должна обеспечивать разбивку основных осей сооружений и исполнительную съемку построенных объектов. Поскольку взаимное расположение пунктов строительной сетки и будущих объектов известно заранее, еще до построения сетки на местности можно выполнить всю аналитическую подготовку для выноса проекта в натуру, что в свою очередь позволяет начинать разбивочные работы сразу же после построения сетки.

Проектировщики и строители предпочитают сетку квадратов, как наиболее простую для составления разбивочных чертежей. С точки зрения длительной сохранности сетки иногда выгодна сетка прямоугольников, внутри которых вписываются основные сооружения. Наиболее распространены сетки квадратов со стороной 200 м; для предприятий с большим числом коммуникаций иногда строят сетки со стороной 100 м. В табл. 1 приведены средние квадратические ошибки измерений, допускаемые для построения геодезической разбивочной основы.

Строительную сетку вновь создаваемого предприятия проектируют на его генеральном плане. Предварительно выбрав длину стороны, сетку вычерчивают в масштабе генплана. Если же строительная сетка создается для расширения или реконструкции существующего предприятия, ее проект должен быть увязан с уже существующей строительной сеткой или заменяющим ее планово-высотным обоснованием (рис. 11).

Таблица 1.

Средние квадратические ошибки измерений (СКО), допускаемые СНиП
для построения геодезической разбивочной основы

Характеристика объектов	Углы	Стороны	Превышение, мм
Предприятия и группы зданий и сооружений на участках более 100 га. Отдельно стоящие здания с площадью застройки более 100 тыс. м ²	5"	1/50000	2
Предприятия и группы зданий и сооружений на участках до 100 га. Отдельно стоящие здания с площадью застройки от 10 до 100 тыс. м ²	10"	1/5000	2
Здания и сооружения площадью застройки до 10 тыс. м ²	20"	1/5000	3

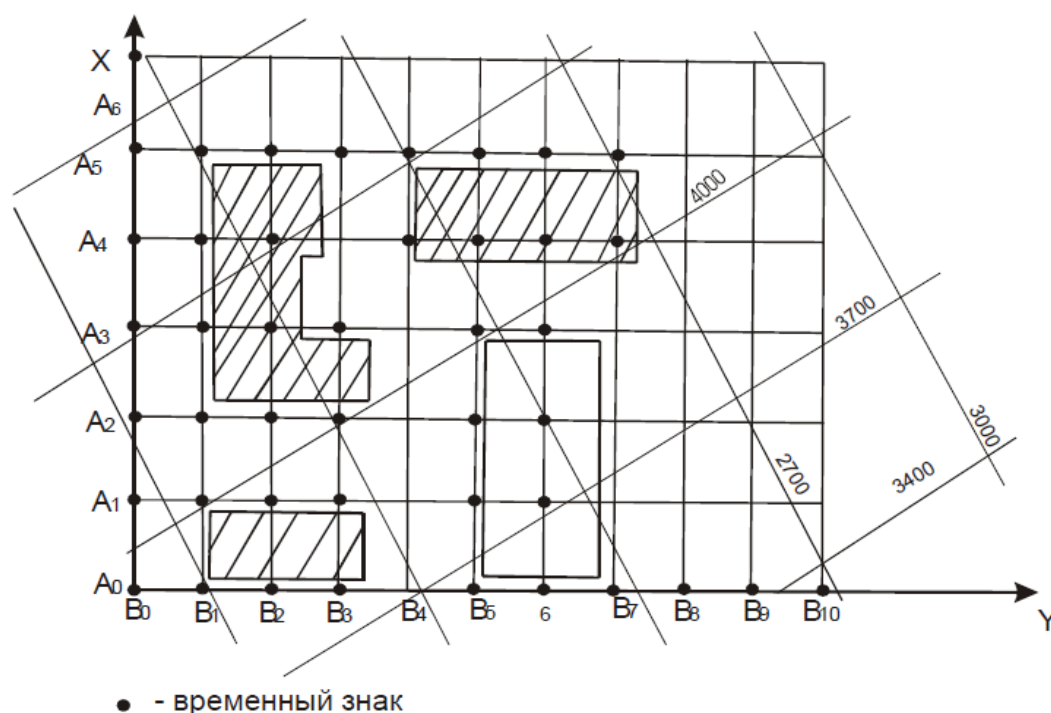


Рис. 11. Строительная сетка

Пунктам строительной сетки присваивают порядковые номера. Довольно удобна и распространена система, при которой обозначение каждого пункта

складывается из букв А и В с индексами, причем индекс при букве А показывает число сотен метров по оси абсцисс, а при букве В - по оси ординат (рис. 11). Так, пункт А6-В8 имеет координаты $x = 600$ м и $y = 800$ м. При создании строительной сетки расширяющегося предприятия обозначения пунктов и их координаты увязывают с существующей системой.

Одновременно с составлением проекта подготавливают данные для его переноса в натуру от пунктов планового обоснования. Наметив два пункта сетки А0-В0 и А5-В0 (рис. 12), определяют их координаты графически с плана и, решив обратные геодезические задачи, находят расстояния S_1 и S_2 и дирекционные углы, по которым вычисляют полярные углы β_1 и β_2 . Это обеспечивает вынос пунктов и направлений А0-В0 и А5-В0 в натуру. После их выноса и закрепления на местности, измеряют угол, составленный этими двумя направлениями, по отклонению которого от 90° судят о точности работ.

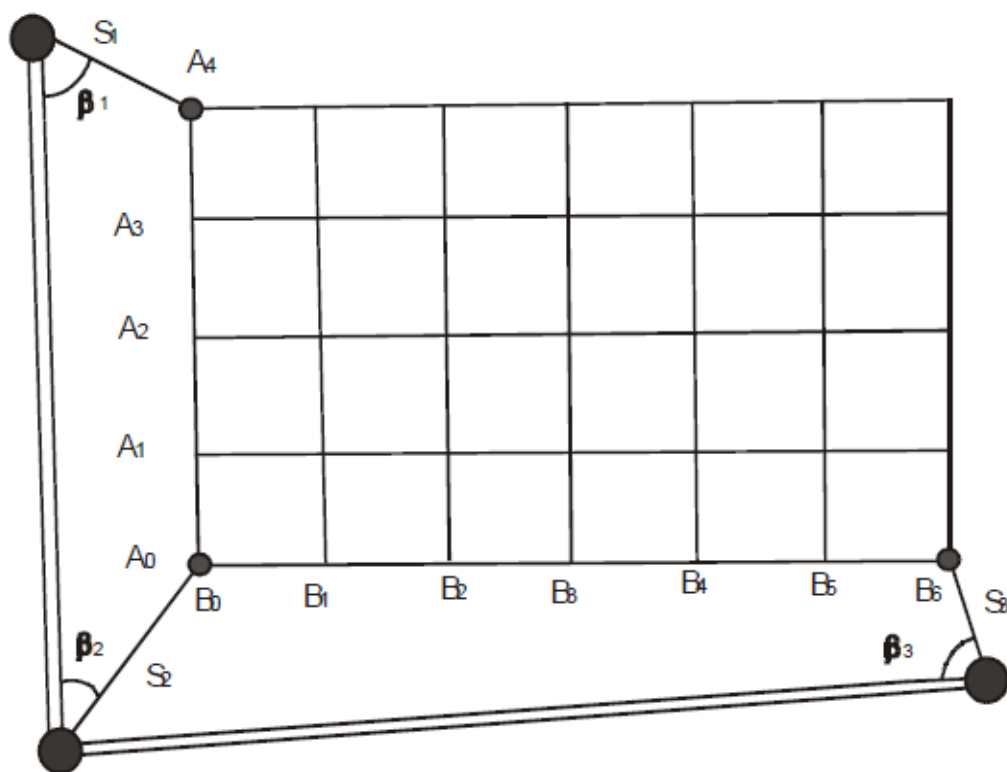


Рис. 12. Вынос строительной сетки в натуру

При разбивке строительной сетки осевым способом стремятся вынести взаимно перпендикулярных начальных направления АВ и АС, пересекающихся примерно в середине площадки (рис. 13).

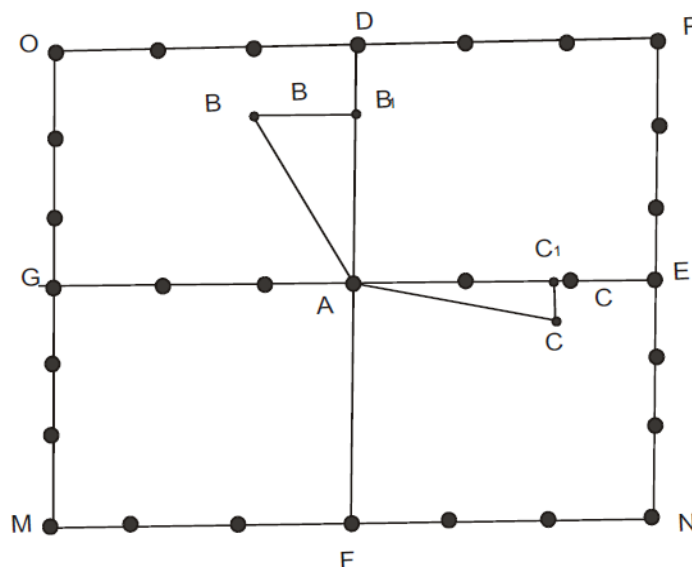


Рис. 13. Разбивка строительной сетки осевым способом

Поскольку точки А, В и С выносят на основании графических данных, угол ВАС может значительно отличаться от прямого

$$\Delta\beta = 90^\circ - \beta,$$

где β - измеренное значение угла.

После этого вычисляют поправки в положение точек В и С:

$$\Delta b = S_{AB}(\Delta\beta/\Delta\rho),$$

$$\Delta c = S_{AB}(\Delta\beta/\Delta\rho),$$

причем расстояния S_{AB} и S_{AC} достаточно знать с точностью до метра.

Сместив точки В и С на вычисленные поправки, получают две взаимно перпендикулярные оси АВ и АС. Вдоль этих осей откладывают в створе отрезки, равные принятым длинам сторон сетки. Закончив разбивку по осям в точках D, E, F и G, строят на них прямые углы и продолжают разбивку по периметру сетки. Вследствие накопления ошибок на стыках линий периметра в точках М, N, O и P будут образовываться невязки. Их величины характеризуют точность работ. Затем по створам между соответствующими точками периметра и осей

разбивают и закрепляют все внутренние точки в полигонах ADPE, AENF, AFMG и AGOD. Применение осевого способа имеет смысл на небольших площадках или там, где точность разбивочных работ невелика и отступлением координат пунктов от проектных значений в пределах 3-5 см можно пренебрегать.

При способе редуцирования сетку вначале выносят в натуру и закрепляют временными знаками. Затем производят точные измерения, по результатам которых определяют фактическое положение временных пунктов. Из решения обратных задач между проектными и фактическими координатами пункта определяют данные для его смещения (редуцирования) в проектное положение. Найденную точку закрепляют постоянным знаком. Пусть пункту строительной сетки A12-B6 соответствует временный пункт 27, для которого определены координаты $x = 1199,032$ м и $y = 601,114$ м (рис. 14). Дирекционный угол на смежный временный пункт 26 равен $270^\circ 43' 18''$. Из решения обратной задачи находим дирекционный угол редукции и ее линейный элемент:

$$\alpha_P = \arctg (-1,114/0,968) = 310^\circ 59' 19''$$

$$S = 1,1142 + 0,9682 = 1,476 \text{ м,}$$

а затем угловой элемент редукции:

$$\beta = 310^\circ 59' 19'' - 270^\circ 43' 18'' = 40^\circ 16' 01''.$$

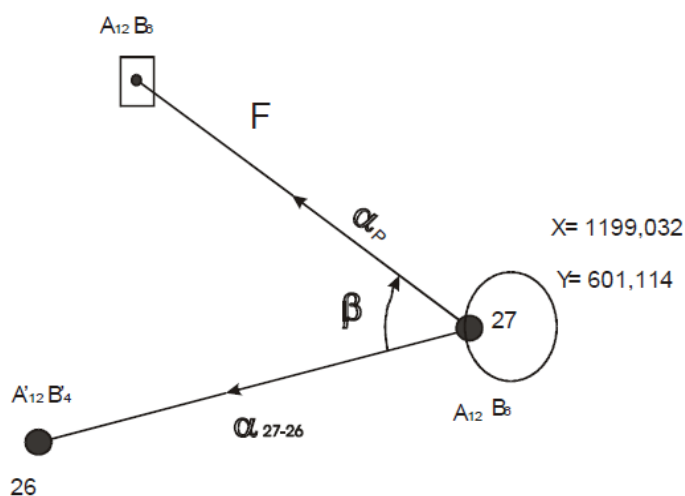


Рис. 14. Техника редуцирования

Установив прибор в точке 27, ориентируют его по линии 27-26 и откладывают от нее угол β . По полученному направлению от точки 27 откладывают линейный элемент редукции S и закрепляют найденную точку колышком. Для контроля, установив на горизонтальном круге отсчет, равный дирекционному углу линии 27-26, открепляют лимб и визируют на точку 26. Закрепив лимб и открепив алидаду, устанавливают на горизонтальном круге отсчет, равный дирекционному углу редукции α_r . Перекрестие сетки нитей должно проектироваться на торец закрепленного колышка. Для контроля S по рулетке отсчитывают несколько раз, смещая ее между отсчетами.

Окончательное положение отредуцированной точки закрепляют на торце колышка гвоздиком. При отложении линейного элемента редукции, в случае необходимости, вводят поправку за наклон со знаком плюс

$$\Delta h = h^2 / (2S),$$

где h - превышение между временным и постоянным знаком.

Способ редукционирования является основным при построении больших строительных сеток. Но он имеет существенный недостаток - до установки постоянных знаков возникает опасность повреждения временных, а постоянные знаки можно устанавливать только после того, как выполнены точные измерения, уравнены их результаты и вычислены элементы редукции. Поэтому необходимо свести к минимуму разрыв во времени между установкой временных и постоянных знаков.

Основой каркаса больших строительных сеток обычно служит триангуляция, с крайними пунктами которой совмещают углы сетки (а с внутренними - ее пункты). При трехразрядном построении сетки следующий этап сгущения каркаса - полигонометрия 1-го порядка, прокладываемая между пунктами триангуляции по периметру сетки или образующая систему полигонов. При двухразрядном построении триангуляцию не строят, создавая каркас в виде замкнутого полигона или системы полигонов полигонометрии 1-го порядка. Каркас

заполняют сетями 2-го порядка, охватывающими все пункты сетки внутри него.

Таким образом, выделяют три ступени геодезических построений:

- 1) по каркасу сетки строится полигонометрия или триангуляция 4 класса, длина сторон принимается равной 1-2 км;
- 2) по периметру между пунктами 4 класса прокладывают полигонометрические ходы 1 разряда;
- 3) заполняющая сеть, в которой для определения координат вершин строительной сетки применяют четырехугольники без диагоналей, микротриангуляцию, микротрилатерацию, линейные и створные засечки.

Предъявляются следующие требования к точности построения строительной сетки:

- 1) чтобы обеспечить разбивку основных осей, ошибки во взаимном положении соседних пунктов в заполняющей сети не должны превышать 1/10000;
- 2) предельные ошибки положения пунктов строительной сетки относительно исходных не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана.

Для увязки строительной сетки с соседними объектами перевычисляют ее координаты в государственную или местную систему координат

$$X = a + x \cdot v \cdot \cos \theta - y \cdot v \cdot \sin \theta,$$

$$Y = b + x \cdot v \cdot \sin \theta + y \cdot v \cdot \cos \theta,$$

где X, Y - координаты пункта в государственной или местной системе;

x, y - координаты того же пункта в системе строительной сетки;

a, b - координаты условного начала в государственной (местной) системе;

v - коэффициент изменения масштаба сети в связи с редуцированием на плоскость в проекции Гаусса и приведением к поверхности эллипсоида Красовского;

θ - разность дирекционных углов, соответствующих направлений в государственной и строительной системах координат.

Для перевычисления достаточно знать координаты двух пунктов в той и другой системе. Однако для контроля желательно иметь три пункта.

Для упрощения вычислений целесообразно при возможности совмещать начало координат строительной сетки с пунктом, координаты которого известны в государственной (местной) системе, и измерять с него перемычный угол на смежный пункт государственной геодезической сети. Пункты, используемые для перевычисления координат, удобно располагать на одной линии сетки, так как в этом случае в формулах множители $(v \times \cos \theta)$ и $(v \times \sin \theta)$ обращаются в нуль в числителе и знаменателе.

Строительная сетка промышленных площадок служит также высотной основой выноса в натуру проекта сооружения и производства исполнительных съемок. При установке точек по высоте в процессе монтажных работ горизонт инструмента должен (для контроля) определяться не менее чем от двух реперов, причем расхождение не должно превышать 3- 4 мм, поэтому точности взаимного определения высот соседних реперов в среднем не должна превышать ± 2 мм. При такой точности высоты пунктов строительной сетки должны быть определены из нивелирования III класса.

Как правило, нивелировку прокладывают по контуру строительной сетки, а затем делят на полигоны ходами, параллельными одной из осей строительной системы координат (выбирают более короткие стороны). Для обеспечения увязки высотной сети с соседними объектами осуществляют привязку строительной сетки не менее чем к двум реперам государственной нивелирной сети. Однако чтобы не вносить в жесткую разбивочную сеть ошибок исходных данных, ее отметки вычисляют только от одного репера, а второй служит для контроля. Поскольку при нивелировании III класса нормальная длина визирного луча составляет 75 м, при построении сеток с длинами сторон квадратов 100 м можно повысить производительность труда, располагая станции на пересечении диагоналей квадратов.

