

Глава 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

1.1. Этапы инженерно-геодезических работ при строительстве сооружений

1.1.1. Общие сведения об объектах строительства

Все объекты строительства можно разделить на следующие группы (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Основные объекты строительства

С другой стороны все объекты строительства подразделяют на *здания* и *инженерные сооружения*. Здания бывают жилые, общественные и производственные.

Инженерные сооружения принято подразделять на следующие основные группы [5]:

- промышленные и гражданские сооружения (мосты, электростанции, телебашни, аэропорты);
- гидротехнические сооружения: гидроэлектростанции (ГЭС), порты, каналы и др.;
- линейные сооружения: железные и автомобильные дороги, трубопроводы, линии электропередач и др.

Промышленные предприятия представляют собой комплекс сооружений, обеспечивающих выпуск определенной продукции: здания, в

которых осуществляется технологический процесс; здания энергообеспечения; склады; коммуникации и др. [19].

Промышленные здания делятся на одноэтажные, многоэтажные, однопролетные и многопролетные. По конструкции в большинстве – это каркасные здания с перекрытиями в виде ферм или крупноразмерных балок. Вертикальными несущими элементами каркасных зданий являются *колонны*, которые устанавливаются на фундаменты. Расстояние между колоннами, расположенными по продольным осям, называется *пролетом*, а вдоль продольной оси – *шагом*. Связь колонн по продольной оси осуществляется с помощью *подстропильных ферм* и *фундаментных балок*. Поперечная связь обеспечивается *стропильными фермами*. Перекрытия и стены закрывают *панелями* [19].

Гражданские здания могут быть по своим конструктивным признакам каменно-кирпичными, монолитными, крупноблочными, крупнопанельными, каркасными, объемно-блочными (рис. 1.2). По этажности они подразделяются на малоэтажные (1–2 этажа), среднеэтажные (3–5 этажей), многоэтажные (6–12 этажей), повышенной этажности (13–22 этажа), высотные (выше 22 этажей). По конфигурации они могут быть односекционными (с 1 подъездом), удлиненные (более двух секций) и сложные (круглые, с разворотом и смещением секций, многогранники и т.п.).

Сложные конструктивные построения представляют собой *мостовые сооружения*, которые возводят в местах многоярусных автомобильных развязок, эстакадные сооружения линий метро и др. Основными их конструктивными элементами являются мостовые опоры и пролетные части [19].

Гидротехнические сооружения условно делят на три вида: водонапорные (дамбы и плотины), водопроводящие (каналы, тоннели, трубопроводы) и *регуляционные* (волнобои, льдозащитные стенки, системы углубления дна и берега) [19].

К *подземным коммуникациям* относятся сети водопровода, канализации, газоснабжения, теплофикации, водостока, дренажа, электро- и телефонные линии связи и др. [19].

Объектами планировки и застройки являются функциональные зоны: *селитебная* (жилые районы, общественные центры, зоны зеленых насаждений); *промышленная*; *коммунально-складская* (базы, гаражи, автобусные и троллейбусные парки, таксопарки, трамвайные депо); *внешнего транспорта* (пассажирские и грузовые станции, порты, пристани и др.). В основной состав геодезических работ в указанных зонах входит: составление и расчеты проекта *красных линий* (границ между всеми видами улиц и проездов и основными градообразующими элементами – функциональными зонами); составление плана организации рельефа и вынесение в натуру проекта организации рельефа; вынесение в натуру осей проездов, зданий и сооружений [19].

Линии электропередачи и связи делятся на кабельные (подземные) и воздушные. *Магистральные трубопроводы* предназначены для

транспортировки на дальние расстояния нефти, нефтяных продуктов, газа, воды. Они бывают подземными и наземными [19].

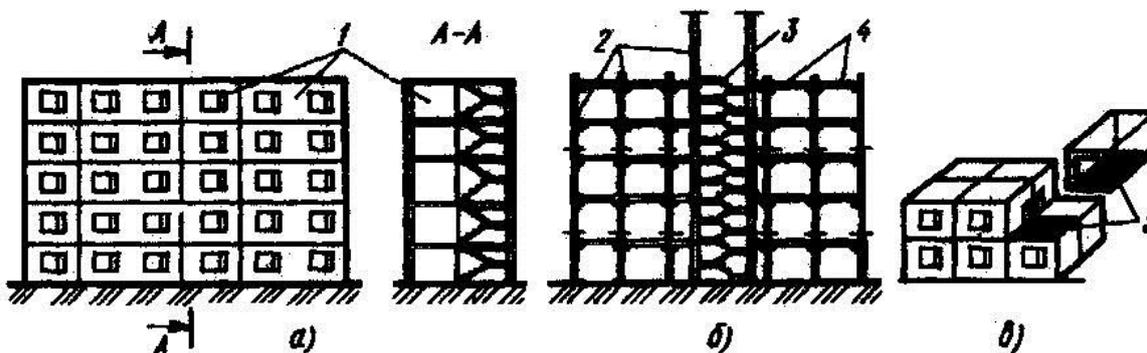


Рис. 1.2. Конструктивные схемы зданий [34]: а – крупнопанельного с несущими стенами, б – каркасного, в – объемно-блочного: 1 – панели стен, 2 – колонны, 3 – лестницы, 4 – ригели, 5 – объемный блок

1.1.2. Этапы инженерно-геодезических работ

Строительство любых инженерных сооружений ведётся в четыре этапа (рис. 1.3): 1) *изыскания*; 2) *проектирование*; 3) *строительство* и 4) *эксплуатация*. Этапам строительства сооружений соответствуют следующие виды (этапы) геодезических работ: *инженерно-геодезические изыскания* для строительства; *инженерно-геодезическое проектирование*; *разбивочные работы* (вынос проекта в натуру), *исполнительные съёмки*; геодезические работы по изучению деформаций сооружений и их оснований – *мониторинг объектов*.

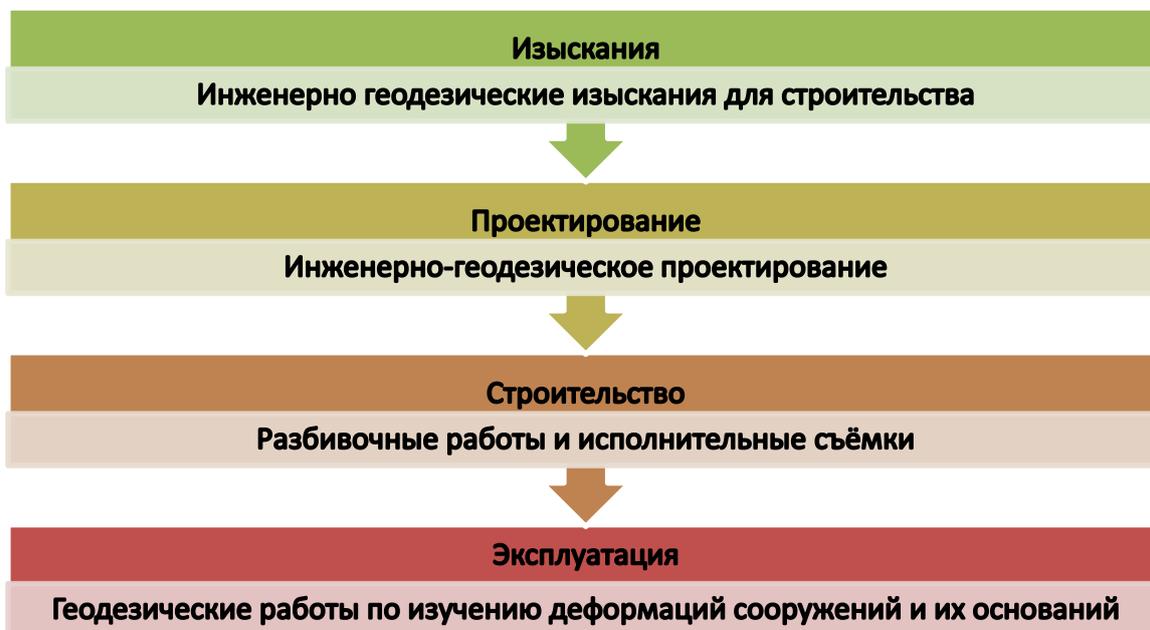


Рис. 1.3. Этапы инженерно-геодезических работ при строительстве инженерных сооружений

1.2. Виды технических изысканий

Изыскания – комплекс специальных работ, проводимых для проектирования, строительства и эксплуатации сооружения. Изыскания подразделяются на экономические и технические (инженерные). Экономические изыскания обычно предшествуют техническим. *Экономические* изыскания проводят с целью определения экономической целесообразности строительства сооружения в конкретном месте с учетом обеспеченности его строительными материалами, сырьем, транспортом, водой, энергией, рабочей силой и т. п. *Технические* изыскания ведут для того, чтобы дать исчерпывающие сведения о природных условиях участка с целью наилучшего учета и использования их при проектировании и строительстве [8].

Таким образом, в ходе инженерных изысканий решаются следующие задачи [8]:

- изучение природных условий района строительства;
- прогноз взаимодействия объекта с окружающей средой;
- инженерная защита территории строительства.

Для оценки участка предполагаемого строительства проводят следующие изыскания: *инженерно-геодезические*, *инженерно-геологические*, *гидрогеологические*, *гидрометеорологические*, *климатологические*, *метеорологические*, *почвенно-геоботанические* и др. Первые три вида относят к основным изысканиям и выполняют на всех типах сооружений в первую очередь [8].

Состав работ основных технических изысканий приведён на рис. 1.4.