При проведении изысканий на всех этапах строительства основными сопроводительными документами являются строительные чертежи объекта. Все требования к оформлению чертежей, а также условные обозначения, содержа-

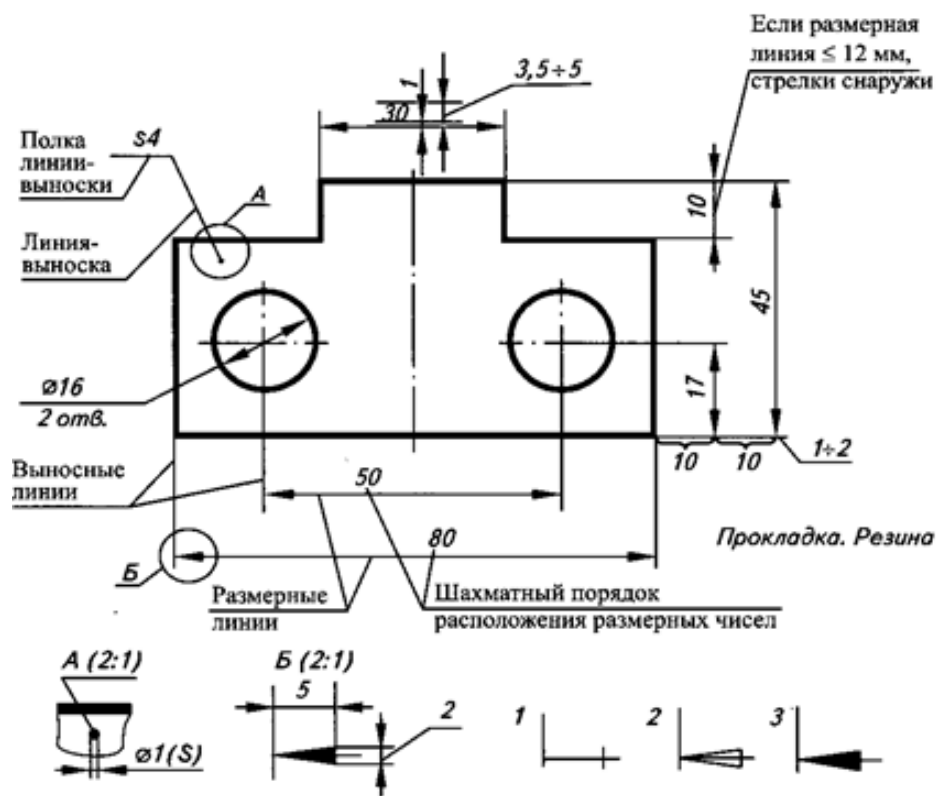
щиеся на чертежах, указаны в ГОСТах «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД).

Строительными называют чертежи с относящимися к ним текстовыми документами, которые содержат проекционные изображения здания или его частей и другие данные, необходимые для его возведения, а также для изготовления строительных изделий и конструкций. По назначению строительные чертежи подразделяются на две основные группы:

- чертежи строительных изделий, по которым на заводах строительной индустрии, домостроительных комбинатах изготавливают отдельные части зданий и сооружений,
- строительно-монтажные чертежи, по которым на строительной площадке монтируют и возводят здания и сооружения.

Для нанесения на чертеже размеров конструкций проводят выносные и размерные линии, указывают размерные числа (рис. 15). Размерные линии с обоих концов ограничивают стрелками. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм. Размер стрелок зависит от толщины линий видимого контура и должен быть одинаковым для всех размеров данного чертежа. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии - перпендикулярно размерным.

На строительных чертежах вместо стрелок допускается применять засечки в виде короткой (2 - 4 мм) сплошной основной линии, проводимой с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии. Засечки наносят на пересечении размерных и выносных линий, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1...3 мм. Размерные числа проставляют над размерной линией параллельно ей и по возможности ближе к ее середине. Высоту цифр берут в зависимости от масштаба чертежа и его назначения, но она должна быть не менее 2,5 мм, а на чертежах, выполненных в карандаше, не менее 3,5 мм (рис. 15).



Основные понятия (на примере детали «Прокладка»)

РАЗМЕРЫ ЭЛЕМЕНТОВ	– размеры величины вырезов, выступов (30, 10), отверстий (ø16), пазов и т.д.
КООРДИНИРУЮЩИЕ РАЗМЕРЫ	– размеры, показывающие расположение элементов относительно контура детали (17) и друг друга (50).
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ	– наибольшие размеры детали по длине (80), высоте (45), толщине (4).

Рис. 15. Нанесение размеров на чертеж

Каждый размер должен быть указан на чертеже только один раз. Размеры на чертежах проставляют по умолчанию в миллиметрах без обозначения единицы измерения. Если размеры даются в других единицах измерения (см, м), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением измерения (см, м) или указывают в технических требованиях. Линии контура, осевые и центровые линии нельзя использовать в качестве размерных линий. Меньшие размеры должны располагаться ближе к контуру изображения, а большие - дальше от него. В этом случае выносные линии не будут пересекать размерные линии. Размерные числа не допускается пересекать линиями. Если размерное число

ставится на площади, подлежащей штриховке, то штриховку у размерного числа прерывают.

На строительных чертежах наносят размеры трех видов: конструктивные, номинальные и натурные (рис. 16).

Конструктивными l называют проектные размеры элементов конструкций и строительных изделий.

Номинальными называют размеры конструктивных элементов и строительных изделий, включающие в себя нормированные зазоры и толщину швов между конструктивными элементами.

Натурными называют фактические размеры конструктивных элементов и строительных изделий, отличающиеся от конструктивных на величину допусков, установленных нормами.

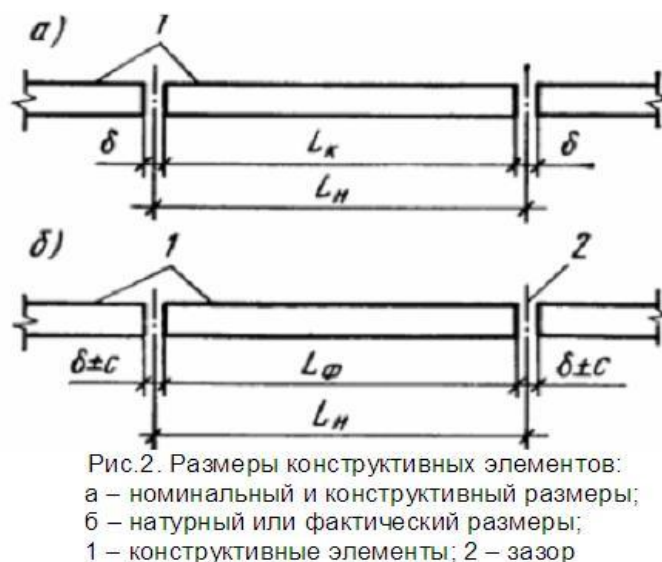


Рис. 16. Размеры видов: конструктивные, номинальные и натурные

Чертежи, которые полностью отражают планировку помещений построенного здания, его размеры и строительные конструкции, называют исполнительными.

Наименование и марки отдельных комплектов рабочих чертежей

Наружные сети водоснабжения и канализации НВК

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха ОВ

Тепловые сети ТС

Газоснабжение ГС

Наружные сети и сооружения газоснабжения НГ

Электроснабжение ЭС

Электроосвещение ЭО

Генеральный план ГП

Конструкции железобетонные КЖ

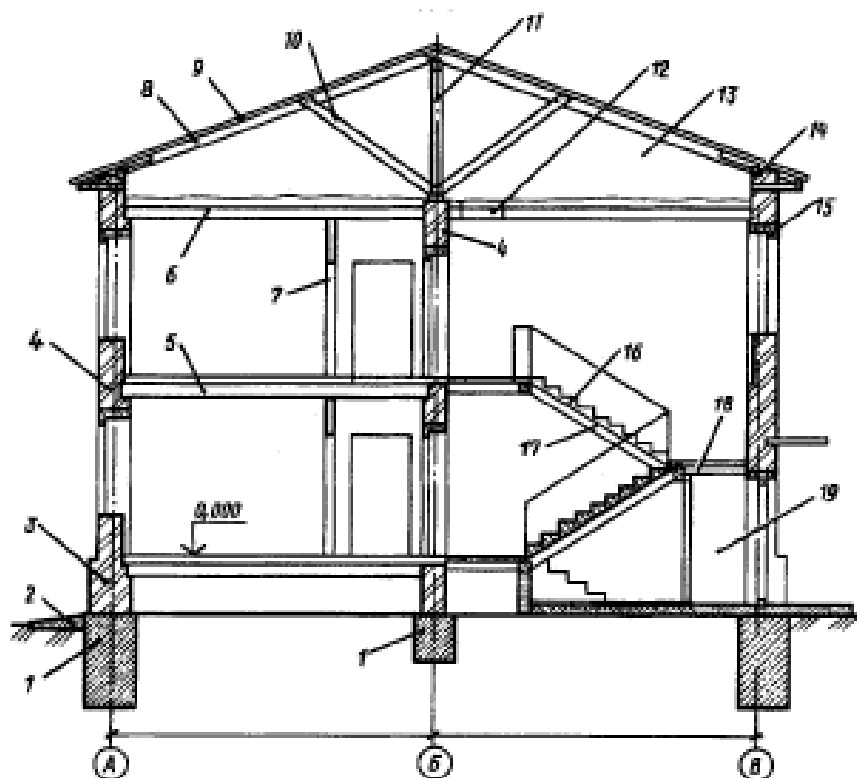
Конструкции металлические КМ

Конструкции металлические детализовочные КМД

Конструкции деревянные КД

Внутренние водопровод и канализация ВК.

Конструктивные элементы здания с несущими стенами



1 - фундамент, 2 - отмостка, 3 - цоколь, 4 - несущие стены, 5 - между-
этажное перекрытие, 6 - чердачное перекрытие, 7 - перегородка,

8 - наслонные стропила, 9 - обрешетка кровли, 10 - подкос, 11 - стойка,

12 - люк, 13 - чердак, 14 - мауэрлат, 15 - перемычка, 16 - лестничный
марш, 17 - косоур, 18 - лестничная площадка, 19 - тамбур.

Примеры контрольных тестов.

1. Основные оси строительной сетки определяют
*положение элементов зданий, сооружений,
форму и габаритные размеры зданий и сооружений,
положение пунктов ГГС.*
2. Детальные оси строительной сетки определяют
*положение элементов зданий, сооружений,
форму и габаритные размеры зданий и сооружений,
положение пунктов ГГС.*
3. На строительных чертежах наносят размеры трех видов (допишите)
конструктивные,, натурные

4. Элементы и способы разбивочных работ

Разбивка запроектированных зданий или сооружений заключается в указании на местности их характерных точек и линий, по которым в процессе строительства при помощи простых приспособлений определяют положение всех частей зданий или сооружений. Разбивка ведется с пунктов геодезической основы, созданной еще при съемке местности для проектирования или до начала строительства.

Различают плановую и высотную разбивки сооружений, в которые входят основные и детальные разбивочные работы.

Основные разбивочные работы заключаются в определении на местности положения главных осей и строительного поля инженерного сооружения. Они переносятся в натуру от пунктов плановой и высотной геодезической основы, построенной в районе возводимого сооружения.

Детальные разбивочные работы состоят в определении планового и высотного положения тех или иных частей инженерного сооружения, которые задают его геометрические контуры. Детальные разбивочные работы выполняются, как правило, от ранее перенесенных в натуру главных осей сооружения пу-

тем разбивки основных и вспомогательных осей, а также характерных точек и контурных линий, определяющих положение всех деталей сооружения.

Работы, связанные с разбивкой сооружений, представляют собой действия, обратные съемке, и характеризуются более высокой точностью их выполнения. Если при съемке контура здания допущена ошибка 10 см, то при нанесении контура на план масштаба 1:2000 она уменьшается до 0,05 мм, что невозможно выразить в таком масштабе. Если же при снятии длины отрезка с проекта, составленного в масштабе 1:2000, будет допущена ошибка 0,1 мм (предел графической точности масштаба), то на местности размер ошибки выразится в 200 мм, что часто может быть недопустимо при выполнении разбивочных работ. Следует при этом сказать, что строительные допуски на смещение осей, отклонений от проектных отметок составляют 2-5 мм. Поэтому размеры и положение точки на плане получают аналитическим путем, а для снятия координат используют планы масштаба 1:500.

В состав разбивочных работ входит:

1. Построение разбивочной основы в виде триангуляции, полигонометрии, трилатерации, строительной сетки, линейно-угловых построений. Геодезическая разбивочная основа служит для построения внешней разбивочной сети и производства исполнительной съемки.

2. Вынос в натуру главных или основных осей зданий (создание внешней разбивочной основы) и проектных отметок. Внешняя разбивочная основа является базисом для выполнения детальных разбивочных работ.

3. Детальные разбивочные работы на стадии отрывки котлована, разбивки коммуникаций, устройства фундаментов, передачи отметок и осей на дно котлована, возведении надземной части здания.

Для выполнения разбивочных работ применяют следующие способы:

- полярных и прямоугольных координат,
- угловой, линейной засечки
- створной засечки.

Способ угловой засечки применяют для разбивки недоступных точек,

находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов. В способе прямой угловой засечки положение на местности проектной точки С находят отложением на исходных пунктах А и В проектных углов β_1 и β_2 . Базисом засечки служит или специально измеренная сторона, или сторона разбивочной сети. Проектные углы β_1 и β_2 вычисляют как разность дирекционных углов сторон. На точность разбивки способом прямой угловой засечки оказывают влияние погрешности: исходных данных, центрирования, фиксации разбивочной точки.

На принципе редуцирования основано применение для разбивки способа обратной угловой засечки. На местности находят приближенно положение О' разбиваемой проектной точки О. В этой точке устанавливают прибор и с требуемой точностью измеряют углы не менее чем на три исходных пункта с известными координатами. По формулам обратной засечки вычисляют координаты приближенно определенной точки и сравнивают их с проектными значениями. Для контроля на этой точке измеряют углы, вновь вычисляют ее координаты и сравнивают их с проектными.

В способе линейной засечки положение выносимой в натуру точки С определяют в пересечении проектных расстояний S_1 и S_2 , отложенных от исходных точек А и В. Этот способ обычно применяют для разбивки осей строительных конструкций в случае, когда проектные расстояния не превышают длины мерного прибора.

Способ полярных координат широко применяют при разбивке осей зданий, сооружений и конструкций с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов, когда эти пункты расположены сравнительно недалеко от выносимых в натуру точек. В этом способе положение определяемой точки С находят на местности путем отложения от направления АВ проектного угла β и расстояния S . Погрешность разбивки полярным способом зависит от погрешности построения угла β и погрешности отложения проектного расстояния S .

Способы створной и створно-линейной засечек широко применяют для

выноса в натуру разбивочных осей зданий и сооружений, а также монтажных осей конструкций и технологического оборудования. Положение проектной точки C в способе створной засечки определяют на пересечении двух створов, задаваемых между исходными точками. Средняя квадратическая погрешность створной засечки зависит от погрешностей построения первого и второго створов, а также погрешности фиксации опорных точек. Створно-линейный способ позволяет определить проектное положение выносимой в натуру точки C путем отложения проектного расстояния по створу AB .

Способ прямоугольных координат применяют в основном при наличии на площадке строительной сетки, в системе координат которой задано положение всех главных точек и осей проекта. Разбивку проектной точки C производят по вычисленным значениям приращений ее координат ΔX и ΔY от ближайшего пункта сетки. Для контроля положение точки C можно определить от другого пункта строительной сетки. Схема способа прямоугольных координат, по существу, сочетает в себе схему створно-линейного и полярного способов.

Элементами разбивочных работ являются вынос в натуру проектного угла, проектного расстояния, проектного уклона и проектной отметки.

Построение проектного угла.

На местности закреплена вершина угла A (рис. 18) и задана одна его сторона AB . Задача заключается в определении направления и закреплении на местности стороны AC , расположенной под углом β к стороне AB .

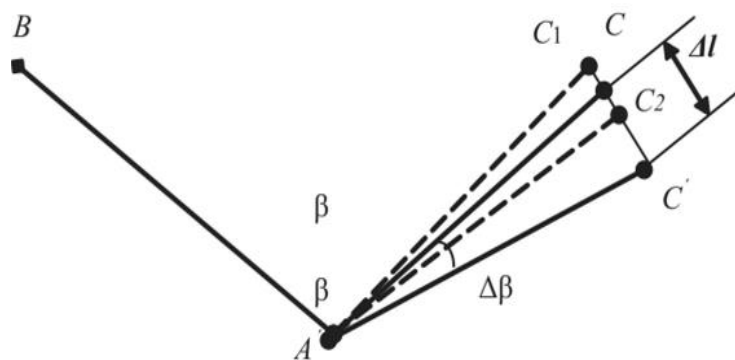


Рис. 18. Схема построения проектного горизонтального угла

Теодолит устанавливают над точкой А, визируют на точку В и берут отсчет β_0 по горизонтальному кругу. Предвычисляют отсчет

$$c = \beta_0 + \beta,$$

если угол β строят против часовой стрелки, то

$$c = \beta_0 - \beta.$$

Открепив алидаду, отсчет c устанавливают на горизонтальном круге и по центру сетки нитей трубы фиксируют точку C_1 . Аналогично строят угол β при другом положении вертикального круга и фиксируют точку C_2 . Отрезок C_1C_2 делят пополам и фиксируют точку С. Угол ВАС принимают за проектный. На точность построения угла, кроме основных факторов, влияет погрешность фиксации точки С. Таким образом, общую погрешность построения угла можно вычислить по формуле:

$$m_\beta = \sqrt{2m_B^2 + 2m_o^2 + m_u^2 + m_p^2 + m_\phi^2},$$

где m_B , m_o , m_u , m_p , m_ϕ - средние квадратические погрешности соответственно визирования, отсчета по горизонтальному кругу, центрирования теодолита над вершиной угла, редукции визирной цели (установки визирной цели в точке В), фиксации точки С.

Условия обеспечения точности построения углов приведены в СНиПе 3.01.03-84. Например, для построения угла β со средней квадратической погрешностью $m_b = \pm 30''$ можно применить теодолит типа Т30, центрировать его оптическим или нитяным отвесом, точку С фиксировать карандашом на поверхности бетона. При известной длине стороны $AC=D$ погрешность положения точки С определится

$$m_c = m_\beta \times (D/\rho).$$

Если m_c не должна превышать допустимой проектной величины $m_{c\text{дон}}$, то погрешность построения угла не должна быть более

$$m_{\beta\text{дон}} = m_{c\text{дон}} \times (D/\rho)$$

при той же величине D . В этом случае при построении угла с погрешностью, не превышающей $m_{\beta_{дон}}$, поступают так: предварительно построенный угол β измеряют $n = t_T^2 / m_{\beta_{дон}}^2$ раз, где t_T – точность отсчетного приспособления, и вычисляют среднее значение угла $\beta_{изм}$. Затем определяют угловую $\delta\beta = \beta_{изм} - \beta_n$ и линейную $\delta l_\beta = D \times (\delta\beta / r)$ поправки. Точку С перемещают в соответствующую сторону на величину δl_β и фиксируют точку C_0 .

Построение проектного отрезка.

От начальной точки А (рис. 19) в заданном направлении откладывают стальным мерным прибором расстояние, равное проектной длине d_n , и временно фиксируют конечную точку B_1 . Процесс откладывания расстояния аналогичен его измерению. Определяют нивелированием превышение h между точками А и B_1 и измеряют температуру t прибора (если измерить ее невозможно, измеряют температуру воздуха).



Рис. 19. Схема построения проектного отрезка

Вычисляют поправки в длину линии: за компарирование δd_k , за температурное влияние δd_t , за наклон линии δd_h . Вычисляют суммарную поправку

$$\delta d = \delta d_k + \delta d_t + \delta d_h$$

и вводят ее с обратным знаком в линию AB_1 . Если поправка с минусом, то линию AB_1 удлиняют на отрезок δd и фиксируют точку В (если с плюсом - линию укорачивают.) На точность построения проектного отрезка, кроме основных факторов, влияет также точность фиксации точек B_1 и В.

Условия обеспечения точности построения проектных отрезков содержатся в СНиП 3.01.03-84. Например, построение проектного отрезка с относительной погрешностью 1/3000 - 1/2000 можно выполнить стальной рулеткой типа ОПКЗ - 20 АНТ/10 с уложением ее в створ «на глаз». Для определения по-

правок превышение h концов отрезка может быть оценено глазомерно, температура измерена термометром с погрешностью не более 5°C , СКО компарирования рулетки составляет не более 1,5 мм.

Перенесение проектной отметки.

Проектные отметки переносят в натуру, как правило, геометрическим нивелированием (рис. 20). Нивелир устанавливают примерно посередине между ближайшим репером и местом перенесения отметки. Для этого берут отсчет a по рейке, установленной на репере. Вычисляют горизонт прибора ГП и отсчет b

$$\text{ГП} = H_{Rp} + a, \quad b = \text{ГП} - H_{пр}.$$

Далее, рейку устанавливают у стойки обноски (ограждения) и перемещают по вертикали до тех пор, пока горизонтальная нить сетки зрительной трубы не совпадет с отсчетом b . В этот момент реечник фиксирует отметку $H_{пр}$, прочерчивая по пятке рейки риску на обноске.

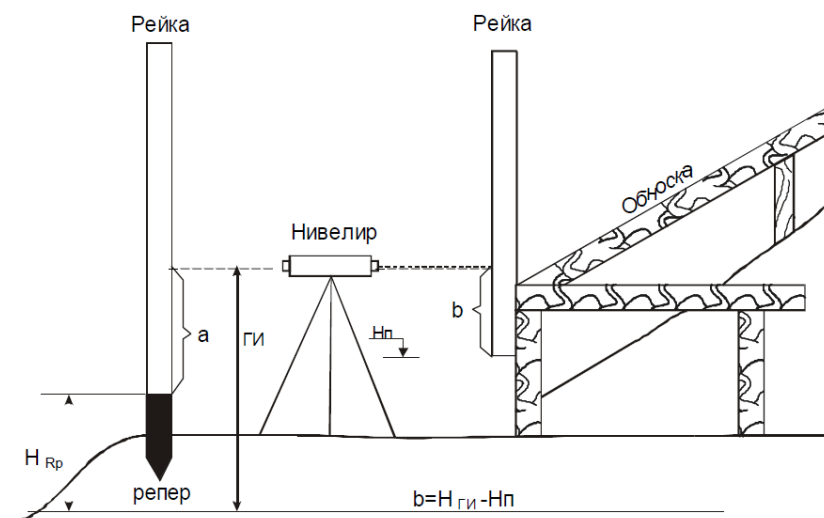


Рис. 20. Схема построения точки с проектной отметкой

Перенесение проектной отметки повторяют по красной стороне реек, также фиксируя рисккой на обноске отметку $H_{пр}$. Если риски не совпадут, определяют среднее положение и маркируют его. На точность перенесения в натуру проектных отметок, кроме основных погрешностей, влияет погрешность фиксации отметки рисккой.

Условия обеспечения точности перенесения в натуру отметок даны в СНиП 3.01.03-84. Например, для перенесения отметок со средней квадратической погрешностью 2-3 мм можно применить нивелир НЗ и шашечные рейки типа РН-3. При этом высота визирной линии не должна быть меньше 0,2 м, а неравенство плеч на станции - 7 м.

Построение линий проектного уклона.

Построение заключается в фиксировании в натуре нескольких (минимум двух) точек, определяющих положение линии с проектным уклоном i . Может быть несколько случаев решения этой задачи, в каждом из них расстояние d между точками известно (или его надо измерить). Точка А с отметкой H_A закреплена (рис. 21). Вычисляют отметку точки В по формуле:

$$H_B = H_A + i \times d$$

и выносят ее в натуру. Точка А с проектной отметкой H_A не закреплена. Вычисляют отметку H_B , затем точки А и В выносят в натуру.

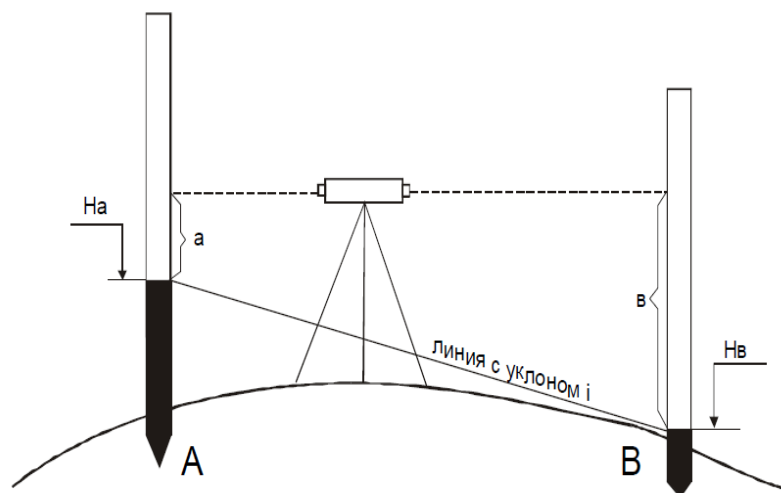


Рис. 21. Построение наклонного направления

Точка А закреплена, но ее отметка H_A неизвестна. Нивелируя, берут отсчет a по рейке, установленной в точке А. Предвычисляют проектный отсчет b

$$b = a + i \times d$$

и по нему выносят в натуру точку В.

Построение наклонной плоскости.

Построение наклонной плоскости осуществляется главным образом при вертикальной планировке площадок, проверке плоскостности строительных и машиностроительных деталей. Для построения плоскости необходимо иметь на ней по крайней мере три точки А, В, С с известными отметками, например H_A , H_B , H_C (рис. 22). Прибор устанавливают в одной из опорных точек, например в А, так, чтобы два подъемных винта располагались перпендикулярно к линии АВ, а третий - на ней. Тогда, действуя третьим винтом, наклоняют трубу прибора до тех пор, пока отсчет по рейке, установленной в точке В, будет равным высоте прибора.

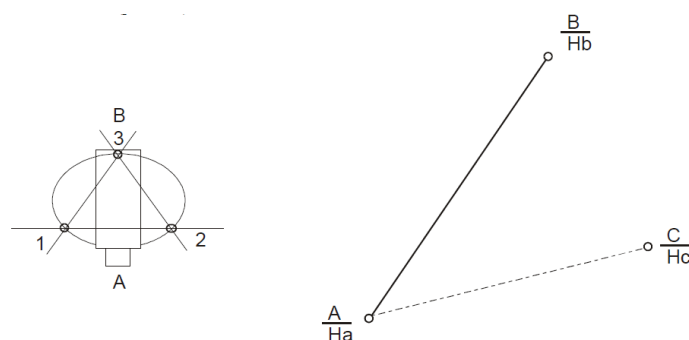


Рис. 22. Построение наклонной плоскости
(1, 2, 3 - подъемные винты прибора).

Затем, направив трубу на точку С, поперечными наклонами прибора при помощи винтов 1 и 2 добиваются отсчета по рейке, равного высоте прибора. В связи с неточностью наклона прибора, эти операции повторяют еще 1-2 раза, т.е. выполняют последовательными приближениями. В этом положении труба прибора описывает плоскость, параллельную заданной и отнесенную от нее на высоту прибора над исходными пунктами. Контроль осуществляется по четвертому пункту с заданной отметкой. Только после этого разрешается определять и закреплять промежуточные пункты в пределах площадки.

Перенесение отметки высоты на дно котлована.

На бровке котлована прикрепляют к кронштейну рулетку и опускают ее на дно, подвесив на конце груз, равный натяжению при ее компарировании.

Между ближайшим репером и кронштейном, соблюдая принцип равенства плеч, устанавливают нивелир; второй нивелир ставят в котловане, посередине между рулеткой и точкой, на которую передают высоту. На репере и точке в котловане устанавливают рейки и по ним берут отсчеты. Затем одновременно оба нивелировщика отсчитывают по рулетке (рис. 23). Высота точки М в котловане будет равна

$$H_M = H_{\text{реп}} + a - d - b,$$

где $H_{\text{реп}}$ - высота репера; a и b - отсчеты по рейкам, установленным соответственно на репере и в котловане; $d = (n_2 - n_1)$ - разность отсчетов нижним и верхним нивелирами по рулетке (нуль рулетки вверх). Для контроля можно передать отметку от другого репера, несколько изменив при этом подвеску рулетки. При выполнении земляных работ достаточно передать отметку на дно котлована с ошибкой 1 см.

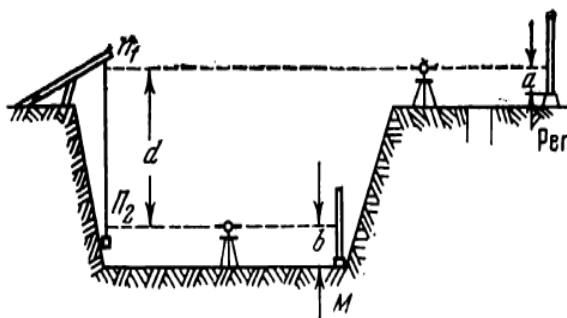


Рис. 23. Передача отметки высоты на дно котлована

Таблица 2

Величины предельных погрешностей разбивки сооружений, мм

Бетонные и железобетонные:	
- разбивка осей и контуров фундаментов	3 – 5
- передача проектных отметок на отдельные горизонты фундаментов	3 – 4
- разбивка осей закладных деталей, колонн, опор подкрановых пролетов	2 – 3
- перенос в натуру проектных отметок опорных плоскостей строительных конструкций и оборудования	1 – 2
Монтаж строительных конструкций и оборудования:	
- плановая и высотная выверки строительных конструкций	2 – 3
- плановая и высотная выверки типового оборудования	1 – 2
- плановая и высотная выверки прецизионного оборудования и направляющих путей	0,2 – 1

Погрешности в плановом положении рассматривают относительно разбивочных осей, а в высотном - относительно ближайших рабочих реперов. При этом стараются выдержать заданное в проекте взаимное как плановое, так и высотное положение осей и конструктивных элементов сооружений. Примерные величины предельных погрешностей приведены в табл. 2.

Примеры контрольных тестов.

1. Метод линейных засечек применяется

для создания планово-высотного обоснования,

для съемки элементов ситуации местности,

для разбивочных работ,

верны все ответы.

2. Какая из перечисленных ниже проектных отметок вычислена правильно, если известны: проектная отметка предыдущей точки – 81,43 м; проектный уклон - -5‰; горизонтальное расстояние (проложение) между точкой, в которой определяют отметку, и предыдущей точкой – 450 м.

75,49 79,18 83,68 87,37

3. К элементам разбивочных работ не относятся виды натурных измерений

построение на местности проектного значения горизонтального угла,

вынос в натуру отрезка проектной длины,

построение точки с заданными координатами.

5. Технология исполнительной съемки

Основное назначение исполнительных съемок – установить точность вынесения проекта сооружения в натуру и выявить все отклонения от проекта, допущенные в процессе строительства. Это достигается путем определения фактических координат характерных точек построенных сооружений, размеров их отдельных элементов и частей, расстояний между ними и других данных. Исполнительные съемки ведутся в процессе строительства по мере окончания его отдельных этапов и завершаются окончательной съемкой готового соору-

жения. В первом случае выполняют текущие исполнительные съемки, во втором – съемки для составления исполнительного генерального плана.

Текущие исполнительные съемки отражают результаты последовательного процесса возведения отдельного здания или сооружения, начиная с котлована и заканчивая этажами гражданских и технологическим оборудованием промышленных зданий. Результаты съемок содержат данные для корректирования выполненных на каждом этапе работ и обеспечения качественного монтажа сборных конструкций. При этом особое внимание обращается на элементы сооружения, которые после завершения строительства будут недоступны (забетонированы, засыпаны грунтом).

Окончательная исполнительная съемка выполняется для всего объекта в целом и используется при решении задач, связанных с его эксплуатацией, реконструкцией и расширением. При окончательной съемке используются материалы текущих съемок, а также съемок подземных и надземных коммуникаций, транспортных сетей, элементов благоустройства и вертикальной планировки.

Исходной геодезической основой для текущей исполнительной съемки служат пункты разбивочной сети, знаки и створы закрепления осей или их параллелей, а также установочные риски на конструкциях. Высотной основой служат реперы строительной площадки и отметки, фиксированные на строительных конструкциях. Геодезическим обоснованием съемки для составления исполнительного генерального плана служат пункты и реперы государственных и разбивочных сетей.

Методы измерений при исполнительной съемке, как правило, те же, что и при выполнении разбивочных и съемочных работ. Так, для съемки положения строительных конструкций в плане применяют способы прямоугольных координат, линейных и створных засечек, линейные промеры от створов и т.п., по высоте - геометрическое нивелирование. Отклонение конструкций от вертикали проверяют с помощью отвесов, теодолитов, приборов вертикального проектирования.

Текущие съемки выполняют с точностью, обеспечивающей надежное определение положения строительных конструкций и технологического оборудования. Для этого средняя квадратическая погрешность контрольных измерений должна быть не более 0,2 величины отклонений δ , допускаемых нормативными документами или проектом. Методы съемки исполнительного генерального плана должны обеспечивать графическую точность соответствующего масштаба.

Исполнительные съемки входят в состав технологического процесса строительства, поэтому очередность и способ их выполнения, технические средства и требуемая точность измерений зависят от этапов строительно-монтажного производства. Исполнительной съемке подлежат части зданий и конструктивные элементы, от точности положения которых зависит точность выполнения работ на последующих этапах, а также прочность и устойчивость здания в целом. Эти требования по существу и определяют поэтапный выбор параметров исполнительной съемки.

На этапе нулевого цикла исполнительную съемку выполняют после устройства котлована, свайного поля, сооружения фундамента, стен и перекрытий технического подполья. При устройстве котлована съемку производят после зачистки дна и откосов. При этом определяют относительно осей внутренних контур, а нивелированием по квадратам - отметки дна. Для свайного поля путем перенесения осей на оголовки определяют положение свай в плане и нивелированием оголовков - по высоте.

При монтаже монолитных фундаментов исполнительную съемку производят после окончания бетонирования и затвердевания бетона. Для съемки в плане на фундаменты вновь переносят разбивочные оси, от которых измеряют положения фундаментов. По высоте нивелируют поверхность фундаментов в точках пересечения осей и между ними, примерно через 5 м. Аналогично производят съемку сборных фундаментов, перенося оси на все их элементы. При съемке по высоте сборных фундаментов стаканного типа определяют отметки дна стаканов.

При возведении надземной части здания производят поэтажную исполнительную съемку смонтированных конструкций.

В крупнопанельных зданиях положение стеновых панелей в плане определяют, измеряя расстояния от боковых граней на уровне перекрытий и трети этажа до параллелей разбивочных осей; по высоте измеряют толщину выравнивающего слоя раствора в горизонтальном стыке; определяют также отклонение панели от вертикальности.

В каркасных зданиях определяют смещения колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей, смещение колонн от вертикали и разность отметок оголовков колонн предыдущего этажа. При необходимости находят величины площадок опирания ригелей на консоли колонн. Положение стенок жесткости определяют аналогично стеновым панелям.

При возведении блочных, кирпичных и монолитных зданий главным образом проверяют положение стен относительно параллелей осей, толщину и вертикальность стен, и их горизонтальность через определенный интервал по высоте.

В процессе строительства лифтовых шахт определяют в основном их внутренние размеры и вертикальность стен.

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. Положение этих элементов в плане определяют относительно монтажных (технологических) осей, по высоте – относительно строительных реперов площадки или цеха. Особое место занимает исполнительная съемка подкрановых путей грузоподъемных механизмов. Эту съемку выполняют как в процессе строительства, так периодически в эксплуатационный период. Съемка подкрановых путей включает в себя определения расстояний между осями рельсов и прямолинейности рельсов, а также разности отметок между головками двух рельсов и одного рельса.

Исполнительную съемку технологического оборудования производят по-

сле его установки. Ее выполняют геодезическими методами со знаков, закрепляющих основные или смещенные технологические оси. Контроль положения оборудования относительно технологических осей проводят по маркировкам или знакам на оборудовании, определяющим его геометрические оси.