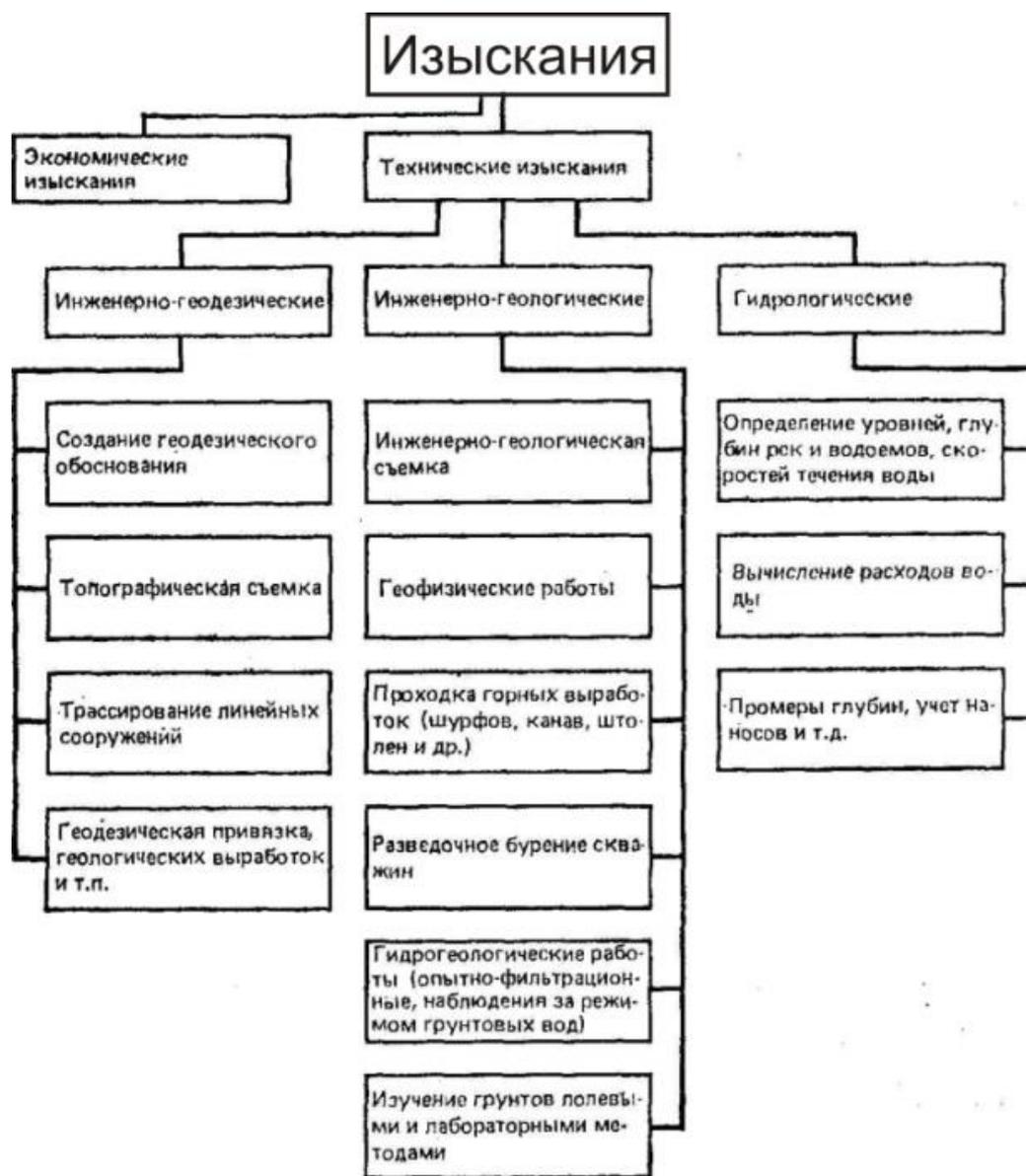


Рис. 1.4. Состав работ основных технических изысканий инженерных объектов [5]

Инженерно-геодезические изыскания для строительства магистральных нефтепроводов в полосе отвода и на переходах через препятствия обеспечивают получение топографо-геодезических материалов, содержащих сведения о рельефе и ситуации местности и дна пересекаемых водотоков и водоёмов, существующих сооружений [21]. Инженерно-геодезические изыскания служат основой как для проектирования, так и для проведения других видов изысканий и обследований. В процессе инженерно-геодезических изысканий выполняют следующие работы [27]:

- сбор и анализ имеющихся на район строительства топографо-геодезических материалов прошлых лет;
- создание планово-высотных съёмочных геодезических сетей;
- топографические съёмки (1:500 – 1:10000) на участке строительства;
- обновление топографических планов прошлых лет в масштабе 1:500 – 1:10000;
- подготовка цифровых моделей местности;

- трассирование линейных сооружений и закрепление трассы и её сооружений на местности;
- геодезические работы для проектирования реконструкции и технического перевооружения существующих зданий и сооружений, включая съёмки наземных и подземных сооружений (существующих дорог, гидромелиоративных систем);
- геодезическая привязка геологических выработок, гидрологических створов, точек геофизической разведки и др.

Инженерно-геологические изыскания обеспечивают комплексное изучение инженерно-геологических условий (включая геокриологические) на участках размещения технологических сооружений (НПС, объектов обустройства и др.), линейных сооружений магистральных нефтегазопроводов, переходов через препятствия, в том числе с применением метода наклонно-направленного бурения (ННБ) и микротоннелирования. При этом решают следующие задачи [21]:

- изучение геологического строения территории строительства;
- изучение сейсмотектонических, геоморфологических и гидрогеологических условий;
- определение состава, состояния и свойств грунтов;
- изучение геологических и инженерно-геологических процессов;
- составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий при взаимодействии проектируемых объектов с геологической средой с целью получения материалов для обоснования мероприятий инженерной защиты объекта строительства и охраны окружающей среды.

Состав работ при инженерно-геологических изысканиях приведен на рис. 1.4.

В ходе инженерно-гидрометеорологических изысканий получают сведения о климатических условиях территории, гидрологическом режиме рек и водоемов¹, пересекаемых трассой, прогноз их изменения в период строительства и эксплуатации с детальностью, необходимой для принятия обоснованных проектных решений. Полученные материалы должны быть достаточны для решения следующих задач [21]:

- выбор места перехода трассы через водный объект, выдача рекомендаций по организации строительства;
- выбор конструкций сооружений, их основных параметров;
- инженерная защита нефтегазопровода от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий;

¹ В процессе гидрометеорологических изысканий определяют характер изменения уровней, уклоны, изучают направление и скорости течений, вычисляют расходы воды, производят промеры глубин, ведут учет наносов, устанавливают стационарные наблюдения за характеристиками гидрологического режима, пересекаемых трассой объектов. Изучают русловые и пойменные деформации рек, опасные гидрометеорологические процессы и явления.

- оценка негативного воздействия нефтепровода на гидрологический режим водотока или водоёма и разработка природоохранных мероприятий.

Состав изыскательских работ в конкретном случае зависит от отнесения водного перехода к определенной группе сложности (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Условия пересечения водного объекта трассой магистрального нефтепровода [21]

| Группа сложности | Характеристика водного объекта |
|------------------|--|
| I | Ширина зеркала воды в межень ² для створа пересечения трассой до 30 м при средних глубинах до 1,5 м. |
| II | Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой от 31 до 75 м при средних глубинах более 1,5 м. |
| III | Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой менее 75 м, но ширина зоны затопления поймы при уровне 10 %-ной обеспеченности ³ 20-ти суточного стояния составляет более 500 м. Ширина зеркала воды в межень для створа пересечения трассой более 75 м. |

Инженерно-экологические изыскания. Выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенных воздействий при строительстве и эксплуатации нефтепровода, технологических сооружений и объектов обустройства с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных экологических последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения. В состав инженерно-экологических изысканий входят: оценка загрязненности компонентов окружающей среды, лабораторные химико-аналитические исследования, исследование и оценка радиационной обстановки, социально-экономические исследования, изучение почв, растительного покрова и животного мира и т.д. [21].

Различные виды сооружений, технология изысканий которых производится по общей схеме, могут быть объединены в две группы: *площадочные* и *линейные* сооружения. К площадным сооружениям относятся: населенные пункты, промышленные предприятия, аэропорты и т. п., к линейным – дороги, линии электропередач, трубопроводы и т. п.

1.3. Геодезические изыскания для линейных сооружений (трассирование)

1.3.1. Основные элементы трассы

При изысканиях для линейных сооружений проводят их трассирование.

² *Межень* – низкий уровень воды в реке, озере, а также период, когда сохраняется такой уровень [31].

³ *Обеспеченность (продолжительность)* – количество дней стояния данного уровня и всех уровней выше его, т.е. уровней, его обеспечивающих [15].

Трасса – линия, определяющая ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, топоплане, нанесенная на карте, или обозначенная системой точек в цифровой модели местности [27].

Ось трассы проектируемого сооружения – ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, или нанесённая на графический документ [7].

Трассирование линейных сооружений – комплекс проектно-изыскательских работ, выполняемых для выбора оптимального положения линейного сооружения на местности [27].

Геодезическое трассирование – комплекс геодезических работ по проложению трассы [7].

План – проекция трассы на горизонтальную плоскость.

Продольный профиль трассы – профиль местности⁴ по оси трассы проектируемого сооружения [7]. План и продольный профиль относят к *основным элементам трассы*.

План трассы (рис. 1.5) состоит из прямых участков разного направления, которые сопрягаются между собой кривыми с различными радиусами.

Степень искривления трассы определяется значениями углов поворота. *Углом поворота трассы* называют угол с вершиной, образованный продолжением направления предыдущей стороны и направлением последующей стороны [8].

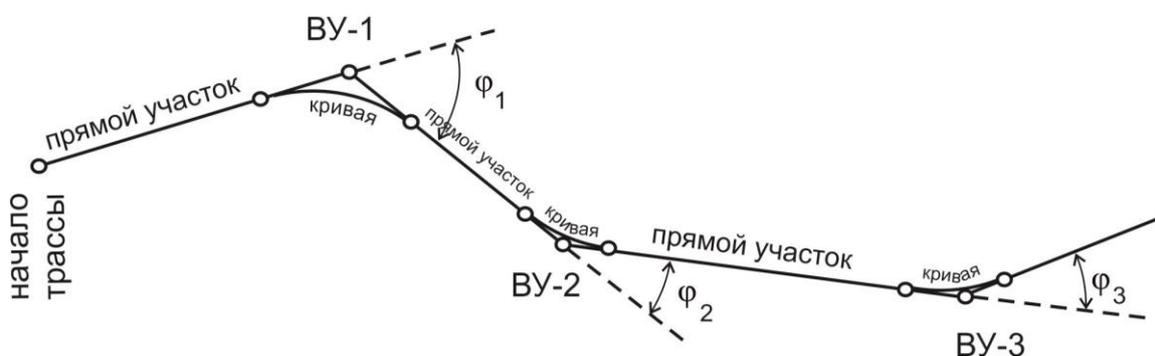


Рис. 1.5. План трассы : ВУ – вершина угла поворота трассы, φ – угол поворота

Прямолинейные участки трасс железных и автомобильных дорог, трубопроводов сопрягаются в основном⁵ круговыми кривыми. *Круговая кривая трассы* – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой дугу окружности [7]. На железных дорогах минимально допустимые радиусы 400...200 м, на автомобильных в зависимости от категории дороги – 600..60 м, на каналах – не меньше пятикратной ширины канала (ирригационные каналы) или шестикратной

⁴ *Профиль местности* – проекция следа сечения местности вертикальной плоскостью, проходящей через две точки, на эту плоскость [7].

⁵ *Переходная кривая трассы* – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой кривую переменного радиуса [7].

⁵ *Уклон местности* – тангенс угла наклона линии местности к горизонтальной плоскости в данной точке [7].

длины судна (судоходные каналы), на трассах трубопроводов $-1000 d$, где d – диаметр трубопровода [8].

Прямая вставка трассы – прямая часть оси трассы проектируемого сооружения, расположенная между двумя смежными круговыми или переходными кривыми [7].

Продольный профиль трассы состоит из линий различных уклонов, соединяющихся между собой вертикальными кривыми. *Вертикальная кривая трассы* – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой кривую, лежащую в вертикальной плоскости [7].

Важнейший элемент профиля трассы – ее *продольный уклон*⁶. Чтобы соблюсти определенный допустимый уклон особенно в сложной пересеченной местности, приходится не только отступать от прямолинейного следования трассы, но и увеличивать длину трассы (развивать трассу). Необходимость развития трассы чаще всего возникает в горной и предгорной местности [8].