Результаты контрольных измерений отображают на схемах специальной исполнительной геодезической документации. Перечень исполнительной геодезической документации (ИГД) на строительном объекте устанавливается в соответствии с требованиями стандартов и другой нормативно-технической документации. В особых случаях, по требованиям государственного архитектурно-строительного, технического, авторского надзоров, может уточняться перечень ИГД, что происходит в основном за счет ее детализации.

Исполнительная геодезическая документация создается главным образом в виде исполнительных схем (чертежей) с нанесением на них геометрических параметров направлений и величин отклонений от проектных положений установленных (смонтированных) строительных конструкций. Пояснительные записки или другая информация (диаметр арматуры труб, марки электродов, фамилии или клейма сварщиков, согласовывающие подписи и т.п.) указываются только по дополнительным требованиям.

Основой ИГД являются рабочие чертежи проектной документации. Проектные размеры (габаритные) сопровождаются буквой П, действительные (измененные в натуре) – буквой Д (рис. 24). Буквы помещаются в прямоугольные рамки. Если необходимо указать оба размера, то в числителе пишется проектный, в знаменателе действительный размеры. Действительные отклонения от проектных отметок для грунтовых поверхностей показываются численным значением с точностью до сантиметров и до миллиметров - для других элементов (рис. 24). Перед величиной отклонений ставится знак «плюс» в случае занижения поверхностей от проектной отметки. Уклоны поверхностей показываются стрелками, над которыми указывается их величина в промилле (‰), а под стрелками - расстояние.

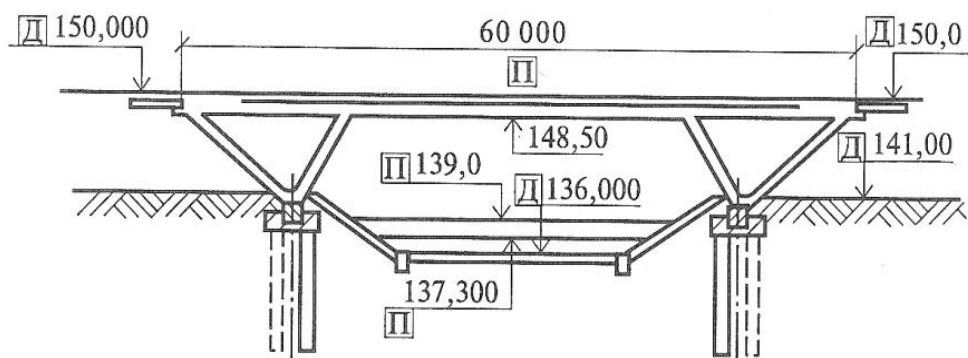


Рис. 24. Обозначение действительных и проектных отметок

Для строительных элементов (колонн, свай и т.д.), фактические оси или грани которых доступны измерениям, точность положения в плане характеризуется действительными отклонениями осей или граней элементов от разбивочных. Действительные отклонения осей или граней от разбивочных осей показываются стрелками, направленными в сторону отклонения, и расположенными рядом числами - значениями отклонений в миллиметрах. При этом перед действительными численными значениями отклонений помещается в прямоугольной рамке буква В для верхнего сечения или буква Н для нижнего сечения (рис. 25). Действительные (измеренные) расстояния граней элементов до разбивочных осей изображают, как показано на рис. 26. Исполнительные схемы подписываются геодезистом, ответственным производителем работ по объекту и руководителем строительной (монтажной) организации.

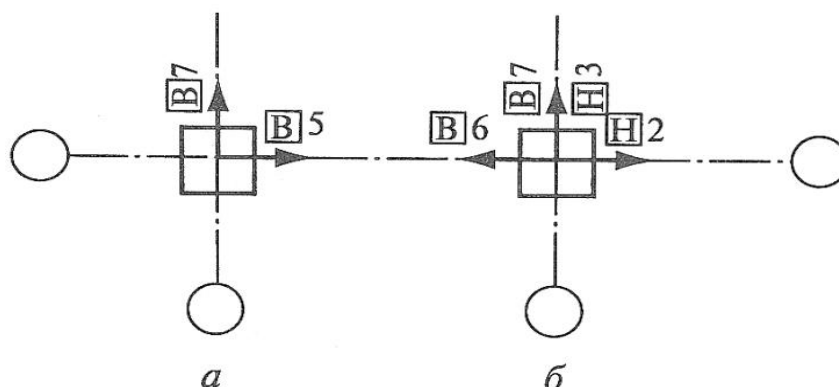


Рис. 25. Примеры указания действительных отклонений осей элементов от разбивочных осей на плане для свай (а) и колонн (б)

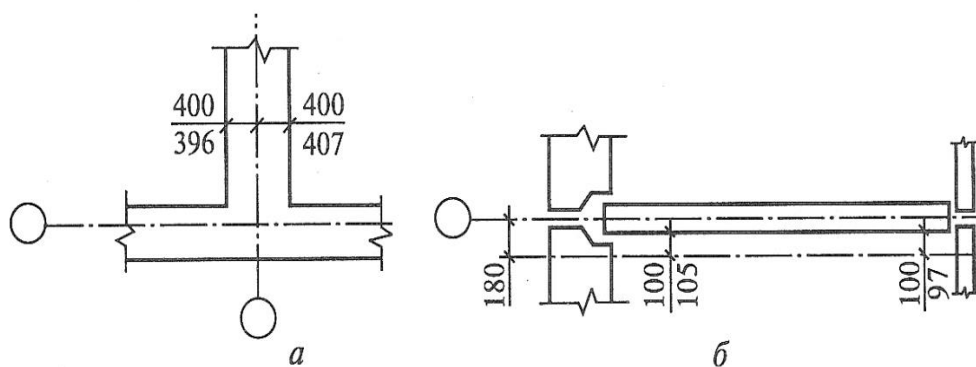


Рис. 26. Примеры указания действительных расстояний на плане: а - от граней монолитного ростверка до разбивочной оси; б - от грани стеновой панели до параллели оси

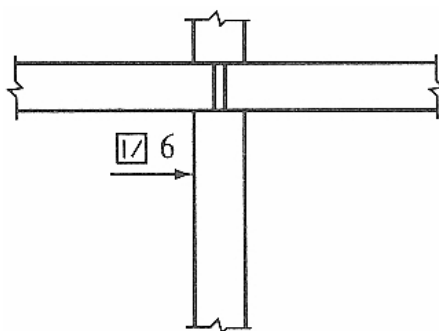


Рис. 27. Пример указания неvertикальности колонны

Действительные отклонения поверхностей элементов от вертикали показывают стрелками, направленными в сторону отклонений, расположенными рядом с условными обозначениями неvertикальности численными значениями отклонений (рис. 27). Эти схемы входят в состав обязательной исполнительной документации, предъявляемой строительной организацией при сдаче в эксплуатацию построенных зданий и сооружений. При продолжительном строительстве по завершении отдельных участков строительных работ документация передается заказчику по предъявлении к оплате выполненных на этапе работ.

Документация содержит информацию:

- схему вынесенных в натуру точек, осей и установленных знаков закрепления с необходимыми привязками (числовые значения);
- сведения о способе закрепления точек и конструкций знаков.

Исполнительные чертежи коммуникаций (сетей) внутри зданий составляются только в случае необходимости по требованию технического надзора заказчика, авторского надзора проектной организации, территориальных инженерных служб и эксплуатирующих организаций.

Исполнительные чертежи включают в себя планы, схемы, разрезы и сечения. В случае, когда масштабы исполнительных чертежей не позволяют с достаточной степенью детальности показать все размеры, от соблюдения которых зависят эксплуатационные характеристики сетей, применяются буквенные обозначения: В - водопровод, К - канализация и т.п.

Фактическое положение подземных сетей характеризуется следующими геометрическими параметрами: действительными координатами характерных определяемых точек на сетях, действительной глубиной заложения, действительными значениями отметок, расстоянии, углов и высот между исходными и определяемыми точками. Горизонтальный и вертикальный масштабы профиля принимаются одинаковыми с масштабами профиля в составе проекта. Каталог координат точек сети составляется в системе координат, принятой при разработке проекта. В исполнительных чертежах, продольных профилях и каталогах координат применяются условные знаки Федеральной службы геодезии и картографии России.

Исполнительный генеральный план составляют по результатам исполнительных съемок законченных зданий и сооружений комплексного объекта (жилой массив, промышленное предприятие и т.п.). Различают генеральные планы оперативные, дежурные и окончательные.

Строительство крупных комплексов, как правило, продолжается несколько лет, в течение которых постоянно уточняется, дополняется и изменяется проектная документация. Для этой цели ведется оперативный исполнительный генеральный план. Кроме того, возникает необходимость дополнительно иметь информацию об объемах выполненных на определенную дату строительных работ по всем отдельным объектам строительства. С этой целью составляют дежурный генеральный план. Окончательный исполнительный

генеральный план составляют после завершения строительства. На этот план наносят все построенные по проекту здания и сооружения, которые сдают в эксплуатацию. План составляется на основании материалов исполнительных съемок, выполняемых по мере возведения объектов.

Комплект окончательного исполнительного генерального плана состоит: из сводного генерального плана в масштабах 1:1000... 1:2000, а для особо крупных объектов 1:5000; генеральных планов отдельных объектов в масштабах 1:200 ... 1:500; специализированных исполнительных планов коммуникаций, дорог, линий электропередачи, связи и т.п.; вспомогательной пояснительной документации.

Исполнительную съемку выполненной в натуре вертикальной планировки ведут методами нивелирования поверхности и проложением ходов по характерным точкам. Отметки определяют по отстоям зданий, в местах пересечений и переломов профиля дорог, тротуаров, проездов, у решеток дождеприемников и других характерных местах. На открытых площадках нивелирование производится по квадратам или поперечникам.

Исполнительная съемка подземных коммуникаций производится по мере их возведения, но, как правило, до засыпки траншей. Снимаются углы поворота, точки на прямолинейных участках не реже чем через 50 м, точки начала, середины и конца кривых, места пересечения трасс, места присоединений и ответвлений, люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т.п. Собирают данные о числе прокладок, диаметрах труб, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях, материалах труб. Производят обмеры колодцев и камер с привязкой расположения труб и фасонных частей к отвесной линии, проходящей через центр крышки люка. При съемке дорог проверяют элементы кривых, определяют координаты вершин углов поворота, точек пересечений и примыканий, центров стрелочных переводов. Определяют отметки головок рельсов и дорожного полотна, а также габарит приближения строений.

Главной особенностью съемок для составления исполнительного генерального плана, отличающей их от съемок при изысканиях, является коорди-

нирование большого числа точек, определяющих фактическое положение на местности основных элементов зданий и сооружений.

Примеры контрольных тестов.

1. К элементам разбивочных работ не относятся следующие виды натурных измерений

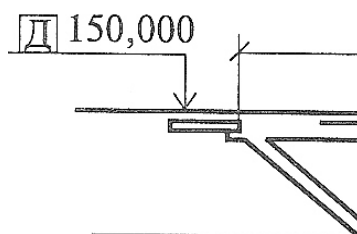
Построение на местности проектного значения горизонтального угла,

Вынос в натуру отрезка проектной длины,

Построение заданного превышения,

Построение на местности линии заданного уклона.

2. На чертеже надпись означает



Действительный размер конструкции после выноса в натуру 150 мм,

Допустимый размер конструкции после выноса в натуру 150 м,

Документальный размер конструкции после выноса в натуру 150 см.

3. Расшифруйте сокращение

ИГД - это

6. Вертикальная планировка и нивелирование площадки

Перед возведением большинства инженерных сооружений на участке земли, отведенном под строительство, должна быть произведена вертикальная планировка. Она предусматривает преобразование, изменение и приспособление естественной земной поверхности к требованиям застройки и благоустройства территории.

Проект вертикальной планировки может быть составлен на основе топографического плана (карты), масштаб которого позволяет с достаточной точно-

стью выбрать наиболее целесообразное положение плоскостей и поверхностей земной поверхности как в отношении уклонов, так и в объеме земляных работ. Например, при проектировании промышленно-гражданских и сельскохозяйственных сооружений для разработки проектов вертикальной планировки пользуются топографическими планами масштабов 1:500-1:2000; водохранилищ крупных и средних - топографическими картами и планами 1:25000-1:5000; мелких - 1:5000-1:1000.

Нивелирование поверхности по квадратам.

Нивелирование поверхности по квадратам применяется в случае спокойного рельефа с небольшими перепадами высот на участке. Длина сторон квадратов зависит от рельефа местности и масштаба плана. Последовательность выполнения работ:

- разбивка, сетки квадратов.
- съемка ситуации.
- нивелирование площадки.
- обработка результатов измерений.
- графическое построение и оформление плана.

Участок размером, например, 0,6-1,0 га прямоугольной или квадратной формы разбивается на квадраты со стороной 20 м. При разбивке на местности плано-высотного обоснования в виде сетки квадратов, их вершины обозначают по оси ординат – арабскими цифрами, по оси абсцисс – буквами русского алфавита А/1, Д/5 и т.д. Горизонтальные углы $90^{\circ}00'$ выносят в натуру угломерными приборами, длины линии измеряются с ошибкой не более, чем 1/2000.

Для определения высот вершин квадратов используется метод геометрического нивелирования способом «вперед». В зависимости от рельефа и площади участка нивелирование производится с одной или нескольких станций. Журнал нивелирования поверхности по квадратам (рис. 28) представляет собой план сетки квадратов в масштабе 1:500 или 1:1000, на котором записывают отсчеты, снятые по рейке (черная сторона) на вершинах квадратов.

Обработка результатов нивелирования сводится к вычислению отметок вершин квадратов и плюсовых точек. Вычисляется отметка точки A/1 по результатам привязки к реперу

$$H_{A/1} = H_{pn} + h,$$

где h - превышение между репером и точкой A/1 определяется нивелированием из середины.

Вычисляется отметка горизонта инструмента (ГИ) по формуле:

$$H_{ГИ} = H_{A/1} + O_{A/1},$$

где $O_{A/1}$ - отсчет по рейке на т. A/1.

Вычисляются отметки вершин квадратов

$$H_i = H_{ГИ} - O_i,$$

где H_i - отметка i -ой вершины, O_i - отсчет по рейке на i -ой вершине.

Вычисления отметок вершин выполняются с точностью до 0,001 м. У вершин квадратов их отметки выписывают с округлением до 0,01 м. Рельеф местности изображают горизонталями. Высоту сечения рельефа принимают равной 0,5 м или 1 м (в зависимости от рельефа). При вертикальной планировке рельеф участка может быть спланирован горизонтальной площадкой на заданной проектной отметке или наклонной площадкой с заданными уклонами.

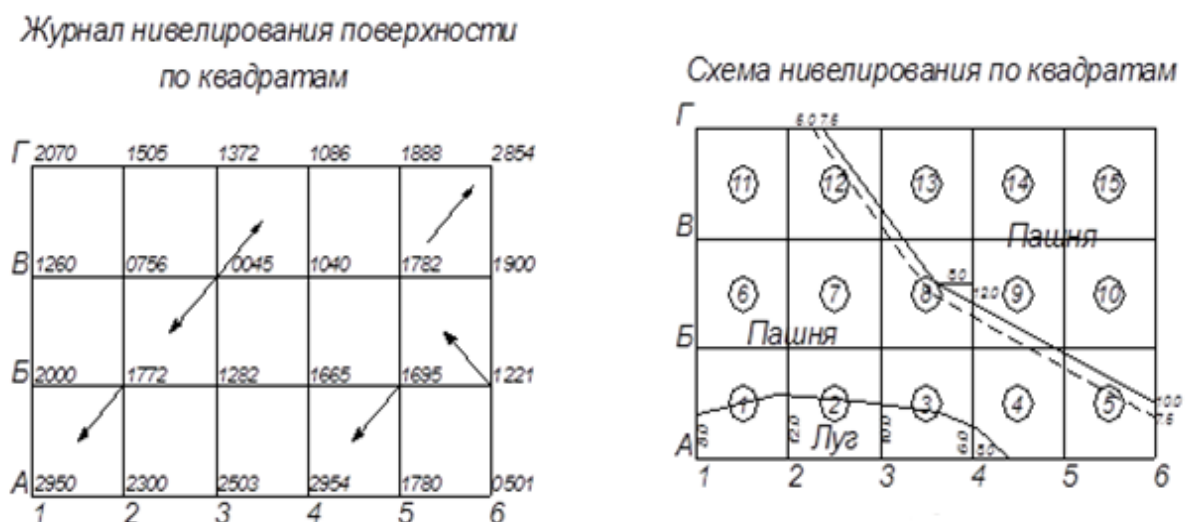


Рис. 28. Журнал нивелирования поверхности по квадратам

Проектирование вертикальной планировки.

Вычисляют нулевую проектную отметку горизонтальной площадки по способу баланса земляных масс формуле:

$$H_0 = (\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4) / (4n),$$

где H_0 - проектная отметка, ΣH_1 - сумма отметок вершин, принадлежащих только одному квадрату, ΣH_2 , ΣH_3 , ΣH_4 - сумма отметок вершин, общих для двух, трех и четырех смежных квадратов соответственно, n - число квадратов площадки. Вычисляют рабочие отметки h

$$h = H_0 - H_i,$$

где H_i - отметки земли вершин квадратов.

Определяют положение линии нулевых работ - линии пересечения проектной плоскости с топографической поверхностью участка.

Для этого находят положение точек нулевых работ на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют отметки с противоположными знаками

$$x = |h_l| \cdot d / (|h_l| + |h_n|),$$

где x - расстояние от вершины квадрата до точки нулевых работ; d - длина стороны квадрата на местности (м); h_l - рабочая отметка левой вершины стороны квадрата; h_n - рабочая отметка правой вершины стороны квадрата.

Величина x (м) - это расстояние на местности от вершины квадрата, рабочая отметка которой стоит в числителе.

Соединив смежные точки нулевых работ, получают линию нулевых работ, которая разделяет участки насыпи и выемки земляных работ. Линия нулевых работ и расстояния ее положения от вершин квадратов наносятся синим цветом с учетом масштаба на картограмму земляных масс (рис. 29).

Вычисляются для каждого квадрата объемы земляных масс

$$V_{\text{выемки}} = (d^2/4) \cdot \Sigma(+h)^2 / \Sigma|h|,$$

$$V_{\text{насыпи}} = (d^2/4) \cdot \Sigma(-h)^2 / \Sigma|h|,$$

где $\Sigma(+h)$ - сумма положительных рабочих отметок вершин данного квадрата; $\Sigma(-h)$ - сумма отрицательных рабочих отметок вершин данного квадрата; $\Sigma|h|$ -

сумма абсолютных значений рабочих отметок данного квадрата; d – длина стороны квадрата на местности (м).

Производят оценку баланса земляных масс по формуле:

$$\text{БАЛАНС (\%)} = 100\% \cdot (\Sigma/V_{\text{выемки}} - \Sigma/V_{\text{насыпи}}) / (\Sigma|V_{\text{выемки}}| + \Sigma|V_{\text{насыпи}}|),$$

где объем $V_{\text{выемки}}$ – объем земляных масс, который необходимо изъять с данного участка; $V_{\text{насыпи}}$ – объем земляных масс, который необходимо насыпать на данный участок, чтобы вся площадка строительства имела высоту, равную нулевой проектной отметки. Баланс земляных работ допускается не более 2%. Пример расчета баланса земляных работ при длине стороны квадрата $d = 20$ м показан на рис. 29.



Рис. 29. Картограмма земляных масс в масштабе 1:500

Проектирование наклонной площадки.

Исходными данными для решения этой задачи являются отметки земли в вершинах квадратов, проектная отметка H_n в начальной точке и уклоны i_1 и i_2 проектируемой наклонной площадки по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Отметки точек проектной плоскости во всех вершинах квадратов вычисляются по формуле:

$$H_k = H_n + i_1 d_1 + i_2 d$$

где H_k – искомая проектная отметка; H_n – проектная отметка начальной точки; i_1 и i_2 – заданные продольный и поперечный уклоны площадки; d_1 и d_2 – горизонтальные расстояния между начальной и определяемой точками в продольном и поперечном направлении.

Все расчеты для картограммы по определению объема земляных работ производятся так же, как и при проектировании горизонтальной площадки.

Примеры контрольных тестов.

1. Линия пересечения проектной плоскости с топографической поверхностью участка - это

линия нулевых работ,

линия монтажного горизонта,

линия нулевого баланса земляных работ.

2. Для вертикальной планировки строительных площадок применяется

нивелирование поверхности по квадратам,

тригонометрическое нивелирование,

нивелирование по поперечникам.

3. Разбивку сетки квадратов со стороной 20 м осуществляют с точностью

1/1000

1/2000

1/5000

1/10000.

7. Геодезические работы при проектировании линейных сооружений

При проектировании автомобильных и железных дорог основное внимание уделяется обеспечению плавного и безопасного движения с заданной предельной скоростью. По этой причине уклон проектной линии не должен превышать некоторой заданной предельной величины, а радиусы горизонтальных и вертикальных сопрягающих кривых прямых отрезков трассы должны быть меньше допустимого значения (табл. 3). Предельные значения проектных уклонов, называемых руководящими уклонами, зависят от типа линейного сооружения и определяются нормативными документами

Таблица 3

Максимальные уклоны и минимальные радиусы кривых дорог

Параметры	Категория дорог				
	I	II	III	IV	V
Автомобильные дороги					
Наибольшие продольные уклоны, ‰	30	40	50	60	70
Наименьшие радиусы кривых в плане, м	1000	600	400	250	125
Наименьшие радиусы вертикальных кривых в плане, м					
выпуклых	25000	15000	10000	5000	2500
вогнутых	8000	5000	3000	2000	1500
Железные дороги					
Руководящие уклоны, ‰	15	15	20	-	-
Радиусы горизонтальных кривых, м наибольшие наименьшие рекомендуемые	4000	4000	4000	-	-
	1200	800	600	-	-
Радиусы вертикальных кривых, м	10000	10000	5000	-	-

При проектировании дорог вдоль них создают постоянное геодезическое обоснование заданной точности и плотности в виде теодолитно-нивелирных, тахеометрических ходов. В плане предельные ошибки ходов не должны превышать 1:5000; по высоте невязки должны лежать в пределах:

$$f_h = 30\sqrt{L} \text{ (мм)},$$

где L - длина хода в км.

Технологическая схема дорожных изысканий включает в себя:

1. Рекогносцировочные допроектные изыскания для технико-экономического обоснования проекта.

А) Дорожно-экономические изыскания:

- изучение производительных сил района изысканий; выявление районов тяготения дороги, которые будут реализовать свои транспортные связи через проектируемую трассу;

- определение на мелкомасштабных картах наиболее экономичного варианта трассы; примерные подсчеты интенсивности движения на ней;
- расчет примерных технических характеристик дороги (категория, число полос движения для автодороги и путей для железной дороги, расчетная скорость движения и т.д.);
- изучение условий по охране окружающей среды.

2. Детальные проектные изыскания для разработки технического проекта дороги и всех сооружений на ней.

А) Выбор оптимального варианта дороги:

- аэрофотосъемка полосы вариантов в масштабе 1:10000-1:15000.
- построение на полосе трассирования плановой и высотной геодезической основы.
- инженерно-геологическая съемка и дешифрирование;
- составление инженерно-геологических фотокарт и ландшафтно-архитектурных карт в масштабе аэрофотосъемки;
- камеральное трассирование и проектирование вариантов. Выбор оптимальной трассы.

Б) Полевое обследование трассы и согласование:

- вынесение по контурам оптимальной трассы в натуру;
- крупномасштабные стереотопографическая и топографическая съемки площадок, переходов, станций, пересечений, сложных участков;
- крупномасштабная инженерно-геологическая съемка трассы.
- гидрометрические работы на мостовых переходах, сбор сведений для расчета искусственных сооружений;
- согласование трассы с землепользователями и заинтересованными организациями.

3. Предпостроечные изыскания для составления рабочих чертежей.

А) Детальная разбивка трассы на местности:

- полевое трассирование с разбивкой пикетажа и нивелированием;

- дополнительная съемка в масштабе 1:500 - 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5 м мостовых переходов и сложных мест;
- закрепление главных точек трассы.

Б) Построение постоянного геодезического обоснования вдоль трассы:

- рекогносцировка хода на расстоянии 30-50 м от трассы и закрепление пунктов совмещенными ж/б знаками через 400-500 м;
- проложение теодолитно-нивелирной магистрали повышенной точности.

В) Разведочные работы:

- инженерно-геологическая разведка трассы;
- геодезическая привязка геологоразведочных выработок и гидростворов;
- детальная разведка карьеров, съемка карьеров.

Г) Камеральная обработка материалов. Составление плана и профилей.

Под *трассой* понимается пространственное положение продольной оси проектируемого линейного сооружения, взаимосвязанная с рельефом местности, обозначенная на карте и закрепленная на местности. Оптимальной считается трасса, которая отвечает следующим условиям:

- обеспечивает строительство и надежную эксплуатацию линейного сооружения с заданными характеристиками;
- удовлетворяет ограничениям, накладываемым нормами проектирования;
- имеет технико-экономические показатели, оптимизирующие значение численного критерия эффективности.

Камеральное трассирование - это решение технико-экономической задачи по выбору оптимальной трассы между опорными точками на участке местности с учетом инженерно-геологических, гидрологических, природоохранных и других условий. В результате камерального трассирования получают план трассы (проекцию трассы на горизонтальную плоскость) и продольный профиль (вертикальный разрез по оси трассы).

Применяют следующие способы трассирования по карте:

- на основе руководящего уклона: вольный ход, напряженный ход;

- на основе топографии местности: долинные (по долине реки), водораздельные (по водоразделам), поперечно-водораздельны (по водоразделам при переходе долин рек).

Наиболее простым является трассирование на вольных ходах, когда $i < i_p$, т.е. участок трассы проходит по местности с естественным уклоном i меньше, чем заданный руководящий уклон i_p . В условиях, когда $i > i_p$, то трассирование выполняют на напряженных ходах, что приводит к удлинению трассы L относительно длины L_0 ее геодезической линии при проложении по прямой. Поэтому одним из показателей вариантов проектируемых трасс на этапе камерального трассирования является коэффициент развития трассы как

$$K = L / L_0.$$

Чем значение K ближе к единице, тем более оптимальным является данный вариант трассы.

Построение линий заданного уклона в случае, если уклон местности превосходит заданный уклон трассы, выполняется следующим образом:

- вычисляют величину заложения C между горизонталями для заданного руководящего уклона

$$C = h / i_{дон},$$

где h - высота сечения рельефа на карте;

- если трассу провести по линии нулевых работ, то достаточно раствором циркуля, равным заложению C , из начальной точки НТ трассы засекать ближайшие горизонтالي в направлении к конечной точке КТ трассы до тех пор, пока не перейдем к КТ трассы (рис. 30). Таким образом, на плане трасса дороги состоит из прямых участков и круговых кривых в местах поворота трассы, а в продольном профиле из линий поперечного уклона и вертикальных круговых кривых при больших перепадах высот (рис. 31).

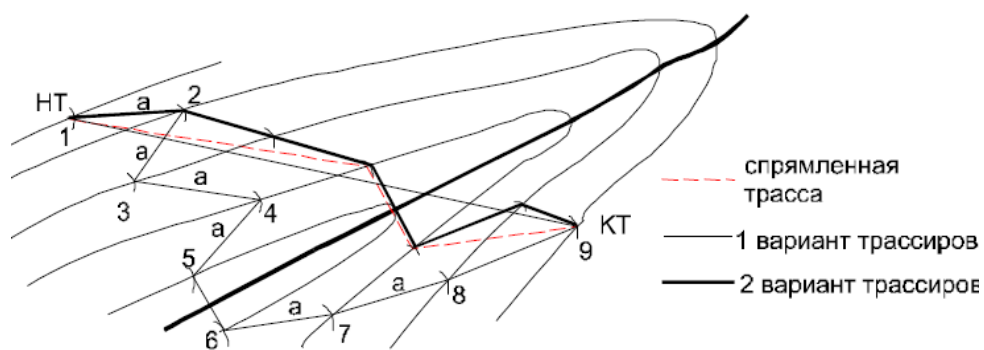


Рис. 30. Проектируемые варианты трассы

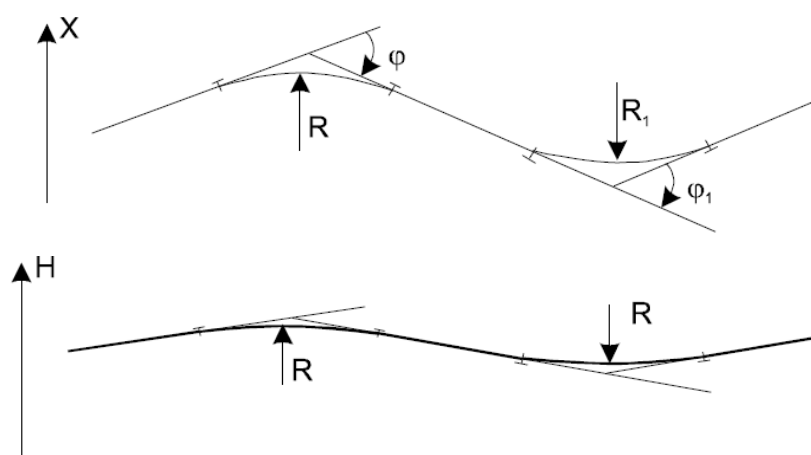
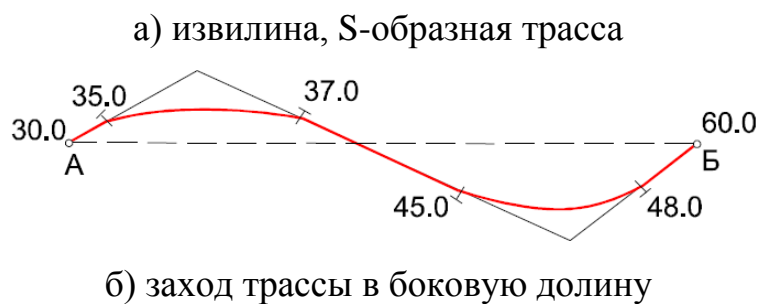
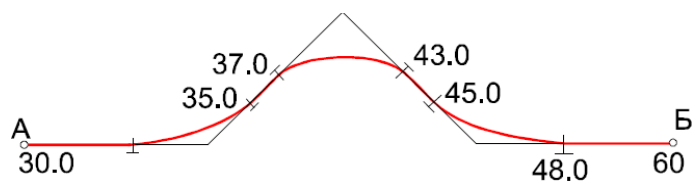


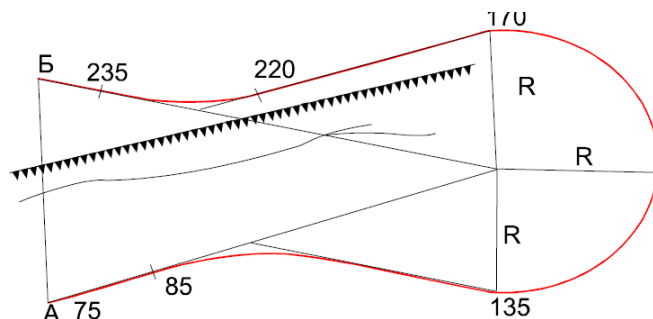
Рис. 31. План и продольный профиль трассы

В отличие от проектирования на равнинной местности, направление трассы в горной или резко пересеченной местности определяется ее рельефом, уклоны в данном случае значительно превосходят руководящие уклоны трассы. Поэтому применяют различные виды развития трасс в зависимости от ее удлинения (рис. 32).





в) ПЕТЛЯ



г) зигзаг

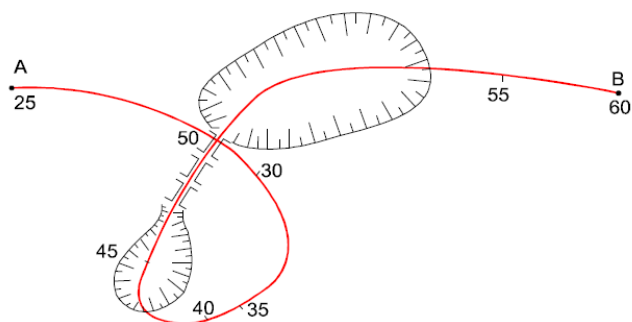


Рис. 32. Виды развития трасс

Для проектирования трасс придерживаются следующих общих условий:

- трассирование выполняют напрямую - от препятствия к препятствию, т.е. выбирают углы поворота против препятствий и располагают препятствие внутри угла поворота;
- угол поворота трассы стремятся иметь не более 30^0 , т.к. такие углы незначительно удлиняют трассу;
- радиус кривых выбирают по возможности наибольшим;
- при пересечении оврагов к тальвегу не спускаются, а переходят сразу на другую сторону, засекая одноименные горизонтали;
- в местах, где расстояние между горизонталями больше, чем проектная величина заложения, направление выбирают свободно;
- пересечение рек, магистралей выполняют под углом 90 градусов;

- необходимо обходить крупные населенные пункты, территории горных разработок, лесные массивы, с/х угодья и т.д.

Таким образом, трасса дороги состоит из прямых отрезков и вписанных в повороты сопрягающих кривых. Радиус кривой зависит от категории дороги, от угла поворота трассы и задается в проекте. Угол поворота трассы снимают с плана и по нему определяют элементы круговой кривой (рис. 33).

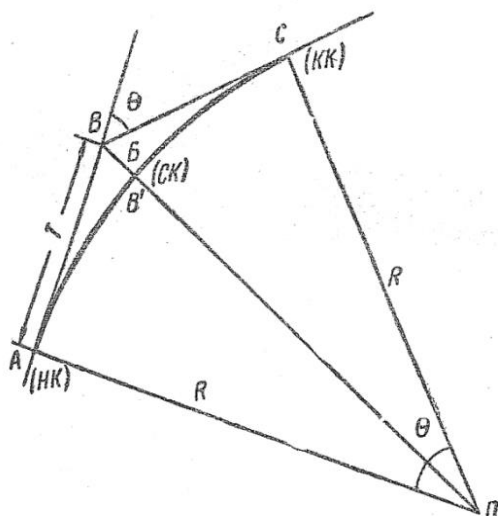


Рис. 33. Элементы круговой кривой трассы

НК - начало кривой; СК - середина кривой; КК - конец кривой;

R - радиус кривой; θ - угол поворота трассы;

T - тангенс - отрезки $BA = BC$ от вершины поворота B , $T = R \cdot \operatorname{tg}(\theta/2)$, м

B - биссектриса - отрезок BB' , $B = \sqrt{(T^2 + R^2)} - R$, м

K - длина кривой от НК до КК; $K = \pi \cdot R \cdot \theta^\circ / 180^\circ$, м

D - домер, $D = 2T - K$, м

Полевое трассирование начинается с определения и закрепления на местности планового положения оси сооружения. Главные ее точки, к которым относятся начало и конец трассы, вершины углов поворота, точки пересечения с осями различных сооружений, закрепляются геодезическими знаками.