В продольном профиле трассы должен обеспечиваться определенный *допустимый уклон*. Так, на трассах магистральных железных дорог I и II категорий уклон не должен превышать 0,012; а на дорогах местного значения 0,020; на горных дорогах, где применяется транспорт с усиленной тягой, уклоны могут достигать 0,030; на автомобильных дорогах уклоны колеблются от 0,040 до 0,090. На трассах ирригационных и водопроводных каналов уклоны, которые назначают из расчета получения так называемых неразмываемых и незаиляемых скоростей течения воды по каналу, составляют 0,001...0,002. На трассах напорных трубопроводов уклоны могут быть весьма значительными, а для ЛЭП они практически не имеют значения [8].

На некоторых трассах (электропередач, канализации) горизонтальные и вертикальные кривые не проектируют и трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

В зависимости от назначения трасса должна удовлетворять определенным требованиям к плановым и высотным параметрам, т.е. *техническим условиям на ее проектирование*. Так, для дорожных трасс основные требования – плавность и безопасность движения с расчетными скоростями. Поэтому на дорожных трассах устанавливают *минимально допустимые уклоны* и *максимально возможные радиусы кривых*. На самотечных каналах и трубопроводах необходимо выдержать проектные уклоны при допустимых скоростях течения воды [8].

Радиусы вертикальных кривых в зависимости от вида сооружения и направления кривой (выпуклая, вогнутая) колеблются в широких пределах – от 10000 до 200 м.

Оптимальную трассу находят путем технико-экономического сравнения различных вариантов. Если трассу определяют по топографическим планам

или аэрофотоматериалам, то трассирование называют *камеральным*⁷, если ее выбирают непосредственно на местности, то – *полевым*⁸ [8].

При трассировании различают *плановые и высотные (профильные) параметры*. К плановым параметрам относят:

- *углы поворота;*
- *радиусы горизонтальных кривых;*
- *длины переходных кривых;*
- *прямые вставки.*

Высотные параметры:

- *продольные уклоны;*
- *длины элементов в профиле;*
- *радиусы вертикальных кривых.*

В плане трасса линейного сооружения должна быть по возможности прямолинейной, так как всякое отклонение от прямолинейности приводит к ее удлинению и увеличению стоимости строительства, затрат на эксплуатацию [8].

В условиях реальной местности одновременно трудно соблюсти требования к плану и профилю, так как приходится искривлять трассу для обхода препятствий, участков с большими уклонами рельефа и неблагоприятных в геологическом и гидрогеологическом отношении [8].

Независимо от характера линейных сооружений и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности, не нарушая природной эстетики. По возможности трассу располагают на землях, которые имеют наименьшую ценность для народного хозяйства [8].

1.3.2. Технология изысканий линейных объектов

Методика, точность и порядок инженерных изысканий устанавливаются строительными нормами специальных документов, а именно:

- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
- СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
- РД 153-39.4Р-128-2002(ВСН). Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов.

Содержание и объем инженерных изысканий зависит от [8]:

- типа, вида и размеров проектируемого сооружения;
- местных условий и степени их изученности;
- стадии проектирования.

Инженерные изыскания для строительства магистральных

⁷ *Камеральное трассирование* – трассирование вариантов положения оси линейного сооружения, представленных в графической, цифровой или иных формах, выполняемое по картам, аэро- и космоснимкам и другим картографическим материалам [27].

⁸ *Полевое трассирование* – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерно-геодезических изысканий по проложению (трассированию) на местности линейного сооружения [27].

нефтепроводов проводятся в несколько *этапов* в соответствии со стадиями проектирования (рис. 1.6) [21].

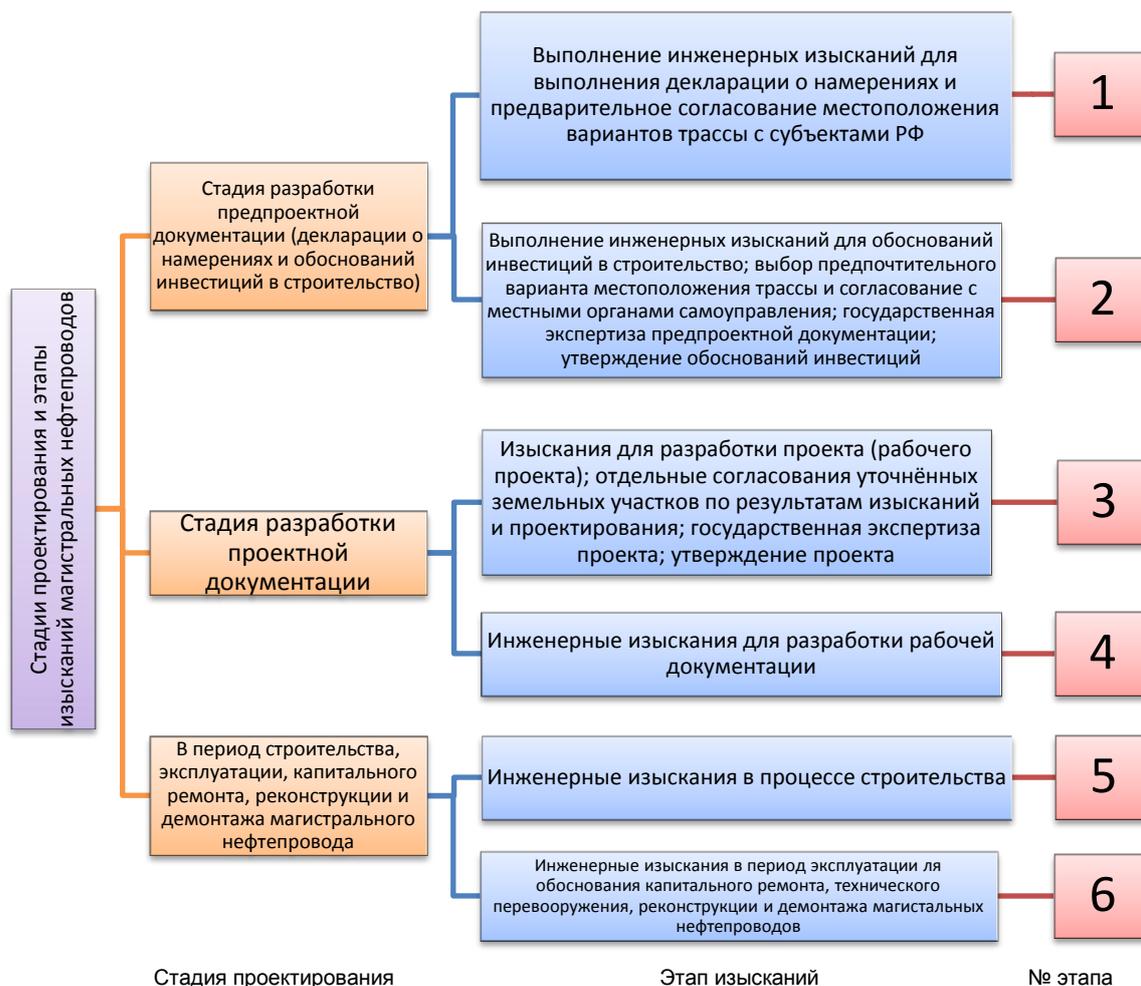


Рис. 1.6. Стадии проектирования и этапы инженерных изысканий магистральных нефтепроводов

1.3.2.1. Инженерно-геодезические изыскания

Выбор генерального направления трассы производят на первом этапе в ходе предварительных изысканий (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Технология геодезических изысканий линейных объектов

Основной метод – камеральное трассирование на основе мелкомасштабных карт (1:500000–1:1000000). Основная задача камерального трассирования для составления ГС состоит в том, чтобы обеспечить наикратчайшее расстояние трассы между начальной и конечной точками с учетом обхода или наилучшего пересечения естественных и искусственных препятствий. В связи с этим внимательно изучают границы распространения болот, участков многолетней мерзлоты, заповедников, зон охраны бассейнов крупных рек и озер, предварительно выбирают створы переходов через крупные судоходные реки и горные перевалы. Проектируют несколько трасс и по каждой из них составляют продольный профиль [29].

Путем технико-экономического сравнения выбирают наиболее выгодные варианты для дальнейшего обследования и разрабатывают техническое задание на проектирование. По возможности стремятся приблизить трассу к существующим железным и автомобильным дорогам, чтобы использовать их при строительстве и эксплуатации трубопровода.

Камеральное трассирование на стадии проекта заключается в переносе трассы утверждённого генерального направления на крупномасштабные карты (1:10000, 1:25000, реже 1:50000 и 1:100000) и в подготовке вариантов трассы для полевого и аэровизуального обследования [29].

Обязательной является съёмка переходов в русловой части в масштабе 1:500–1:4000, в пойменной – 1:1000–1:2000, площадок нефтеперекачивающих станций в масштабе 1:2000 [29].

В процессе выполнения топографо-геодезических работ выносят и закрепляют створы переходов через крупные естественные и искусственные преграды (железные и категорированные автомобильные дороги, реки...) [29].

По завершении работ по каждому из вариантов составляют продольные профили. В дальнейшем проводят анализ показателей по каждому варианту трассы [29].

Изыскания на стадии проекта выполняют с обязательным согласованием трассы с землепользователями, а мест перехода через водные препятствия – с заинтересованными организациями [29].

Для составления рабочего проекта трассы производят предпост-роечные полевые изыскания. В процессе полевых изысканий на основании проекта трассы и рекогносцировки местности определяют в натуре положение углов поворота и производят трассировочные работы: вешение линий, измерение углов и сторон хода по трассе, разбивку пикетажа и поперечных профилей, нивелирование, закрепление трассы, а также при необходимости дополнительную крупномасштабную съёмку переходов, пересечений, мест со сложным рельефом [34].

Съёмку участка перехода реки производят в масштабах 1:500–1:1000 с сечением рельефа через 0,5 м. Снимают оба берега и дно реки. Съёмку дна выполняют путём промера глубин по трём створам: главному и двум боковым, расположенным выше и ниже по течению на 50–60 м от оси.

1.3.2.2. Порядок работ при полевом трассировании

Исходными данными для полевого трассирования является плановое и высотное положение начальной точки трассы, а также начальное направление трассы (дирекционный угол, истинный или магнитный азимуты) [19]. Полевое трассирование включает в себя следующие работы (рис. 1.8):

- *вынос трассы в натуру*⁹ (вынос начальной точки и начального направления);
- разбивка пикетажа¹⁰;
- нивелирование трассы.

⁹ *Вынос трассы в натуру* – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерно-геодезических изысканий по проложению (трассированию) и закреплению на местности проектного положения оси линейного сооружения [7].

¹⁰ *Пикетаж трассы* – система обозначения и закрепления точек трассы [7].

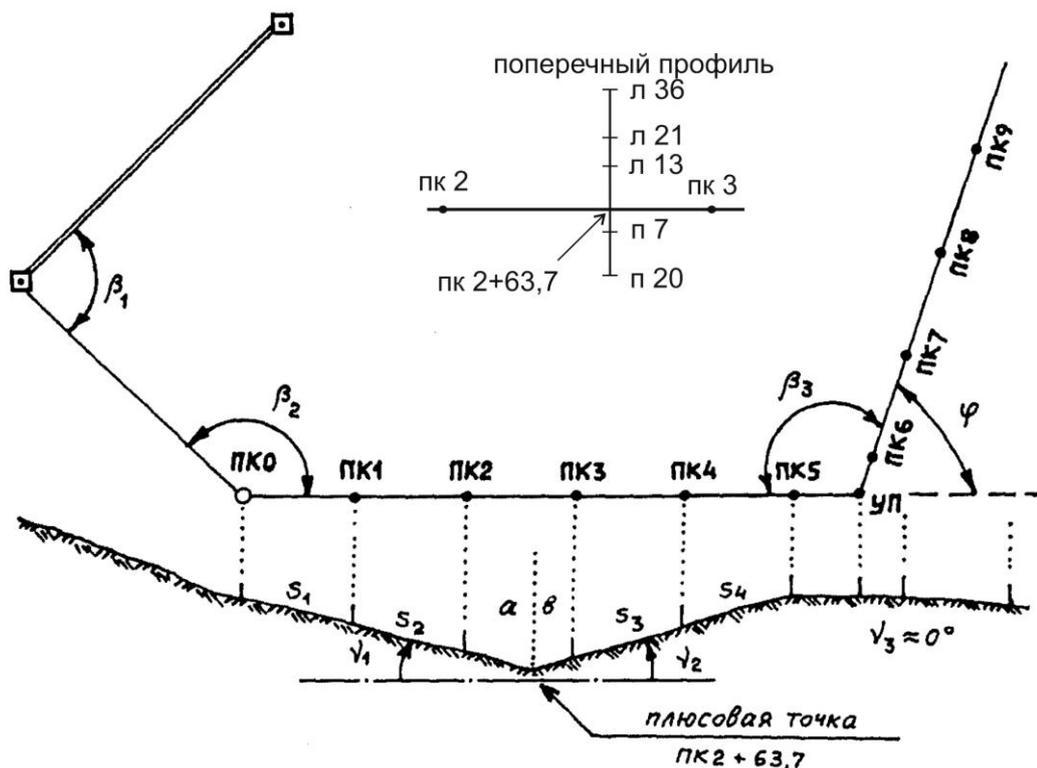


Рис. 1.8. Разбивка пикетажа [19]

Вынос трассы в натуру выполняют известными способами: привязкой к пунктам геодезического обоснования или привязкой к местным предметам. Углы поворота трассы, если они имеются, измеряют теодолитом одним полным приемом. С помощью теодолита выполняют и провешивание линий. Расстояния измеряют мерной лентой, рулеткой или светодальномером с относительной погрешностью 1:1000–1:2000. В некоторых случаях, при отсутствии топографических карт или планов, трассирование выполняют непосредственно на местности, исходя из условий решения той или иной задачи [19].

Углы поворота трассы обозначают возрастающими номерами; им присваивают обозначение, состоящее из порядкового номера заднего пакета плюс расстояние в метрах от него до угла поворота. Номер вершины угла (ВУ) пишут в числителе, а пикетажное обозначение – в знаменателе.

Разбивка пикетажа. *Пикет*¹¹ – это деревянный колышек сечением 3x3 или 4x4 см, длиной 10–15 см, забиваемый в землю вровень с поверхностью (верх колышка должен выступать над поверхностью земли на 1,5–2 см). Рядом с пикетом устанавливают сторожок (маяк), возвышающийся на 20–50 см над поверхностью земли и колышек, на котором записывают номер соответствующего пикета. Пикеты устанавливают друг от друга на одинаковом расстоянии в горизонтальной плоскости (на одинаковом

¹¹ Пикет трассы – точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала [7].

горизонтальном проложении). Чаще всего через 100 или 50 м. Если расстояния между пикетами 50 м, то пикеты обозначают следующим образом: ПК00, ПК05, ПК10, ..., ПК55, ПК60, При расстояниях между пикетами в 100 м – ПК0, ПК1, ПК2, ..., ПК23 ... При разбивке пикетажа учитывают углы наклона отрезков линий для приведения наклонных расстояний к горизонту [19].

Колышками помечают также точки перегибов рельефа. Такие точки называют *плюсовыми*, а их номером является горизонтальное проложение от ближайшего заднего по ходу пикета. Например, плюсовая точка ПК7+83 находится на расстоянии 83 м от пикета 7, т.е. на расстоянии 783 м от начала трассы (от ПК0). Плюсовыми точками являются все углы поворота трассы, точки пересечения продольного и *поперечного профилей*¹², точки перегибов рельефа, а также ими могут быть точки пересечения трассы с контурами ситуации и линейными сооружениями (объектами) [19].

Одновременно с разбивкой пикетажа производится инструментальная съемка местности в полосе шириной 20–30 м и до 50 м с каждой стороны от оси трассы [19] путём разбивки поперечных профилей. Расстояния между поперечными профилями и их длину выбирают так, чтобы наиболее полно выявить рельеф и выполнения технического задания. Для этого на поперечных профилях в характерных местах излома рельефа назначают «плюсовые» точки. Нумерация их ведется от начала поперечника и состоит из номера поперечника, расстояния от оси трассы с указанием части поперечника (правой – Пр. или левой – Л.).

По результатам инструментальной съемки местности ведут пикетажный журнал (рис. 1.9), в который заносят результаты измерений на каждом интервале, определяемом двумя соседними пикетами [19].

Нивелирование по пикетажу. Привязка трассы в ее начале и конце производится к реперам имеющейся нивелирной сети либо другим точкам, высоты которых известны с необходимой точностью [19].

При нивелировании трассы связующими точками обязательно являются все пикеты и *иксовые* точки. Превышения связующих точек определяют дважды (по двум сторонам нивелирных реек либо при двух горизонтах прибора). В некоторых случаях допускается нивелировать способом из середины с плечом 100 м, т.е. устанавливать нивелир практически на одном из пикетов, а нивелирование из середины выполнять по двум другим соседним пикетам. Плюсовые точки являются *промежуточными*, и на них берут только один (промежуточный) отсчет по черной стороне рейки (либо при одном горизонте прибора). Рейку при этом ставят на землю у сторожка плюсовой точки [19].

Расстояния до иксовых точек не измеряют, поскольку иксовые точки служат только для передачи высот между связующими точками [19].

¹² *Поперечный профиль трассы* – профиль местности по линии, перпендикулярной к оси трассы проектируемого сооружения [27].

Точки поперечных профилей нивелируют так же, как и плюсовые промежуточные точки. Если со станции не обеспечивается видимость рейки в точке поперечного профиля, то превышение на нее передают с помощью иксовой точки [19].

1.4. Изыскания площадных сооружений

Каждая площадка, которая предназначается для строительства сооружения, должна отвечать определенным техническим требованиям, удовлетворяющим условиям нормальной эксплуатации и минимальных затрат на подготовительные работы и освоение, а именно [8]:

- Рельеф площадки должен быть спокойным, с уклоном в одну сторону или от середины к краям, обеспечивающим быстрый сток поверхностных вод (рис. 1.10). Желательно, чтобы общее направление горизонталей было вдоль длинной стороны площадки, чтобы вертикальная планировка не требовала большого объема земляных работ, т.е. минимальные уклоны местности должны составлять 0,003...0,005, максимальные – 0,06...0,08.
- Грунты площадки должны выдерживать такое давление, чтобы при строительстве зданий и сооружений можно было обойтись без устройства дорогостоящих фундаментов. Участок не должен затопляться высокими паводковыми водами.
- Наличие вблизи площадки карьеров строительных материалов значительно удешевляет и ускоряет строительство.

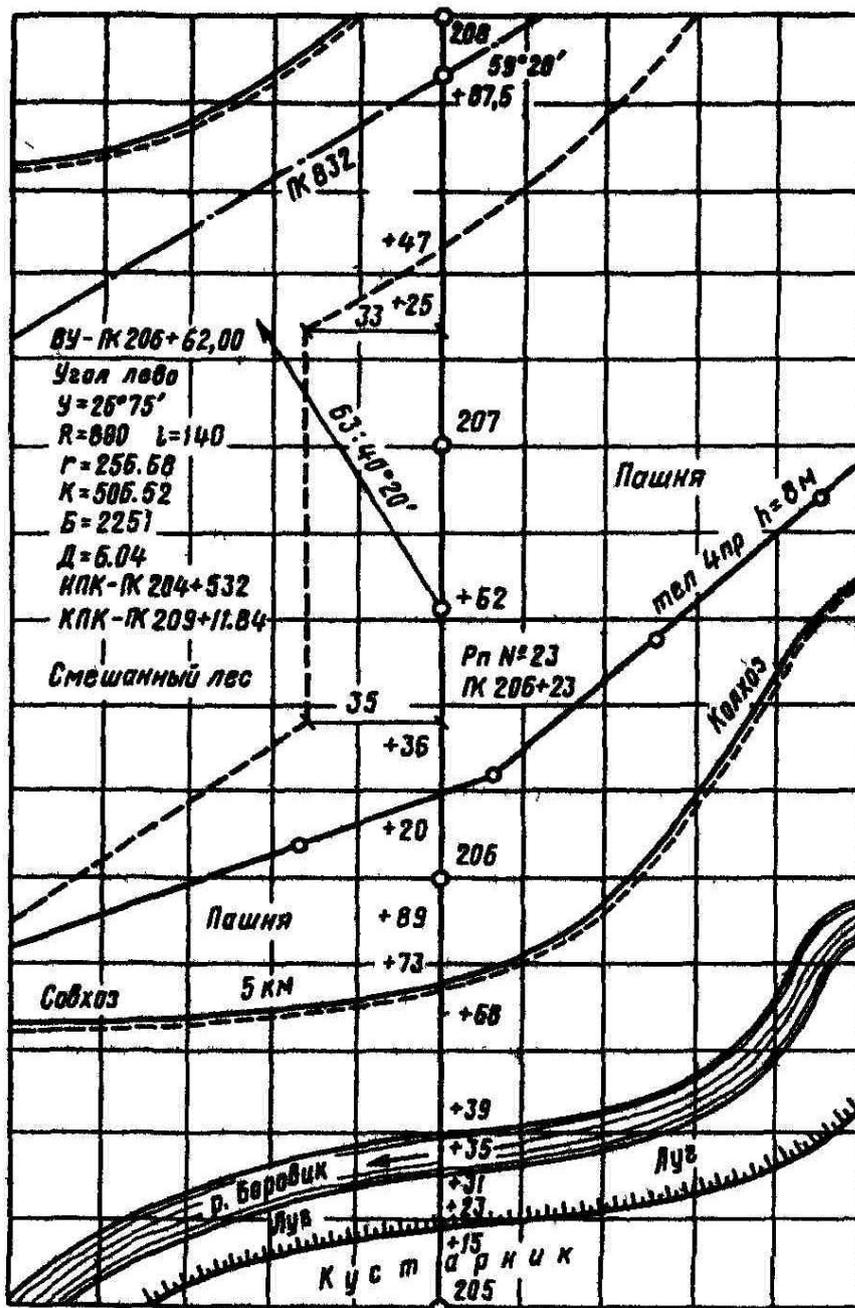


Рис. 1.9. Пикетажный журнал [34]