После перенесения на местность главных точек по трассе прокладывают теодолитный ход, который разбивается с помощью пикетов на стометровые отрезки. Пикеты закрепляются деревянными кольями, забиваемыми вровень с

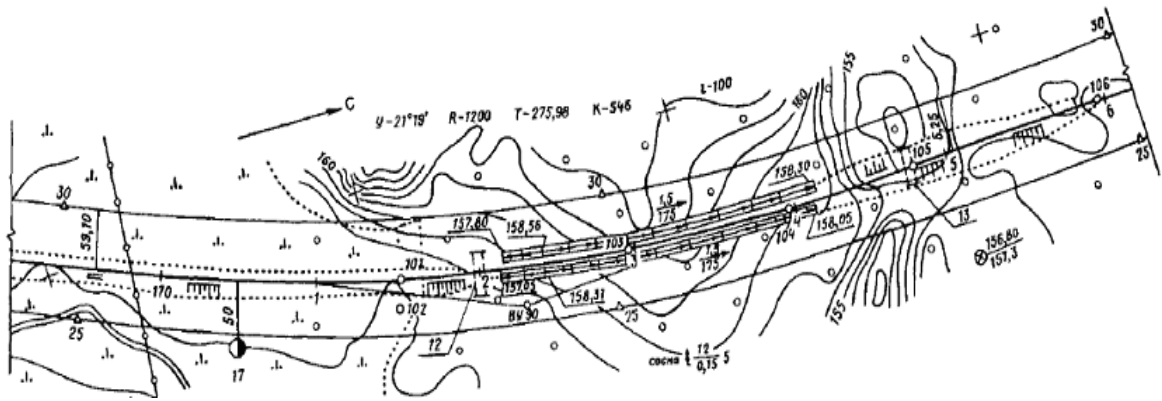
землей. Начало трассы обозначаются пикетом с номером 0, в результате чего номер каждого обозначает число сотен метров трассы от ее начала. Характерные точки рельефа, встречающиеся между пикетами, отмечаются плюсовыми точками, на которых указываются расстояния до ближайшего заднего пикета, например, ПК2+19,0. Плюсовые точки предназначены для уточнения рельефа между пикетами.

При разбивке пикетажа ведется полевой пикетажный журнал, в котором помимо пикетов и плюсовых точек наносится ситуация притрассовой полосы (рис. 34). Для съемки рельефа в притрассовой полосе производится разбивка поперечников перпендикулярно трассе (Л+40, П+40). Теодолитный (тахеометрический) ход пролагается от репера № 1 до репера № 2 (рис. 34), которые находятся за пределами трассы, с целью получения исходной отметки и контроля нивелирования разомкнутого хода.

Нивелирование по трассе производится геометрическим методом “из середины” по черной и красной сторонам реек. Отсчеты на плюсовые точки, расположенные на продольной оси и поперечниках, берутся только по черной стороне рейки способом «вперед». Графическая обработка результатов нивелирования трассы заключается в построении продольного и поперечного профилей. Построение естественного продольного профиля хода выполняют по высотам пикетов ПК и плюсовым точкам. Естественный профиль и отметки земли отрисовываются черным цветом. Для построения продольного профиля трассы задают отметку линии условного горизонта. На линии условного горизонта отмечаются положения пикетов, плюсовые точки, восстанавливаются перпендикуляры от пикетов, откладываются их высоты из журнала нивелирных работ в соответствующем масштабе (рис. 35).

Ниже линии условного горизонта строится сетка продольного профиля, названия граф которой зависят от вида сооружения. Графа “Расстояния” разбивается на интервалы согласно расстояниям между пикетами и плюсовыми точками в соответствующем масштабе. В графе “Пикеты” подписываются номера пикетов, а в графу “Отметки земли” выписываются отметки пикетов и плюсо-

вых точек, округленные до см. В графу "План трассы" наносят в масштабе ситуацию, снятую вдоль трассы 200 м вправо и влево и взятую из пикетажного журнала. Ось трассы изображается прямой линией, а повороты показываются стрелками с обозначением величины поворота. Остальные графы сетки заполняются в процессе проведения проектной линии сооружения.



Пикетажный журнал.

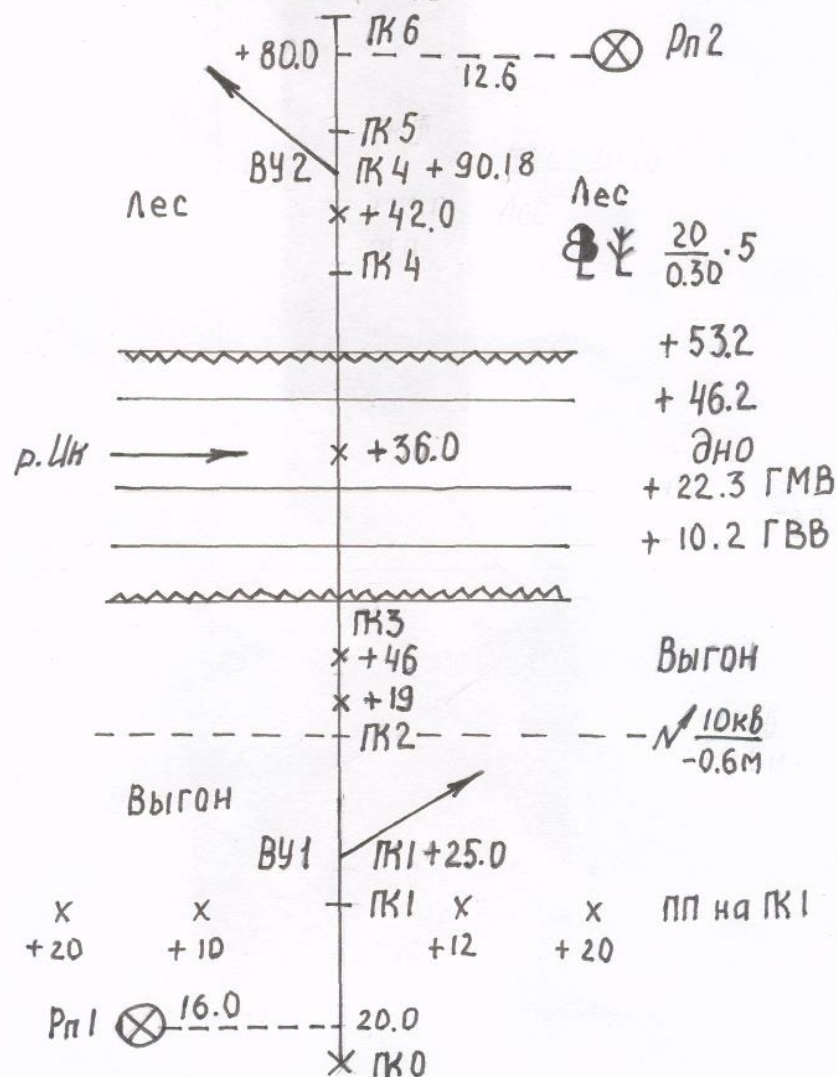


Рис. 34. План и пример пикетажного журнала трассы

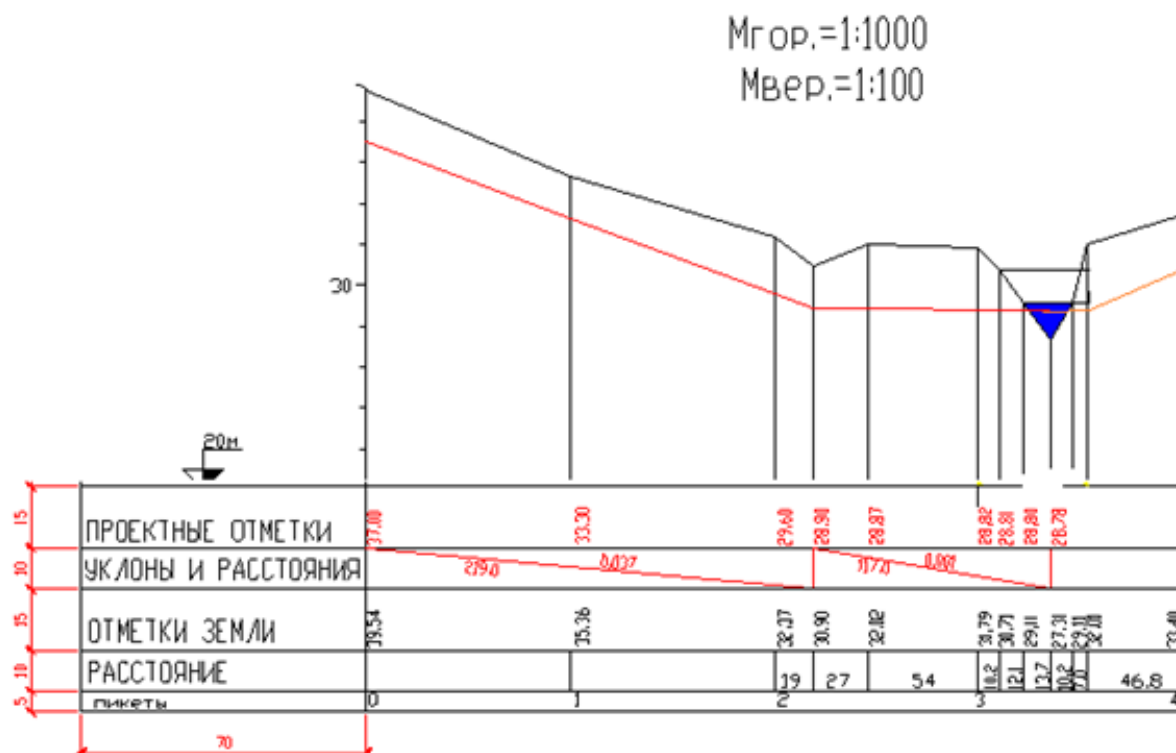


Рис. 35. Оформление естественного и проектного профилей трассы

Проектная линия представляет собой ломаную линию, состоящую из отрезков прямых, соединяющих две соседние точки с заданными проектными отметками. Каждый такой участок характеризуется определенным проектным уклоном. Места изменения уклонов называются точками переломов проектной линии. Высоты, уклоны и расстояния между смежными переломами связаны зависимостью:

$$i = \frac{H_1 - H_2}{d} = \frac{\Delta H}{d}, \quad (1)$$

где i - уклон проектной линии на заданном участке (в тысячных долях), d - горизонтальное расстояние между смежными переломами проектной линии, ΔH - превышение между проектными отметками смежных переломных точек.

Проектные отметки, относящиеся к переломам проектной линии, считаются основными, а все остальные отметки проектной линии – промежуточными. Таким образом, задавая значение проектного уклона, по формуле (1) можно

подсчитать проектные отметки всех основных, например, H_2 , и промежуточных $H_{\text{пром}}$ точек:

$$H_2 = H_1 \pm \Delta H_{21} \quad (2a)$$

$$H_{\text{пром}} = H_{\text{осн}} \pm d \times i, \quad (2б)$$

где $H_{\text{пром}}$ - проектная отметка промежуточной точки; $H_{\text{осн}}$ - ближайшая основная проектная отметка (например, H_1 или H_2); d – расстояние от определяемой точки до ближайшего перелома проектной линии (м).

Промежуточные проектные отметки подсчитываются для всех пикетов. Далее вычисляются рабочие отметки для этих пикетов по формуле

$$h_{\text{раб}} = H_{\text{пром}} - H_3 \text{ (м)} \quad (3)$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка пикета (м); H_3 – отметка земли в той же точке (м).

Рабочие отметки пикетов характеризуют объем земляных работ (насыпь, выемка) для выноса в натуру заданного (проектного) уклона линии.

Проектная линия трассы проводится красным цветом, также красным цветом заполняются графы проектные отметки и уклоны. Синим цветом показывается прерывистый перпендикуляр, опущенный от точек нулевых работ до линии условного горизонта, и расстояния от него до ближайших точек профиля (рис. 35).

Разбивка круговой кривой трассы на местности сводится к определению пикетного положения трех ее точек: начала (НК), конца (КК) и середины (СК), а также составлению плана разбивки трассы. При трассировании измеряют правые по ходу углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \beta_n$ (рис. 37), вычисляют углы поворота трассы

$$\theta_{\text{п}} = 180^\circ - \beta_2$$

$$\theta_{\text{п}} = \beta_3 - 180^\circ$$

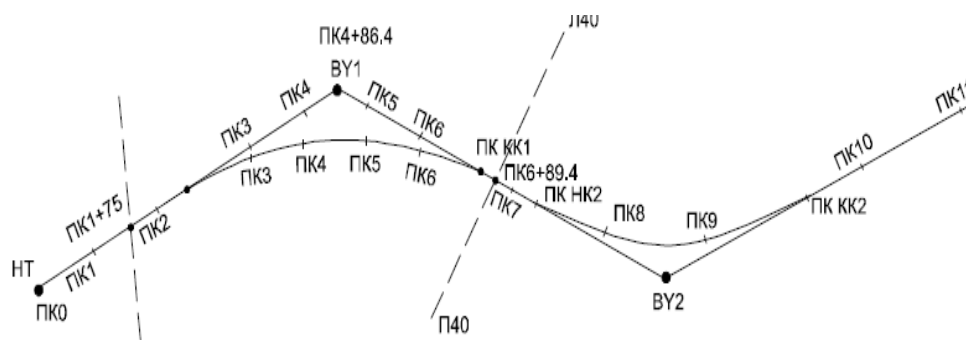


Рис. 36. План разбивки сопрягающей кривой трассы

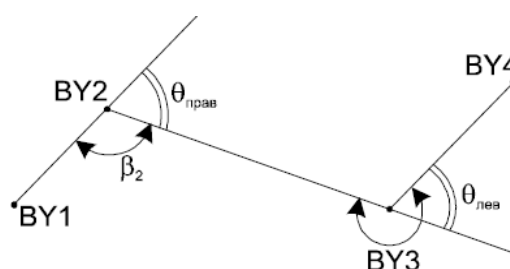


Рис. 37. Схема измерения углов для определения углов поворота

Радиус кривой задается в проекте и зависит от категории дороги, а также от угла поворота трассы. Угол поворота трассы вычисляют или снимают с плана и определяют элементы круговой кривой: Т, К, Д, Б. Пикетажное положение начала ПНК, конца НКК и середины кривой ПСК вычисляют

$$\text{ПНК} = \text{ПВУ} - Т;$$

$$\text{ПКК} = \text{ПНК} + К;$$

$$\text{ПСК} = \text{ПНК} + К/2$$

Контроль: $\text{ПКК} = \text{ПВУ} + Т - Д$.

Для представления о рельефе вдоль трассы по ее ширине на косогорных участках разбивают поперечники, т.е. по обе стороны трассы на расстоянии 15-20 м (в зависимости от характера склона и типа трассы) определяют отметки и строят поперечные профили. Поперечники назначают на таком расстоянии друг от друга, чтобы местность между ними имела однообразный уклон. Если уклон больше 11° , то поперечники разбивают на всех пикетажных и плюсовых точках.

При проектировании трассы переломы в вертикальной плоскости сопрягают вертикальными кривыми (рис. 37).

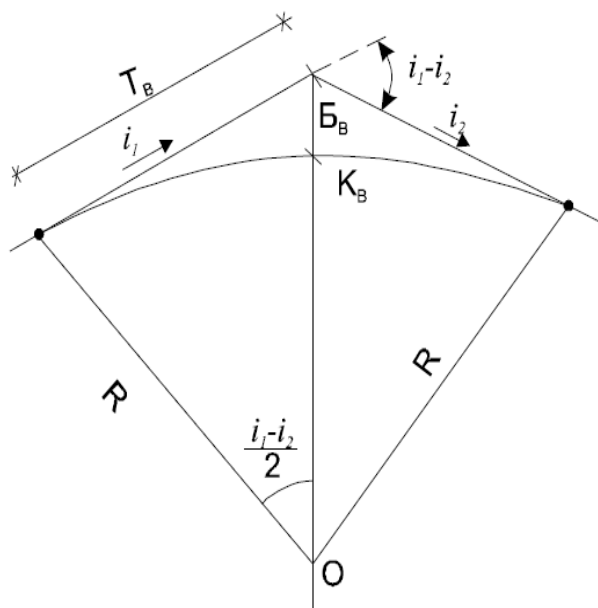


Рис. 37. Схема вертикальной кривой

$$K_e = R_e (i_1 - i_2),$$

$$T_e = R_e (i_1 - i_2)/2,$$

$$B_e = \sqrt{T_e^2 + R_e^2} - R_e.$$

Вертикальные кривые проектируют в случае, если выполняется условие

$$(i_1 - i_2) > \sqrt{0,4/R_e}.$$

Существует несколько способов детальной разбивки кривых: прямоугольных координат, углов, хорд, вписанного многоугольника. Рассмотрим способ прямоугольных координат. За ось абсцисс принимают линию тангенса (касательную), за начало координат - начало кривой.

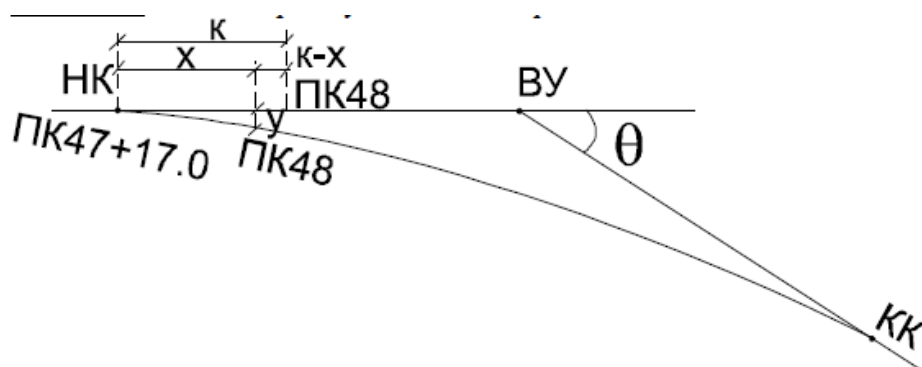


Рис. 38. Вынос точек на кривую способом прямоугольных координат

Задавшись удалением промежуточной точки кривой К от начала координат, находят центральный угол Ψ по формуле:

$$\Psi = K \cdot \rho / R,$$

а по нему вычисляют прямоугольные координаты точек 1, 2, ..., n

$$x_i = R \sin(i \cdot \Psi),$$

$$y_i = R (1 - \cos(i \cdot \Psi)),$$

где i – текущий номер точки кривой.