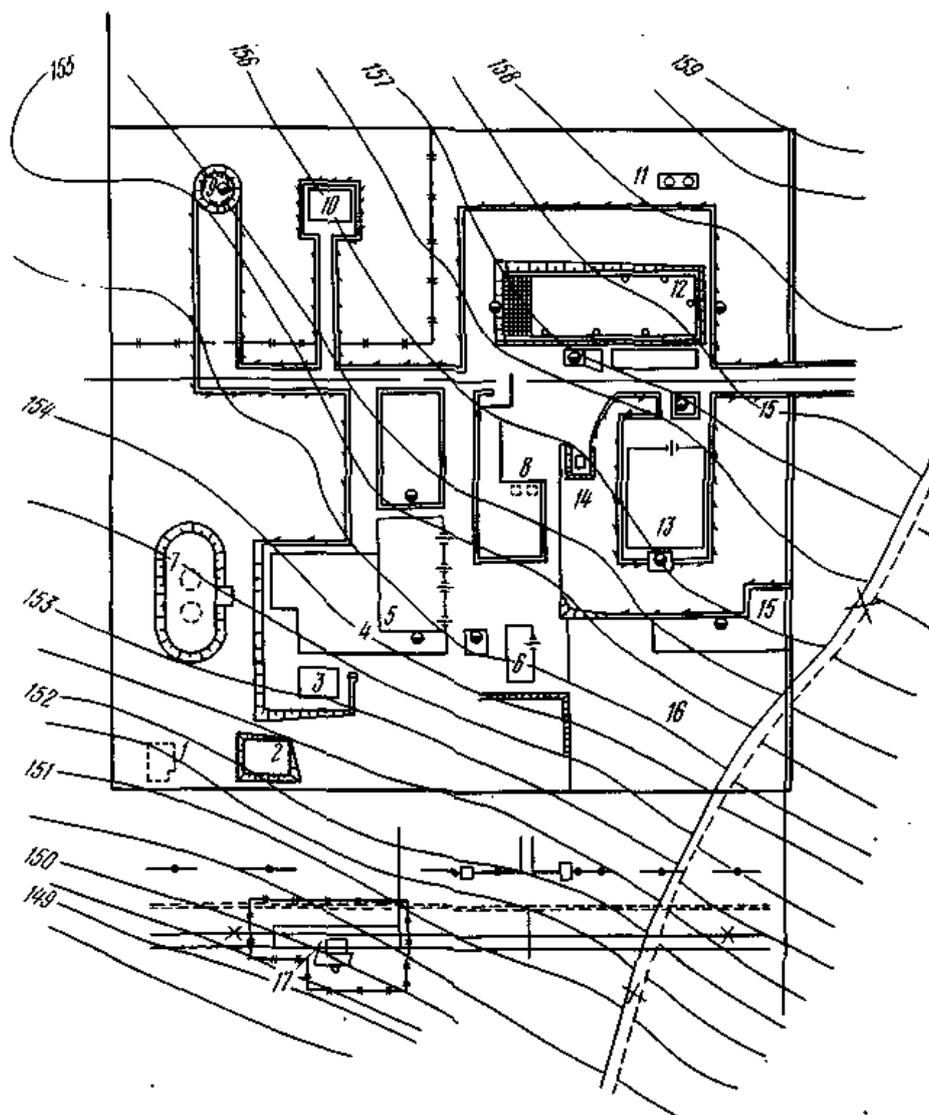


Рис. 1.10. Схема генерального плана промежуточной насосной станции [29]:

1 – нефтеловушка, 2 – площадка с фильтрами-грязеуловителями, 3 – помещение регуляторов давления, 4 – площадка с задвижками, 5 – перекачивающая насосная, 6 – камера воздушного охлаждения, 7 – резервуар емкостью 100 м, 8 – автозаправочные колонки, 9 – резервуар противопожарного запаса воды, 10 – водопроводная насосная; 11 – постамент с резервуаром для топлива, 12 – производственный блок, 13 – узел связи, 14 – склад масел, 15 – закрытое распределительное устройство, 16 – открытая подстанция, 17 – устройство приема и пуска скребка.

Выбор площадки начинают в камеральных условиях. Путем сравнения вариантов выбирают наиболее выгодную площадку для полевого обследования. В натуре в первую очередь уточняют инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадки; обследуют возможные подходы подъездных железных и шоссейных дорог, намечаемые выпуски канализационных коллекторов; определяют примерные расходы на подготовительные работы по освоению площадки; согласовывают возможность отвода территории, присоединения трасс и ряд других организационных вопросов [8].

Для разработки проекта намеченную площадку и часть прилегающей к ней территории снимают в масштабе 1:2000 с сечением рельефа через 1 м. Дополнительно по имеющимся планам и картам, обновленным и дополненным на местности, составляют ситуационный план района строительства в масштабе 1:10000–1:25000. На этот план наносят контуры площадок промышленного предприятия, жилого поселка, водозаборных и очистных сооружений, существующие автомобильные и железные дороги, реки, населенные пункты, лесные массивы, карьеры и месторождения строительных материалов, подсобные предприятия, а также намечают трассы подъездных дорог, водоводов, выпусков канализации и др. [8].

Для составления рабочих чертежей (а также при изысканиях площадки на стадии рабочей документации) площадку для основных сооружений снимают в масштабе 1:1000–1:500 с сечением рельефа через 0,5 м и проводят на ней детальную инженерно-геологическую и гидрогеологическую разведку. Съемку площадки производят топографическими или фотограмметрическими методами. На стадии изысканий под проект наиболее целесообразно проводить аэрофотосъемку в масштабе 1:7000–1:10000, с тем чтобы можно было ее использовать для составления подробного плана площадки в масштабе 1:2000 и карты района строительства в масштабе 1:10000 [8].

В таких же масштабах снимают застроенные территории, с густой сетью подземных коммуникаций. Съемка так же может быть выполнена как фотограмметрическими, так и геодезическими методами. При слабо выраженном рельефе часто производят нивелирование поверхности по квадратам 20 x 20 или 30 x 30 м. Независимо от метода съемки на площадке должны быть закоординированы углы капитальных зданий и сооружений и узловые точки коммуникаций, занивелированы полы зданий и складских площадок, бровки дорог, колодцы и т.д. [8].

1.5. Топографо-геодезические данные, необходимые для проектирования

1.5.1. Топографические свойства местности

1.5.1.1. Степень изрезанности препятствиями

По степени изрезанности местности препятствиями, ограничивающими свободу передвижения на ней, местность делят на пересеченную, малопересеченную и непересеченную [4].

Наиболее серьезными препятствиями для движения вне дорог являются реки, каналы, озера и другие водные преграды. Реки характеризуются шириной русла, глубиной, скоростью течения, характером подступов к ним и грунтом дна. По ширине русла реки подразделяют на узкие (до 60 м), средние (60–300 м) и широкие (более 300 м). Средняя скорость течения спокойных, относительно небольших рек, протекающих по равнинной местности, 0,5–0,6 м/с, крупных равнинных рек – до 1 м/с, горных рек – до 6 м/с. В некоторых случаях основными препятствиями являются заболоченная

труднопроходимая пойма, крутые берега, характер грунта дна реки. Современная транспортная техника и переправочные средства способны преодолевать крутизну спусков и выходов из реки 10–12° [4].

Пересеченная местность характеризуется тем, что препятствия, затрудняющие движение, занимают около 20% ее площади (рис. 1.11). Если такими препятствиями занято свыше 30% площади, местность относят к *сильнопересяченной*. Особенно трудно передвижение по пересеченной местности спецтехники и автотранспорта. К пересеченной местности относятся все горные и высокогорные районы, районы с большим количеством оврагов, районы с многочисленными озерами [4]. Пересеченная местность может иметь разные условия для ее обзора, то есть быть и открытой, и закрытой.



Рис. 1.11. Пересечённая местность. Горный Алтай

Местность с незначительными или изредка встречающимися препятствиями, большинство из которых преодолеваются как колесными, так и гусеничными машинами, относится к *малопересяченной*. Для отличия ее от пересеченной иногда указывают, что на ней не более 10% всей площади может быть занято проходимыми препятствиями. Если же препятствий вообще нет или они составляют менее 10%, то такую местность считают *непересеченной* [4].

1.5.1.2. Условия обзора местности

При оценке условий наблюдения прежде всего определяют, насколько рельеф и местные предметы благоприятствуют обзору или ограничивают его.

В зависимости от этого местность подразделяется на открытую, полузакрытую и закрытую.

Открытая местность – это равнина с небольшим количеством рощ, кустарников, с редкими населенными пунктами. Она позволяет просматривать с высот, имеющих на ней, не менее 75% всей ее площади. Такая местность обладает благоприятными условиями для наблюдения, широкий обзор (до 4–5 км) во всех направлениях [4].

К типу открытых местностей можно отнести пустынные районы, степные районы Нижнего Поволжья, некоторые районы Дона, Западной Сибири (рис. 1.12) и Кубани [30].



Рис. 1.12. Открытая местность. Север Томской области

Закрытая местность характеризуется большим количеством на ней местных предметов и резко выраженным рельефом. Она, как правило, покрыта высокорослой растительностью [30] (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Закрытая местность

Закрытая местность позволяет просматривать с высот, расположенных на ней, не более 25% всей ее площади. К типу закрытой местности можно отнести лесные районы Белоруссии, Карелии, Карпат, Дальнего Востока и всю полосу тайги [30].

Естественно, что нет резкой грани между открытой и закрытой местностью, поэтому в классификации имеется и так называемая промежуточная ступень – *полузакрытая местность*, допускающая возможность просматривать с высот, расположенных на ней, до 50% всей ее площади [30].

1.5.1.3. Характер рельефа

Общий характер местности определяется рельефом. Исходя из характера рельефа местность подразделяют на равнинную, холмистую и горную.

Участки местности, поверхность которых в пределах видимости горизонта (до 4–5 км) ровная или слегка холмистая, с очень пологими скатами (до 2–3°) и незначительными колебаниями высот (20–30 м) [4, 30] относятся к *равнинной местности* (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Равнинная местность [30]

В большинстве случаев равнинная местность бывает открытой и изредка, если она покрыта лесом, кустарником или на ней расположено много населенных пунктов, ее относят к закрытой. Если же на ней имеется большое количество рек, озер, болот, оврагов и других препятствий, то она становится пересеченной [30].

Холмистая местность (рис. 1.15) имеет большое количество холмов, лощин, оврагов, балок, но крутизна скатов их в среднем колеблется около 5° [4], относительная высота может достигать несколько десятков метров, то есть допускает движение по ним всех видов техники и автомобильного транспорта. Она также может быть как открытой, так и закрытой, как пересеченной, так и непересеченной. К холмистой местности можно отнести большинство районов Средне-Русской, Приволжской, Волыно-Подольской, Ставропольской возвышенностей, некоторые районы в предгорьях Карпат, Кавказа, Урала и др. [30].

Горная местность (рис. 1.16) характеризуется чередованиями горных хребтов над долинами, седловинами и ущельями. В ней преобладают крутые скаты, нередко переходящие в обрывы, и скалы. В зависимости от высот горы делят на низкие (от 500 до 1000 м), средневысотные (от 1000 до 2000 м) и высокие (более 2000 м) [4, 30].



Рис. 1.15. Холмистая местность. Хакассия

К низким горам можно отнести горы Среднего Урала, северные хребты Предкавказья, горы Кольского полуострова. Они, как правило, сплошь покрыты лесами [30].

К типу средних гор относятся горы Крыма, Карпат, Южного Урала, Станового хребта, Сихотэ-Алиня. Они также покрыты лесами, но их вершины часто бывают безлесными – «гольцами». Перевалы через эти хребты обычно лежат на высотах 700 м и более [30].

Высокие горы (так называемого альпийского типа) характеризуются вечными снегами и ледниками на гребнях хребтов и вершинах. Их вершины, как правило, лишены растительности. К типу таких гор относятся горы Большого Кавказского хребта, Памира, Тянь-Шаня. Перевалы через хребты этих гор лежат на высоте 1500–3000 м [30].

Для гористой местности характерны резкие изменения погоды, снегопады, туманы, лавины (потoki снега с гор), камнепады, сели (потoki воды с камнями и грязью). Гористая местность относится к закрытой и сильно пересеченной. Она труднопроходима, а разреженный воздух повышает утомляемость и даже вызывает горную болезнь. В горной местности передвигаться можно только по долинам, вдоль дорог и рек [30].

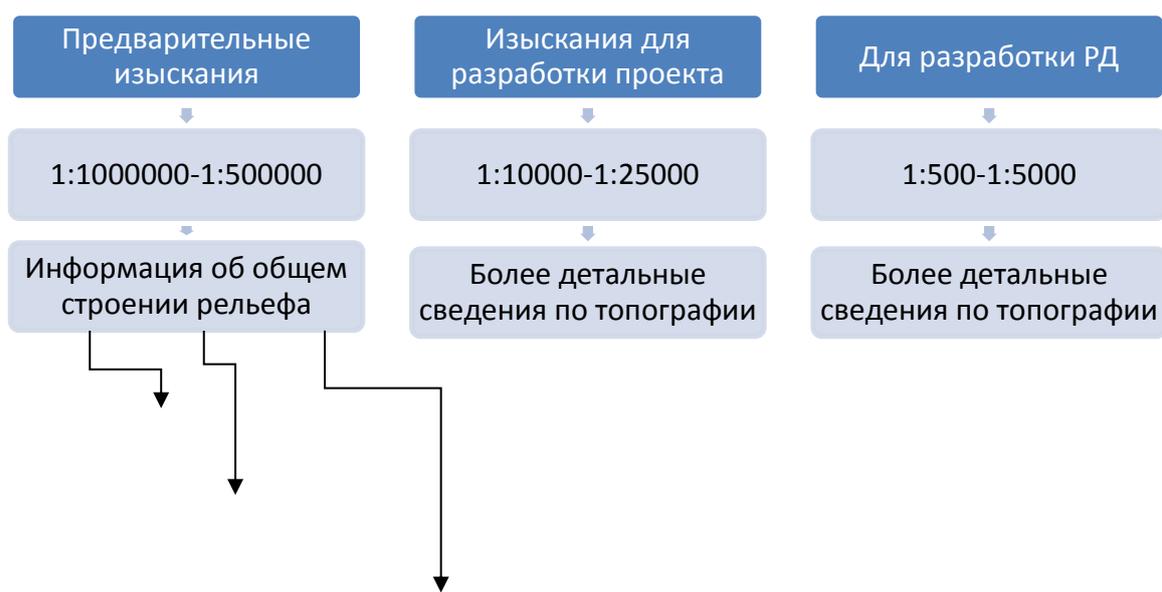


Рис. 1.16. Гористая местность. Алтай

1.5.2. Классификация топографических условий местности

Проектирование магистральных нефтегазопроводов происходит, в том числе, на основе топографо-геодезических данных, полученных в ходе инженерно-геодезических изысканий. На начальной стадии изысканий, при определении генерального направления магистрального нефтегазопровода, достаточно общей информации о строении рельефа в районе проектирования трассы [29] (рис. 1.17).

На стадии рабочей документации необходимо иметь числовые характеристики рельефа для подсчета объемов работ, стоимости строительства объекта [29].



Характер рельефа: **равнинный, холмистый и горный**

Условия обзора: **открытая, полужакрытая, закрытая**

Степень изрезанности местности: **пересечённая, малопересечённая, непересечённая**

Рис. 1.17. Состав общей информации о топографических свойствах местности

Для разработки нормативов капитальных вложений в строительство магистральных нефтегазопроводов на начальной стадии проектирования важное значение имеют попытки провести классификации инженерно-топографических условий по различным признакам (рис. 1.18). Эти нормативы применяют для ориентировочной оценки сметной стоимости строительства (рис. 1.19). Указанные нормативы составлены для равнинно-холмистой территории средней полосы России. Для других территорий нужно пользоваться корректирующими территориальными коэффициентами [12].

Для укрупненной характеристики местности вводят понятие *пяти топографических регионов*: равнинно-холмистый ($рх^T$), пустынный ($п^T$), гористый ($г^T$), болотистый ($б^T$) и северный ($с^T$). В пределах каждого региона выделяют *семь топографических участков* размещения трубопровода. Приведём их характеристику [29].

Первый – это участок *равнинно-холмистый* ($рх^Y$), включающий мало- и среднепересеченную местность, позволяющую осуществить прокладку магистрального трубопровода по нормальной технологической схеме.

Второй – *пустынный* ($п^Y$), характеризующийся удаленностью от баз снабжения, безводностью, подвижными барханными песками и песками с редким растительным покровом.

При укладке трубопровода в пределах его требуется закрепление песков, выполнение больших планировочных работ, строительство самостоятельных ЛЭП, питающих станции катодной защиты, и др.

Третий участок – *горный* ($г^Y$), сочетающий долины, впадины и возвышенности с относительными высотами более 200 м. В пределах этого участка продольные уклоны превышают 20 %, а поперечные около 12 %.

Для укладки трубопровода в таких условиях применяют большое число одиночных труб, создают много углов поворота, на косогорах вырезают полки, устраивают скальную и противооползневую защиту, разрабатывают скальные породы и т. д. Здесь отдельно ведут укладочные и изоляционные работы. Вдоль горной трассы сооружают ЛЭП для электрозащиты трубопровода. Не исключены высокогорные участки с высотой более 1200 м над уровнем моря, при укладке трубопровода на которых специально создаются условия (террасы и др.) для использования строительной техники.

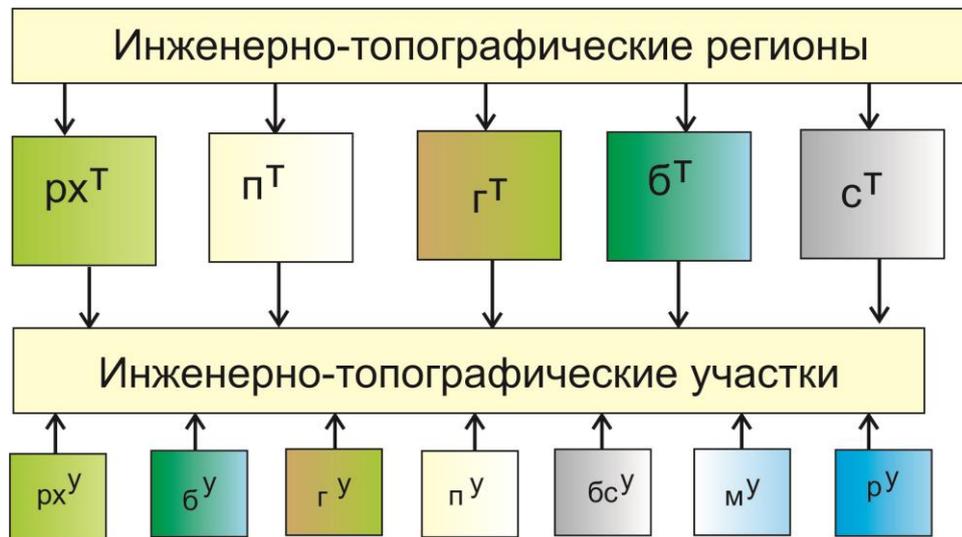


Рис. 1.18. Инженерно-топографическая классификация местности при трассировке магистральных газопроводов

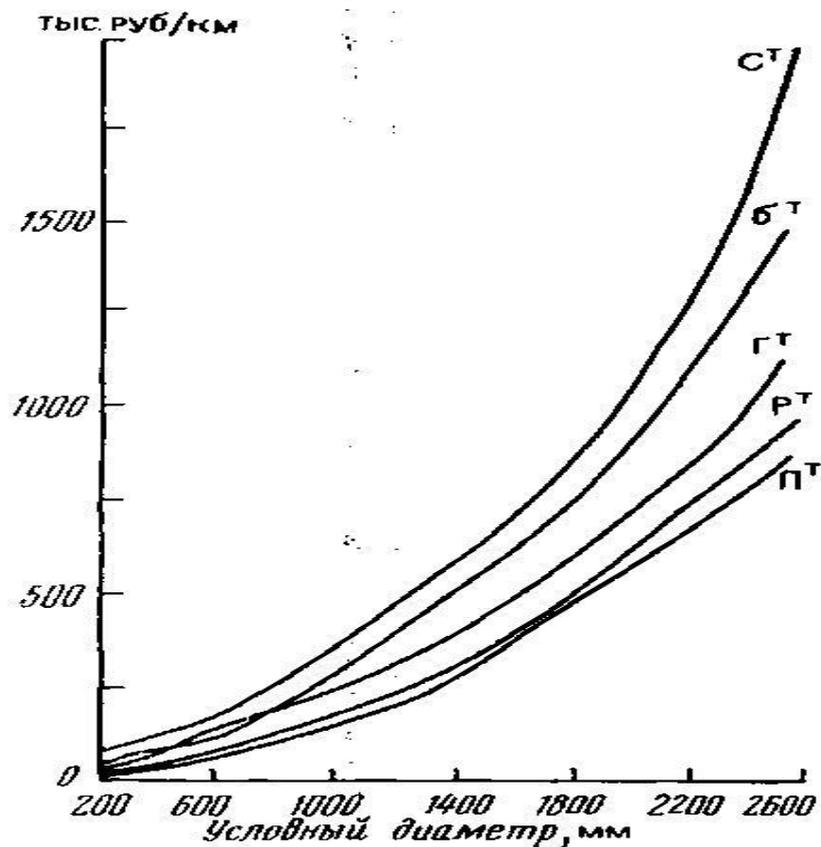


Рис. 1.19. График базисных нормативов капитальных вложений в новое строительство магистральных газопроводов по инженерно-топографическим регионам [29]

Четвертый участок представлен болотистыми почвами (б^У). На европейской части территории нашей страны и Сибири – это собственно болота, избыточно увлажненная местность и обводненные поймы рек (рис. 1.20). Для движения по ним строительной техники нужно делать настилы

(стлани) или лежневые дороги. На таких участках используют машины, способные передвигаться по верхнему растительному слою. При укладке трубопровода в траншею применяют пригрузку утяжеляющими грузами и утолщают изоляционное покрытие. Плетни трубопровода подготавливают на берегу и затем протаскивают по траншее, заполненной водой.