План трассы составляют в масштабе 1:10000 или 1:5000 по координатам углов поворота или по азимутам и длинам сторон. На план наносят знаки крепления трассы, начало и конец трассы, километровые пикеты, на закруглениях подписывают элементы кривых, на прямых вставках подписывают длину и азимут.

Примеры выполнения заданий.

Задание 1. Допустим, что заданное значение проектного уклона линии i равно 0,02 (т.е. 2% или 20‰ промиле) при ее длине $d = 168,25$ м. Рассчитать значения основных высот пикетов.

Решение. Согласно (1) перепад высот ΔH между основными проектными отметками, относящимися к переломам проектной линии, будут равны

$$\Delta H = i \cdot d = 0,02 \cdot 168,25 = 3,36 \text{ (м)}.$$

Пусть $H_1 = 76,88$ м, тогда проектная отметка H_2 для линии заданного уклона 0,02 будет равна (2а)

$$H_2 = H_1 \pm \Delta H = 76,88 + 3,36 = 80,24 \text{ (м)}.$$

При этом знак «+» соответствует положительному уклону +0,02 (на подъем), знак «-» соответствует отрицательному уклону - 0,02 (на спуск), тогда

$$H_2 = 76,88 - 3,36 = 73,52 \text{ (м)}.$$

Рабочая отметка между проектной отметкой H_2 и ее естественной отметкой H_3 вычисляется по формуле (3).

Задание 2. Рассчитать элементы круговой кривой, если угол поворота θ равен $48^{\circ}26'$, радиус кривой $R = 200$ м.

Решение.

тангенс $T = R \cdot \operatorname{tg}(\theta/2) = 200 \cdot \operatorname{tg} 48,433 = 86,667$ м,

биссектриса $B = \sqrt{(T^2 + R^2)} - R = \sqrt{(86,667^2 + 200^2)} - 200 = 17,971$ м,

длина кривой $K = \pi \cdot R \cdot \theta^{\circ}/180^{\circ} = 168,978$ м,

домер $D = 2T - K = 4,356$ м.

8. Геодезические работы при возведении наземной части зданий

При строительстве многоэтажных зданий принята следующая технологическая схема производства геодезических работ:

1. Построение на строительной площадке сети полигонометрии, связанной с городской геодезической основой.
2. Вынесение в натуру от пунктов полигонометрии главных и габаритных осей здания.
3. Детальные разбивочные работы при возведении подземной части здания (нулевого цикла).
4. Построение на фундаментной плите - исходном горизонте - опорной геодезической сети, называемой базовой сетью.
5. Проектирование пунктов с базовой сети на монтажные горизонты, создание на ярусах опорных каркасных сетей.
6. Поярусное развитие разбивочных сетей, детальная разбивка для монтажа строительных конструкций.
7. Поярусная исполнительная съемка установленных конструкций.

Чаще всего вокруг проектируемого здания прокладывают замкнутый полигонометрический ход 2 разряда. Координаты пунктов этого хода вычисляют в той же системе, в которой заданы проектные координаты главных осей. От пунктов полигонометрии способом полярных координат выносят главные и габаритные оси здания, закрепляя их железобетонными знаками вне зоны строи-

тельных работ. Эти знаки используют для производства разбивочных работ нулевого цикла. Для измерения длин обычно применяют инварные проволоки или рулетки высокого класса точности. Рекомендуется для строительства высотных зданий стороны измерять со средней квадратической ошибкой 0,3-0,5 мм (1:50000).

По мере возведения цокольной части и стен здания возникает необходимость переноса строительных осей и отметок на фундаменты возводимого здания. С помощью геометрического нивелирования на цокольной части здания создается нулевой горизонт, который не является горизонтом “чистого пола” первого этажа. *Горизонт “чистого пола”* первого этажа несколько возвышается над цоколем и плоскостью подвального перекрытия. Поэтому нивелированием выносят отметку условного уровня, который в практике строительства носит название *исходного горизонта*. Сети на исходном горизонте по мере возведения здания используют как опорные для передачи их координат на монтажные горизонты. *Монтажным горизонтом* называется условная плоскость, находящаяся в нижнем уровне основания монтируемых элементов конструкций.

Для обеспечения монтажа конструкций в многоэтажных зданиях или многоярусных сооружениях на монтажные горизонты должны быть вынесены опорные точки, закрепляющие оси на исходном горизонте. Такие точки на монтажном горизонте образуют сеть геодезического обоснования. Разбивочные оси на этажи или монтажные горизонты переносят разными способами.

Способ наклонного проецирования.

В технических условиях монтажа крупнопанельных зданий основные разбивочные оси рекомендуется переносить при помощи теодолита, тщательно центрируемого над сохранившимися створными знаками. При этом сначала наводят трубу на соответствующую риску, закрепляющую ось на цоколе, затем, поднимая трубу в вертикальной плоскости, переносят оси наверх смонтированной части здания. Ось отмечают карандашом в виде риски на лицевой поверхности наружных элементов и переносят на перекрытие при помощи отвеса.

В практике строительства зданий высотой до 9-ти этажей иногда применяют способ передачи осей. Выносят створные линии по наружным продольным стенам на равное расстояние (15-20 м) от монтируемого здания и забивают колышки, потом на середине между этими колышками забивают осевой колышек Б, фиксирующий среднюю продольную ось. Над этим колышком центрируют теодолит, затем ось переносят на этаж, применяя вышерассмотренный способ. Таким же образом средняя продольная ось переносится на здании с другой стороны.

Способ прямой засечки.

Имеет место и третий способ переноса осей снизу вверх, при котором створные точки нужны только в начале строительства для переноса межсекционных осей на смонтированную цокольную часть здания. На цоколе оси отмечают яркой устойчивой краской для сохранения их до конца строительства. Затем точки осей с цоколя могут быть переданы наверх теодолитом способом прямой засечки с двух произвольно выбранных станций. При этом теодолит совершенно не центрируют на станции, что уменьшает ошибку в переносе осей и ускоряет процесс переноса. В некоторых случаях точки осей с цоколя (если последний отстоит от плоскости стены на некотором расстоянии) передают вверх на специальные козырьки, где эти точки получают пересечением двух визирных (коллимационных) плоскостей.

Способ вертикального проектирования.

Сущность этого способа заключается в том, что опорную точку, расположенную на исходном горизонте, проектируют на монтажные горизонты сквозь специальные отверстия в перекрытиях. В зависимости от технологии монтажных работ вертикальный луч может проходить сквозь все монтажные горизонты или последовательно с одного монтажного горизонта на другой. Передача разбивочных осей на монтажный горизонт способом вертикального проектирования обеспечивает заданный проектом класс точности. Например, для здания высотой H , равной 40 метров, средняя квадратическая ошибка передачи осей составляет 0,6 мм. При использовании способа вертикального проектирования

необходимо предусматривать двухстороннюю связь между исполнителями, находящимися на монтажном и исходном горизонтах.

Внутренней высотной основой при возведении многоэтажных зданий служат реперы (марки), заложенные в конструкцию фундамента или первого этажа. Эти реперы в период возведения здания называют основными. Для обеспечения контроля за сохранностью высотного положения реперов число их на здании должно быть не менее трех. Передачу отметок на основные реперы здания производят геометрическим нивелированием с пунктов (реперов) внешней разбивочной основы. В качестве высотного обоснования на монтажном горизонте служат рабочие реперы, отметки которых получают от реперов, расположенных на исходном горизонте. Одним из способов передачи отметки на монтажный горизонт является их передача при помощи двух нивелиров и рулетки (рис. 40). Отметка рабочего репера будет вычислена по формуле:

$$H = H_{Pn} + a + (b_2 - b_1) - c.$$

Передача отметок на монтажный горизонт.

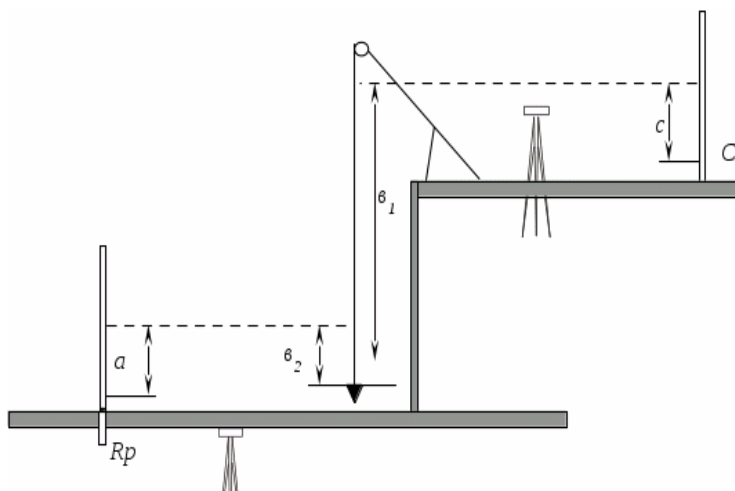


Рис. 40. Передача отметок на монтажный горизонт

При подготовке к монтажу производят контроль геометрических параметров сборных конструкций и их разметку. Для плоских элементов измеряют длину, ширину, диагонали и толщину детали. При измерениях используют стальные компарированные рулетки с миллиметровыми делениями. Для фиксации граней применяют уголковые фиксаторы. Погрешности измерений не

должны превышать 0,2 допуска на отклонение конструкции от проектного размера. Результаты измерений сравнивают с проектными размерами и вычисляют отклонения.

После предварительной установки и временного закрепления конструкции выполняется выверка конструкций, т.е. введение ее небольшими перемещениями в проектное положение. Точность установки сборного элемента в проектное положение зависит от вида конструкции, типа сооружения и регламентируется в СНиП III-16-80 «Бетонные и железобетонные конструкции сборные». Допустимое смещение оси колонны в нижнем сечении относительно разбивочной оси ограничено величиной 5 мм, а отклонение оси колонны в верхнем сечении относительно разбивочной оси при высоте колонны до 8 м - величиной 20 мм.

Перед монтажом колонн проверяют их размеры и наносят риски, облегчающие установку колонны в стакан фундамента или на оголовки подколонников. Колонну, установленную в стакан фундамента, центрируют до совпадения рисок с рисками на верхней плоскости фундамента. Для проверки вертикальности колонны два теодолита располагают под прямым углом к цифровой и буквенной осям зданий. При этом визирную ось теодолита совмещают с рисками, нанесенными на стакане в нижней части колонны, а затем, плавно поднимая трубу теодолита, - с риской у верхнего конца колонны. Расстояние теодолита от выверяемой колонны принимают таким, чтобы при максимальном подъеме трубы угол ее наклона не превышал 30° - 35° (рис. 41).

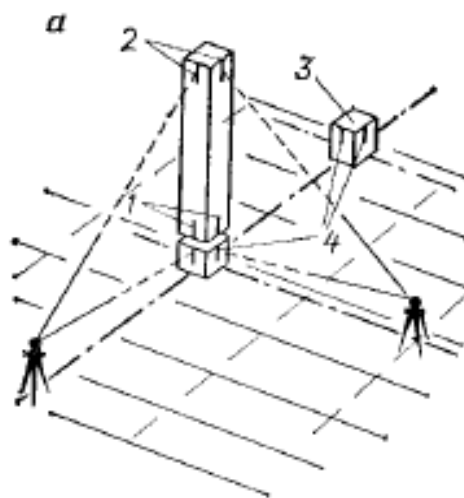


Рис. 41. Схемы выверки колонн и панелей

Плоскости на торцах колонн или консолях колонн нивелируют по маркированным отметкам, или по рейке, подвешенной к нивелируемой плоскости. Если есть отклонения, то головки колонн наращивают. Выверенные колонны закрепляют в стакане фундамента.

Для более надежного и точного контроля монтажа колонн, а также для обеспечения необходимой точности последующих монтажных работ по установке подкрановых путей выносят общие для всего здания по оголовкам ряда колонн продольные и поперечные оси. Если колонны будут установлены вертикально, то продольные и поперечные оси пройдут через центр их оголовков, а при наклоне колонн будут отмечены смещения геометрических центров от проектных точек пересечения осей. При помощи составленной исполнительной схемы устанавливают размеры этих смещений и при необходимости положения колонн рихтуют.

При плановой исполнительной съемке колонн определяют отклонения оси колонны от продольной и поперечной осей здания. Отклонения колонны определяют методом бокового нивелирования (рис. 42).

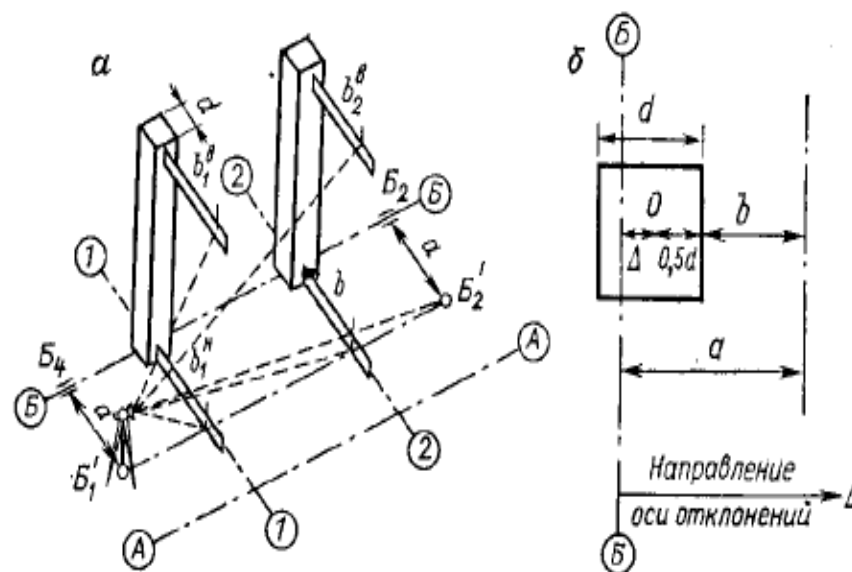


Рис. 42. Плановая исполнительная съемка колонн:

а - схема бокового нивелирования; б - исполнительный чертеж

Для контроля и повышения точности измерений толщину колонны измеряют по двум противоположным граням, а отсчеты по рейкам берут по черной и красной сторонам рейки. За окончательное значение принимают среднее. Аналогично производят съемку вдоль поперечных осей и определяют отклонения колонн от этих осей. Для контроля правильности выполнения съемки измеряют расстояния между колоннами и сравнивают их с аналогичными расстояниями по результатам съемки. Отметки опорных поверхностей - определяют геометрическим нивелированием.

Примеры контрольных тестов

1. При возведении монолитных фундаментов сначала их оси переносят в котлован от

опалубки,

детальных осей сооружения,

основных осей сооружения.

2. Свайные фундаменты применяют в котлованах

с любыми грунтами, со слабыми грунтами, с твердыми грунтами.

3. Нулевой горизонт создается

*на первом этаже здания,
на цокольной части здания,
на репере разбивочной сети.*

4. Условная плоскость, находящаяся в нижнем уровне основания монтируемых элементов конструкций, называется

*монтажным горизонтом,
горизонтом чистого пола,
исходным горизонтом.*

5. При возведении промышленных сооружений сложной конфигурации, разбивочную сеть на исходном горизонте целесообразно создавать методом

трилатерации, полигонометрии, триангуляции.

9. Наблюдения за деформациями сооружений

В общем случае под термином «деформация» понимают изменение формы объекта наблюдения. В геодезической практике принято рассматривать деформацию как изменение положения объекта относительно первоначального. Деформации оснований сооружений происходят за счет взаимного перемещения частиц грунта и их сжимаемости. Основные факторы, влияющие на сжимаемость грунта:

- пористость и величина сжимаемой толщи;
- вес, размеры, форма и конструктивная жесткость фундамента;
- конструктивная жесткость, распределение давления по подошве фундаментов;
- тип и материалы несущих надфундаментных конструкций;
- природные факторы (способность горных пород к просадкам, пучение при замерзании и оттаивании водо-насыщенных пород, изменение влажности пород и уровня грунтовых вод и т.д.) и др.

Грунты основания (для жилых зданий) по степени сжимаемости условно делят на следующие виды:

- слабо сжимаемые, когда средняя измеренная осадка здания $S_{cp} \leq 5$ см;
- средне сжимаемые, когда $S_{cp} = 5-15$ см;
- сильно сжимаемые, когда $S_{cp} \geq 15$ см.

Различают следующие виды деформаций:

- перемещение фундаментов и всего сооружения вниз называют осадкой;
- набухания и усадки - деформации, связанные с изменением объема некоторых глинистых грунтов с изменением влажности и температуры;
- оседания - деформации земной поверхности, вызванные разработкой полезных ископаемых или изменением гидрогеологических условий;
- перемещение фундаментов и всего сооружения вверх называют подъемом или выпучиванием;
- перемещение в сторону - горизонтальным смещением, сдвигом сооружения.

Математическая характеристика осадок выражается величинами перпендикуляров, опущенных с начальной горизонтальной плоскости, образованной подошвой фундамента, до пересечения с деформированной поверхностью. В тех случаях, когда отрезки этих перпендикуляров равны, осадки называются равномерными, когда отрезки не равны, осадки называют неравномерными (рис. 43).

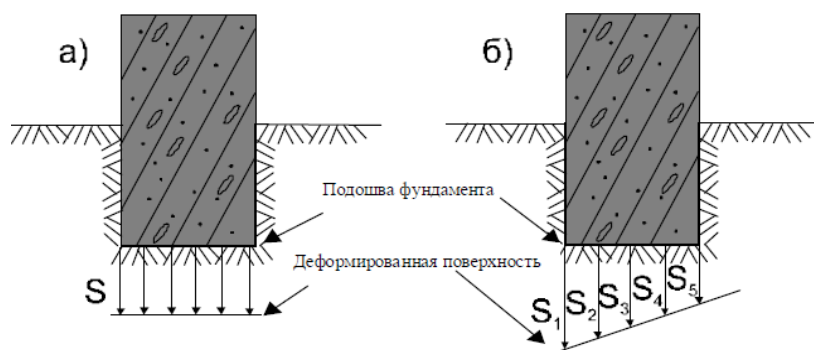


Рис. 43. а) равномерные осадки; б) неравномерные осадки

Таким образом, равномерные осадки могут происходить лишь в тех случаях, когда давление, вызываемое весом сооружения, и сжимаемость грунтов во всех случаях основания под фундаментом одинаковы.