Рис. 1.20. Вид на озёрно-болотный комплекс с вертолётa

К пятому участку относят северные районы, с таежно-болотистой местностью (бс^у), с бездорожьем и далеко расположенными сварочными и складскими базами, что увеличивает дальность перевозки труб и других грузов. В таких районах необходимо создавать подъездные пути и проезды вдоль трассы (лежневые дороги) (рис. 1.21), строить временные жилые и бытовые здания. Повышаются затраты на эксплуатацию и перебазирование строительной техники на перевозку рабочих. Для доставки грузов используют водный и воздушный транспорт.



Рис. 1. 21. Временная дорога вдоль газопровода

Шестой участок – район многолетней мерзлоты (м^у). В этих условиях производство работ удорожается из-за тяжелых грунтовых условий, наледей и повышенной заболоченности.

Седьмой участок – переходы через реки и другие водные преграды (р^у). Он подразделяется по ширине препятствия на два подтипа: до 300 и свыше 300 м. Для строительства переходов используют различные конструктивные решения, требующие дополнительных затрат на резервные нити и берегоукрепительные работы.

На первых этапах трассирования магистрального трубопровода, осуществляемых на мелкомасштабных топографических картах, не всегда представляется возможным учесть структуру топографических условий. Поэтому важное значение приобретает отыскание хотя бы усредненных удельных весов топографических условий отдельного участка в каждом регионе. Принцип определения удельных весов приведен на рис. 1.19. Такой подход позволяет найти базисные нормативы капитальных вложений в новое строительство магистральных трубопроводов по различным инженерно-географическим регионам (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Базовые нормативы капитальных вложений в новое строительство, тыс. руб. на 1 км [29]

| Условный диаметр, | Инженерно-топографический регион | | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------|--------|------------|----------|
| | Равнинно- | Пустынный | Горный | Болотистый | Северный |
| | | | | | |

| мм | холмистый | | | | |
|------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 220 | 21,22 | 19,39 | 30,53 | 29,39 | 55,45 |
| 1400 | 297387 | 278,04 | 354,21 | 407,83 | 563,15 |

1.6. Крупномасштабные съёмки

Одним из основных документов, используемых для проектирования линейных сооружений, является топографический план. Создание плана местности требует выполнение специальной съёмки в крупном масштабе (1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000) для решения конкретной задачи определённой отрасли народного хозяйства [24]. Такие съёмки выполняются согласно «Инструкции по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» [10].

Применительно к линейным сооружениям план, содержащий кроме топографической и другую информацию для проектирования, называется *трассировочным*. Трассировочные планы могут быть получены наземными или аэрометодами в виде графических топографических планов, стереомоделей или ЦММ. Традиционный способ проектирования предусматривает получение информации о местности в виде графических планов с изображением рельефа горизонталями [29].

С трассировочных планов получают продольные и поперечные профили (вторичные документы). Если продольные и поперечные профили строят в результате обработки непосредственных измерений на местности, то такие документы будут первичными.

Трассировочный план должен отвечать следующим требованиям [29]:

- точность топографической основы, детальность и точность изображения местности должны быть достаточными для определения данных о рельефе и ситуации при проектировании;
- обеспечивать производство разбивочных работ для выноса запроектированной трассы на местность.

Топографический план служит основой для составления проекта линейного сооружения, определения объёмов работ и стоимости строительства. По планам выполняют работы по камеральному трассированию возможных вариантов; составляют продольные профили; определяют высоты точек земной поверхности по горизонталям с заданной средней квадратической погрешностью; определяют расстояния между точками. Эти данные необходимы для подсчёта объёмов работ, вычисления стоимости вариантов трассы и определения технических показателей [29].

Масштабы топографических планов для нужд проектирования и строительства магистральных нефтегазопроводов зависят от сложности рельефа и стадии проектирования [29]:

- 1:25000 – 1:10000 для проектирования нескольких вариантов и выбора оптимального из них;
- 1: 5000 – 1:2000 для проектирования на сложных участках;

- 1: 1000 – 1:500 для проектирования НПС, ГКС и отдельных сооружений на стадии рабочей документации.

1.6.1. Выбор высоты сечения рельефа

Высота сечения рельефа на топографических планах устанавливается в соответствии с требованиями табл. 1.3 [24, 10].

Таблица 1.3

Выбор высоты сечения рельефа

| Характеристика рельефа и максимально преобладающие углы наклона | Масштаб съемки | | |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------|
| | 1:5000 | 1:2000 | 1:1000 1:500 |
| | Высота сечения рельефа, м | | |
| Равнинный с углами наклона до 2° | (0,5) 1,0 | 0,5 (1,0) | 0,5 |
| Всхолмленный с углами наклона до 4° | (1,0) 2,0 | 0,5* 1,0 2,0* | 0,5 |
| Пересеченный с углами наклона до 6° | 2,0 (5,0) | (1,0) 2,0 | 0,5 1,0* |
| Горный и предгорный с углами наклона более 6° | 2,0* 5,0 | 2,0 | 1,0 |

Примечание. Высоты сечения рельефа, значения которых отмечены звездочкой, на топографических планах населенных пунктов не применяются. Возможные (неосновные) высоты сечения рельефа, значения которых приведены в скобках, на топографических планах населенных пунктов допускаются в ограниченных случаях, оговариваемых техническим проектом (программой).

В исключительных случаях топографические съемки выполняют с высотой сечения через 0,25 м. Это сечение рельефа допускается при съемках подготовленных и спланированных площадей с максимальными преобладающими углами менее 2°. Необходимость такого сечения должна быть обоснована в техническом проекте (программе) [10].

Для изображения характерных деталей рельефа, не выражающихся горизонталями основного сечения, применяют *дополнительные горизонтали (полугоризонталы)* и *вспомогательные горизонтали*. Полугоризонталы обязательно проводят на участках, где расстояния между основными горизонталями превышают 2,5 см на плане. Вспомогательные горизонтали проводят на произвольной высоте [10].

Средние погрешности (ошибки) в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных и залесенных районах – 0,7 мм. На территориях с капитальной и многоэтажной застройкой предельные погрешности во взаимном положении на плане точек

ближайших контуров (капитальных сооружений, зданий и т.п.) не должны превышать 0,4 мм [10].

1.6.2. Геодезическая основа крупномасштабных съёмок

Геодезической основой крупномасштабных съёмок служат [10]:

а) *государственные геодезические сети*: триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов; нивелирование I, II, III, IV классов;

б) *геодезические сети сгущения*: триангуляция 1 и 2 разрядов, полигонометрия 1 и 2 разрядов; техническое нивелирование;

в) *съёмочная геодезическая сеть*: плановые, высотные и планово-высотные съёмочные сети или отдельные пункты (точки), а также точки фотограмметрического сгущения.

В исключительных случаях топографические съёмки допускается выполнять только на съёмочном обосновании, если на участке или вблизи него на расстоянии до 5 км отсутствуют пункты государственной геодезической сети и если на участке в ближайшее время не будут развиваться топографические съёмки [10].

Развитием съёмочных геодезических сетей достигается плотность, обеспечивающая непосредственное выполнение съёмки. Плотность геодезических съёмочных сетей определяется [10]:

- масштабом съёмки,
- высотой сечения рельефа,
- необходимостью обеспечения геодезических, маркшейдерских, мелиоративных, землеустроительных и других работ как для целей изысканий и строительства, так и при дальнейшей эксплуатации сооружений, коммуникаций и т.д. (оговаривается в проекте).

1.6.3. Развитие съёмочных сетей теодолитными ходами

Теодолитные ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1:3000, 1:2000, 1:1000 в соответствии с табл. 1.4.

Таблица 1.4

Допустимые длины теодолитных ходов [10]

| Масштаб | $m_g = 0,2 \text{ мм}$ | | | $m_g = 0,3 \text{ мм}$ | |
|---------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | $\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$ | $\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$ | $\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$ | $\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$ | $\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$ |
| | Допустимые длины ходов между исходными пунктами, км | | | | |
| 1:5000 | 6,0 | 4,0 | 2,0 | 6,0 | 3,0 |
| 1:2000 | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 3,6 | 1,5 |
| 1:1000 | 1,8 | 1,2 | 0,6 | 1,5 | 1,5 |
| 1:500 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | - | - |

Длины сторон в теодолитных ходах должны быть:

- на застроенных территориях: не более 350 м и не менее 20 м;

- на незастроенных территориях: не более 350 м и не менее 40 м.
Допускается проложение висячих теодолитных ходов, длины которых не должны превышать величин, указанных в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Допускаемая длина висячего теодолитного хода [10]

| Масштаб съемки | На застроенных территориях, м | На незастроенных территориях, м |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1:5000 | 350 | 500 |
| 1:2000 | 200 | 300 |
| 1:1000 | 150 | 200 |
| 1:500 | 100 | 150 |

Число сторон в висячих теодолитных ходах на незастроенной территории должно быть не более трех, а на застроенной – не более четырех. Относительная погрешность линии, измеренной в прямом и обратном направлениях, вычисляется по формуле

$$\frac{1}{N} = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\text{обр}}}{2S}, \quad (1.1)$$

где S – измеренное расстояние и не должна превышать значения, приведенного в табл. 1.4.

Угловые невязки в теодолитных ходах не должны превышать $f_{\beta} = \pm 1' \sqrt{n}$, где n – число углов в ходе.

Одновременно с измерением горизонтальных углов измеряются одним приемом вертикальные углы и вводятся поправки за приведение длин линий к горизонту при углах наклона более $1,5^{\circ}$.

Углы в теодолитных ходах измеряются теодолитами не менее 30-секундной точности одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 90° .

1.6.4. Закрепление точек съёмочных сетей

Пункты съёмочного обоснования закрепляют на местности долговременными и временными знаками. Долговременные знаки устанавливаются с таким расчетом, чтобы на каждом съёмочном планшете было, как правило, закреплено не менее трех точек при съемке в масштабе 1:5000 и двух точек при съемке в масштабе 1:2000, включая пункты государственной геодезической сети и сетей сгущения (если технические условия заказчика в техническом проекте не требуют большей плотности закрепления) [10].

На территории населенных пунктов и промышленных площадок все точки съёмочных сетей и планово-высотные опознаки закрепляются знаками долговременного закрепления.

Типы знаков долговременного и временного закрепления показаны на рис. 1.22–1.24. Размеры на всех рисунках даны в см.