Неравномерные осадки происходят, прежде всего, в результате различного давления частей сооружения и неодинаковой сжимаемости грунтов под фундаментом, что в свою очередь вызывает разного рода перемещения и деформации в надфундаментальных конструкциях.

В действительности равномерных осадок на сжимаемых грунтах почти не бывает, так как геологическое строение основания и в вертикальном, и в горизонтальном направлениях даже на незначительных площадях неоднородно. Равномерные осадки не снижают прочности и устойчивости сооружений, но большие по величине равномерные осадки могут вызвать при эксплуатации сооружения осложнения и способствовать появлению новых деформаций. В том случае, когда сжимаемость грунтов под фундаментом неодинаковая или нагрузка, приходящаяся на грунт, различная, возникают деформации - смещения, кручения, которые внешне проявляются в виде трещин и даже разломов.

В соответствии со СНиП вертикальные деформации оснований зданий и сооружений подразделяются на осадки и просадки.

Осадки - деформации (уплотнение грунтов под нагрузкой в связи с уменьшением их пористости), вызывающие вертикальное перемещение всего сооружения вниз под воздействием его веса. При расчете осадок следует различать конечную (стабилизированную) осадку, соответствующую полному уплотнению грунта основания, и нестабилизированную, изменяющуюся во времени и соответствующую незавершенному процессу уплотнения грунта.

Просадки - деформации, носящие провальный характер и вызываемые коренным изменением сложения грунта (например, уплотнением мелкопористого грунта при его замачивании, уплотнение рыхлых песчаных грунтов вследствие сотрясения, оттаиванием мерзлых грунтов, выпиранием грунта из под сооружения).

Деформации основания характеризуются:

1) абсолютной (полной) осадкой отдельных точек фундамента, определяемой измерениями. Абсолютная или полная осадка S каждой отдельной точки сооружения вычисляется как разность отметок начального H_0 и текущего H_i цик-

лов измерений, определенных относительно отметки исходной точки, принимаемой за неподвижную,

$$S = H_0 - H_i,$$

2) Средней осадкой здания или сооружения $S_{\text{ср}}$, определяемой вычислением по данным фактических осадок не менее чем трех отдельных фундаментов, расположенных в пределах здания или сооружения (вычисляется только при мало изменяемой сжимаемости основания)

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n S}{n},$$

где n - число наблюдаемых точек.

Одновременно со средней осадкой для полноты общей характеристики указывают наибольшую S_{max} и наименьшую S_{min} осадки точек сооружения.

3) Разностью осадок ΔS двух точек i и j или двух (m -го и n -го) циклов наблюдений вычисляются соответственно по формулам:

$$\Delta S_{ij} = S_j - S_i,$$

$$\Delta S_{m,n} = S_n - S_m.$$

4) Послойной деформацией ΔS_z грунтов основания или толщи тела сооружения мощностью z определяется как разность осадок точек, закрепленных в кровле и подошве слоя грунта сооружения:

$$\Delta S_z = S_{\text{кр}} - S_{\text{под}}.$$

5) Перекосом конструкций (для относительно жестких зданий и сооружений), измеряемым максимальной разностью неравномерных осадок двух соседних опор, отнесенной к расстоянию между ними.

6) Креном (для абсолютно жестких зданий и сооружений), представляющим наклон или поворот основных плоскостей всего сооружения в результате неравномерных осадок, без нарушения его цельности и геометрических форм. В строительной практике различают крен сооружения, который характеризуется отклонением его вертикальной оси от отвесной линии и выражается в угловой,

линейной или относительной мере, и крен фундамента, понимаемый как отклонение плоскости его подошвы от горизонта и выражаемый в линейной или относительной мере. Для оценки устойчивости сооружений более наглядной является характеристика крена, отнесенная к расстоянию L между точками i и j . Относительный крен K (соответственно - завал и перекося) вычисляется

$$K = (S_j - S_i)/L.$$

7) Относительным прогибом (или перегибом) фундамента, представляющим частное от деления величины стрелы прогиба на длину изогнувшейся части здания или сооружения. Симметричный относительный прогиб f отдельных частей сооружения вычисляется по формуле:

$$f = 2S_K - (S_j - S_i)/2L,$$

где S_i и S_j - осадки точек i и j , фиксированных на краях прямолинейного участка сооружения длиной L ; S_k - осадка точки K , расположенной в середине между точками i и j ; направление прогиба определяется знаками: плюс - при выпуклости, минус - при вогнутости.

8) Кручением здания, представляющим сложную деформацию - поворот его параллельных поперечных сечений вокруг продольной оси в разные стороны и на разные углы.

9) Горизонтальным смещением Q отдельной точки сооружения, который характеризуется разностью ее координат X_n, Y_n, X_m, Y_m соответственно в n -ном и m -ом циклах наблюдений. Положение осей координат, как правило, совпадает с главными осями сооружений. Вычисляют смещения по формулам:

$$Q_x = X_n - X_m,$$

$$Q_y = Y_n - Y_m.$$

10) Трещинами, представляющими разрывы в отдельных конструкциях сооружения и возникающими вследствие неравномерных осадок и дополнительных напряжений.

Измерение величины деформации за выбранный интервал времени характеризуется средней скоростью деформации $v_{\text{ср}}$. Так, например, средняя ско-

рость осадки исследуемой точки за промежуток времени t между двумя циклами i и j измерений определяется по формуле:

$$v_{\text{ср}} = (S_j - S_i)/t,$$

где $(S_j - S_i)$ - осадка точки за промежуток времени между двумя циклами.

Различают среднемесячную скорость, когда t - это число месяцев, и среднегодовую, когда t - это число лет. За какое время рассчитывается средняя скорость - определяется задачами мониторинга и графиком его наблюдений.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению величин деформации и причин их возникновения. Наблюдения непосредственно за сооружением начинаются с момента начала его возведения и продолжаются в течение всего строительного периода. Для большинства крупных сооружений наблюдения проводятся и в период их эксплуатации. В зависимости от характера сооружений, природных условий наблюдения могут быть закончены при прекращении деформации, а могут и продолжаться весь период эксплуатации.

На каждом этапе возведения или эксплуатации сооружения наблюдения за его деформациями производят по календарному плану. Такие наблюдения, проводимые через определенные промежутки времени, называются систематическими. Если появляется какой-либо фактор, приводящий к резкому изменению обычного хода деформации (изменение нагрузки на основание, температуры окружающей среды и самого сооружения, уровня грунтовых вод, землетрясением и др.), выполняют срочные наблюдения. Для выявления причин деформаций организуют специальные наблюдения за изменением состояния и температурой грунтов и подземных вод, температурой сооружения, за изменением метеоусловий и т.п. Ведется учет изменения строительной нагрузки и нагрузки от установленного оборудования.

Для производства наблюдений используют специальный проект, который составляется специализированной организацией. Он включает в себя:

- техническое задание на производство работ;

- общие сведения о сооружении, природных условиях и режиме его работы;
- схему размещения опорных и деформационных знаков;
- принципиальную схему наблюдений;
- расчет необходимой точности измерений;
- методы и средства измерений;
- рекомендации по методике обработки результатов измерений и оценке состояния сооружения;
- календарный план наблюдений;
- состав исполнителей, объем работ и смету.

От правильного выбора точности и периодичности наблюдений зависят методы и средства измерений, затраты на их производство и достоверность получаемых результатов. Точность и периодичность измерений указываются в техническом задании на производство работ или в нормативных документах.

Выбор времени между циклами измерений зависит от вида сооружения, периода его работы, скорости изменения деформации и других факторов. В среднем в строительный период систематические наблюдения выполняют один-два раза в квартал, в период эксплуатации - один-два раза в год. При срочных наблюдениях их выполняют до и после появления фактора, резко изменяющего ход деформации.

Применяемые для мониторинга деформаций геодезические знаки различаются по назначению:

- опорные знаки служат исходной основой, относительно которой определяются смещение деформационных знаков. Закрепляются они с расчетом на устойчивость и длительную сохранность.
- вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат от опорных знаков к деформационным.
- деформационные знаки закрепляются непосредственно на исследуемом здании и сооружении и, перемещаясь вместе с ним, характеризуют изменение его положения в пространстве.

В зависимости от целей наблюдений, а также геологических и гидрогеологических условий, используются следующие типы геодезических знаков:

1. Реперы - исходные знаки высотной основы.

Глубинные (незаиляемые трубчатые, свайные и др.), фундаментальные (железобетонные, трубчатые, скальные и др.), грунтовые или рабочие (бетонные, трубчатые и др.) и стенные (из литья, изготовленные в мастерских и др.).

2. Осадочные марки - для наблюдений за осадками фундаментов зданий, промышленных и гидротехнических сооружений (стенные закрытые, шкаловые, магнитные, плитные, цокольные, боковые, кордонные, трубомарки, поверхностные, временные, стенные открытые).

3. Глубинные марки - для измерения деформаций в основаниях земляных и бетонных сооружений. Трубчатые, железобетонные плиты-марки, металлические плиты -марки, камерные, закладные (укороченные) и др.

4. Поверхностные марки - для измерения осадок и просадок дневной поверхности. Грунтовые, поверхностные временные и др.

Деформационные знаки закрепляются непосредственно на конструкциях. Для большинства осадочных реперов характерно наличие сферической головки, на которую подвешивается или устанавливается нивелирная рейка (рис. 44).



Рис. 44. Опорные и деформационные знаки

Вокруг основной трубы сооружается защитная труба. Пространство между основной и защитной трубами в нижней части заполняется битумом, а в

верхней - легким теплоизоляционным материалом. Знак закрывается крышкой. От правильности расположения и числа знаков во многом зависят качество, полнота и достоверность выявленных деформаций.

Опорные знаки необходимо размещать вне зоны возможных деформаций. Их число должно быть не менее трех, чтобы обеспечить взаимный контроль за устойчивостью. Расположение деформационных знаков на сооружении зависит от многих факторов: от цели проведения работ, вида деформации, конструкции сооружения в целом и его отдельных элементов, инженерно-геологических условий.

Исходную высотную основу размещают: в стороне от проездов, подземных коммуникаций, складских и других территорий, где возможны вибрации от движения транспорта; вне зоны распространения давления на грунт от возводимого здания или сооружения; вне зоны влияния других вновь строящихся зданий и сооружений. В то же время исходная высотная основа должна находиться не дальше 150 м от сооружения.

Пункты опорной сети служат исходной основой, определяющей неизменность основной схемы измерений. Их закрепляют вне зоны деформаций. Вспомогательные пункты являются связующими в схеме измерений и используются для передачи плановых координат от опорных пунктов к деформационным знакам. В каждом цикле измерений проверяют устойчивость вспомогательных пунктов. Обязательными условиями при закреплении деформационных знаков являются: жесткая связь с фундаментом сооружения и наблюдаемыми строительными конструкциями; доступность для производства геодезических работ; безопасность от механических повреждений.

Согласно ГОСТу 24846-81 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений» требования к точности определения осадок или горизонтальных смещений характеризуются СКО:

1 мм - для сооружений, возводимых на скальных и полускальных грунтах;

3 мм - для сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

10 мм - для сооружений, возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах;

15 мм - для земляных сооружений.

На оползневых участках осадки измеряются со средней квадратической погрешностью 30 мм, а горизонтальные смещения - 10 мм.

Крены дымовых труб, мачт, высоких башен измеряются с точностью, зависящей от высоты H сооружения и характеризуются величиной $0,0005 \cdot H$.

Установить необходимую точность измерений деформаций расчетным путем довольно сложно, однако для многих практических задач используют

$$m_{\phi} \leq 0,2\Delta\Phi$$

где m_{ϕ} – средняя квадратическая погрешность измерения деформации;

$\Delta\Phi$ - величина деформации за промежуток времени между циклами измерений.

Геодезический мониторинг имеет свои особенности в зависимости от типа промышленных сооружений. Рассмотрим геодезический мониторинг высотных, большепролетных и линейных сооружений.

Высотными являются здания и сооружения выше 75 м и более 25 этажей. В связи с тем, что надземная и подземная части здания могут подвергаться воздействию разных природных и техногенных факторов, наблюдения за деформациями должны проводиться отдельно для каждой составной части системы «фундамент - надземная часть». Различают следующие виды деформаций:

а) для основания и фундаментов: абсолютная осадка; средняя осадка; неравномерная осадка; относительная неравномерная осадка (разность вертикальных перемещений точек фундамента, отнесенных к расстоянию между ними); крен фундамента (отношение разности осадок крайних точек фундамента к ширине (или длине) фундамента); относительный прогиб (выгиб) (отношение стрелы прогиба (выгиба) к длине L однозначно изгибаемого участка фундамента); горизонтальные смещения (сдвиг);

б) для надземной части здания: отклонение от вертикали здания и отдельных строительных конструкций (осей колонн, стен лифтовых шахт и дру-

гих элементов); сжатие или усадка колонн и бетонных конструкций; раскрытие трещин (при их появлении), динамика их развития.

При выборе методов проведения мониторинга высотных зданий и сооружений в период строительства учитывают следующие факторы: колебание температуры, односторонний солнечный нагрев, ветровую нагрузку (внешние факторы), вибрацию, неравномерность нагрузки от функционирования передвижных подъемных устройств (техногенные факторы), стесненные условия для наблюдений внутри (сравнительно малые габариты фундамента) и вокруг строительного объекта. Для измерений следует выбирать время суток, в котором минимизированы влияния вышеуказанных внешних факторов воздействия. При расчете точности определения деформаций высотных зданий и сооружений должны выдерживаться следующие нормы точности: средняя квадратическая погрешность определения осадки высотного здания или сооружения не должна превышать 1 мм; средняя квадратическая относительная погрешность определения кренов высотных зданий и сооружений не должна превышать: при высоте зданий до 150 м (включительно) - $1/500$; свыше 150 м - $1/1000$. При мониторинге оснований высотных зданий и сооружений применяют геометрическое нивелирование коротким визирным лучом. При контроле отклонений от вертикали наземной части здания применяют способы определения крена путем нивелирования на исходном и монтажном горизонтах.

К уникальным большепролетным зданиям и сооружениям относятся здания и сооружения с конструкциями покрытия без промежуточных опор пролета свыше 60/100 м. При мониторинге большепролетных уникальных зданий и сооружений определяют следующие виды деформаций:

а) фундамент - несущие колонны: абсолютная осадка; средняя осадка; неравномерная осадка; относительная неравномерная осадка, отнесенная к расстоянию между ними; горизонтальные смещения (сдвиги);

б) опорный контур (ОК) пространственных конструкций: абсолютные и относительные планово-высотные деформации в характерных точках ОК; из-

менение геометрических характеристик контура в плане (диаметр, длины главных осей, длины сторон и т.д.); прогибы несущих элементов ОК;

в) несущие конструкции пролетной части пространственного покрытия (оболочка): изменение прогиба в характерных точках, в том числе расположенных по основным осям.

Одним из распространенных методов для массовых измерений вертикальных перемещений фундаментов на сильно сжимаемых, оттаивающих и просадочных грунтах является нивелирование III класса. Этот метод может с успехом применяться во всех случаях и для любого сооружения, если средняя скорость осадки его превышает 5 мм в месяц. При меньшей скорости осадок, которая обычно бывает в эксплуатационный период, этот метод по точности себя не оправдывает.

Примеры контрольных тестов.

1. Перемещения фундаментов и всего сооружения вниз называют *осадкой, усадкой, сдвигом, выпучиванием, оседанием, креном.*
2. Деформации, связанные с изменением объема некоторых глинистых грунтов с изменением влажности и температуры, называются *осадкой, сдвигом, оседанием, выпучиванием, набуханием и усадкой.*
3. Деформации земной поверхности, вызванные разработкой полезных ископаемых или изменением гидрогеологических условий, называются *оседанием, набуханием и усадкой, осадкой, сдвигом, выпучиванием и подъемом.*
4. Перемещения фундаментов и всего сооружения вверх называют *выпучиванием, набуханием и усадкой, осадкой, сдвигом.*

Рекомендуемая литература

1. Булгаков Н.П., Рывина Е.М., Федотов Г.А. Прикладная геодезия: учебник для вузов / Н. П. Булгаков, Е. М. Рывина, Г. А. Федотов. - Москва : Недра, 1990. - 416 с. - Библиогр.: с. 412.
2. Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Под ред. Михелева Д.Ш. - 4-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 480 с.
3. Поклад, Геннадий Гаврилович. Геодезия. - Москва: Акад. Проект, 2007.-589,[1] с.: ил., табл.; 25.-(Учебное пособие для вузов).-(Gaudeamus).- Библиогр.: с. 573-574 (27 назв.).-Предм. указ.: с. 575-580.-ISBN 5-8291-0781-3.
4. Поклад Г. Г., Гриднев С. П., Сячинов А. Н.: Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов - Москва: Акад. Проект, 2010.- 488., - (Учебное пособие для вузов, Гриф).-(Gaudeamus).- ISBN: 9785829112530.
5. Курошев, Герман Дмитриевич. Геодезия и топография: учебник для студентов высших учебных заведений/ Г.Д. Курошев, Л.Е. Смирнов.-3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2009. - 173 с.
6. Куштин И.Ф. , Куштин В.И. Инженерная геодезия: учебник для студентов высших учебных заведений/ И.Ф Куштин, В.И. Куштин - Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002.- 416 с. - ISBN: 5-222-02134-3.
7. Макаров К. Н. Инженерная геодезия: учебник для среднего профессионального образования / К. Н. Макаров. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2018. - 348 с. - ISBN: 978-5-534-02424-1.
8. Федотов Г.А. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Строительствово" и специальностям "Автомобильные дороги и аэродромы", "Мосты и транспортные тоннели" / Г. А. Федотов. - Москва: Высшая школа, 2002. - 462, [1] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN: 5-06-004156-5.