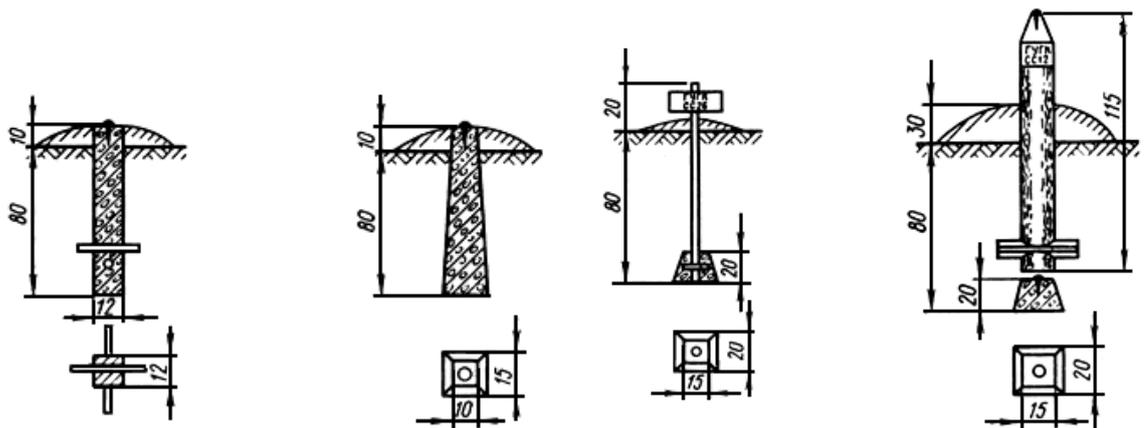


Рис. 1.22. Знаки долговременного закрепления съёмочных сетей (плановых и высотных) [10]

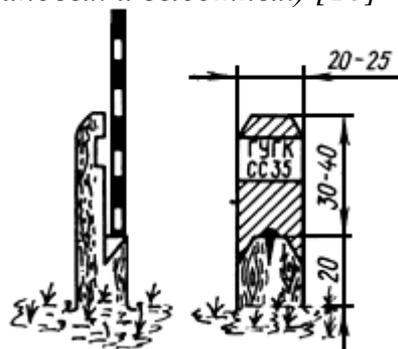
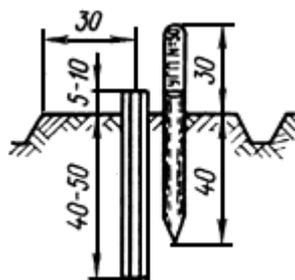
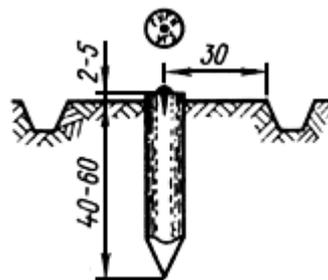


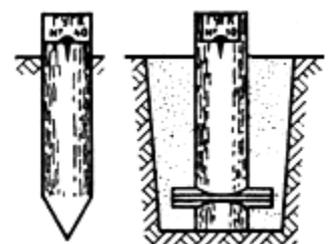
Рис. 1.23. Знак долговременного закрепления пунктов съёмочных сетей в залесенных районах [10]



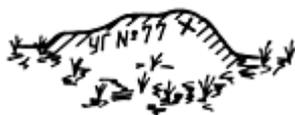
Металлическая труба



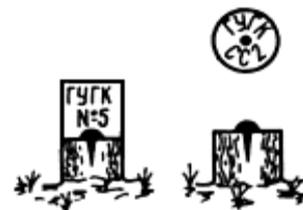
Свайка



Деревянный столб



Крест краской на валуне



Кованый гвоздь в пне

Рис. 1.24. Типы знаков временного закрепления съёмочных сетей (плановых и высотных) [10]

На незастроенной территории, как правило, закладывают *грунтовые знаки*. Однако закладка

грунтовых знаков, особенно в крупных городах, значительно усложняется расширяющимся подземным хозяйством, а быстрый рост городов, реконструкция проездов и кварталов, усовершенствование дорожных покрытий приводят к уничтожению значительного числа грунтовых знаков. Кроме того, в зимнее время снежный покров затрудняет их поиск [8].

Стенные знаки по сравнению с грунтовыми имеют ряд существенных преимуществ и ими, по возможности, отдают предпочтение (рис. 1.25). Стенные знаки более устойчивы, стоимость их изготовления и закладки значительно меньше, ими удобнее пользоваться в любое время года. Стенные знаки закладывают в прочные каменные, кирпичные, железобетонные здания и сооружения на высоте от 0,3 до 1,2 м от поверхности земли [8].



Рис. 1.25. Стенные знаки

При закреплении пунктов стенными знаками возникает необходимость привязки к ним. Центры знаков располагаются на расстоянии 4 – 5 см от стены или цоколя здания, и это исключает возможность центрирования над ними геодезических приборов [8].

Наиболее простая схема привязки для полигонометрического хода состоит в следующем [8]. Теодолит устанавливают над точкой a (рис. 1.26, а) полигонометрического хода. Эта точка выбирается вблизи знака A с соблюдением условия видимости на знак B . Если измерить расстояние S и угол φ , то из решения треугольника по известным сторонам AB и S можно вычислить любой его элемент. Передача дирекционного угла линии AB на стороны полигонометрического хода производится через вычисленный угол γ и измеренный угол ψ , передача координат – через сторону S и вычисленный угол при точке A . Такая же схема может быть применена при передаче координат с рабочего центра на стенной знак [8].

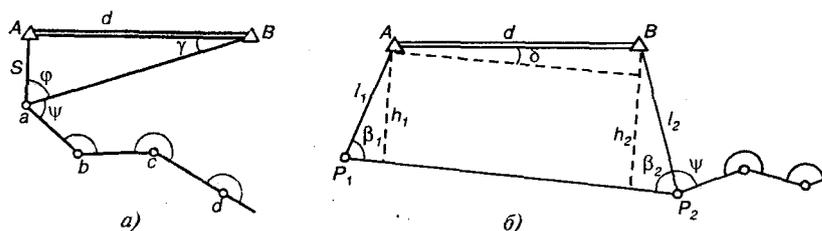


Рис. 1.26. Схемы привязки полигонометрического хода к стенным знакам [8]

Если нельзя выбрать для установки прибора такое место, с которого были бы видны одновременно два смежных знака, то поступают следующим образом. Напротив двух смежных стенных знаков выбирают две временные точки P_1 и P_2 (рис. 1.26, б) с таким расчетом, чтобы углы β_1 и β_2 были в пределах $88 - 92^\circ$, а длины линий l_1 и l_2 не превышали 20 м [8].

На этих точках измеряют расстояния l_1 и l_2 и углы β_1 и β_2 . Координаты временной точки P_2 и дирекционный угол линии P_1 и P_2 , которые будут служить в качестве исходных для привязываемого хода, можно определить по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_{P_1P_2} &= \alpha_{AB} + \delta; \quad \alpha_{BP_2} = \alpha_{P_1P_2} + \beta_2 = \alpha_{AB} + \beta_2 + \delta; \\ h_1 &= l_1 \sin \beta_1; \quad h_2 = l_2 \sin \beta_2; \quad \sin \delta = (h_2 - h_1)/d; \\ x_{P_2} &= x_B + l_2 \cos \alpha_{BP_2}; \quad y_{P_2} = y_B + l_2 \sin \alpha_{BP_2}. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Привязку хода к трем-четырем одинарным смежным знакам, расположенным на противоположных углах кварталов на перекрестке улиц, можно осуществить методом обратной засечки [8].

Иногда закрепляют центры системой из двойных или тройных смежных знаков. Привязка к ним полигонометрического хода осуществляется так же путем геометрических построений с измерением соответствующих угловых и линейных элементов и последующих вычислений [8].

1.6.6. Номенклатура планов

При сборе картографической информации на территорию строительства необходимо знать номенклатуру листов карт и планов. Номенклатуру листов топографических карт на территорию горного отвода определяют по значениям географических координат пунктов, расположенных в пределах участка работ.

Разграфка планов зависит от площади участка, на который он составляется (рис. 1.28). За основу разграфки планов масштабов 1:5000 и 1:2000, создаваемых на участках площадью свыше 20 км², как правило, принимается лист карты масштаба 1:100000, который делится на 256 частей для съемок масштаба 1:5000, а каждый лист масштаба 1:5000 - на девять частей для съемки масштаба 1:2000 (рис. 1.27, 1.28) [10].

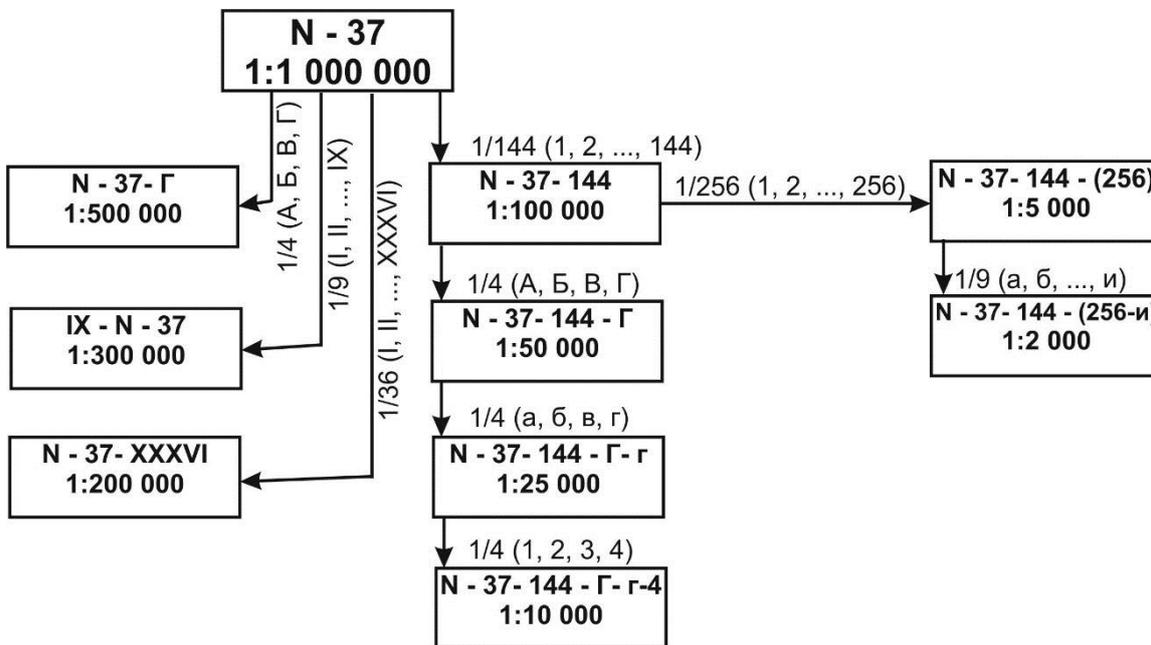


Рис. 1.27. Разграфка и номенклатура карт, планов на участки площадью более 20 км² [5]

Примечание: Дробь и буквы или цифры в скобках на линиях связи указывают, на сколько частей делится лист для получения номенклатуры карт более крупного масштаба, а также его условное обозначение. Все листы разбивают на равное число полос в широтном и меридиональном направлениях и нумеруют последовательно по горизонтали слева направо верхнюю полосу, затем нижестоящую и т.д.

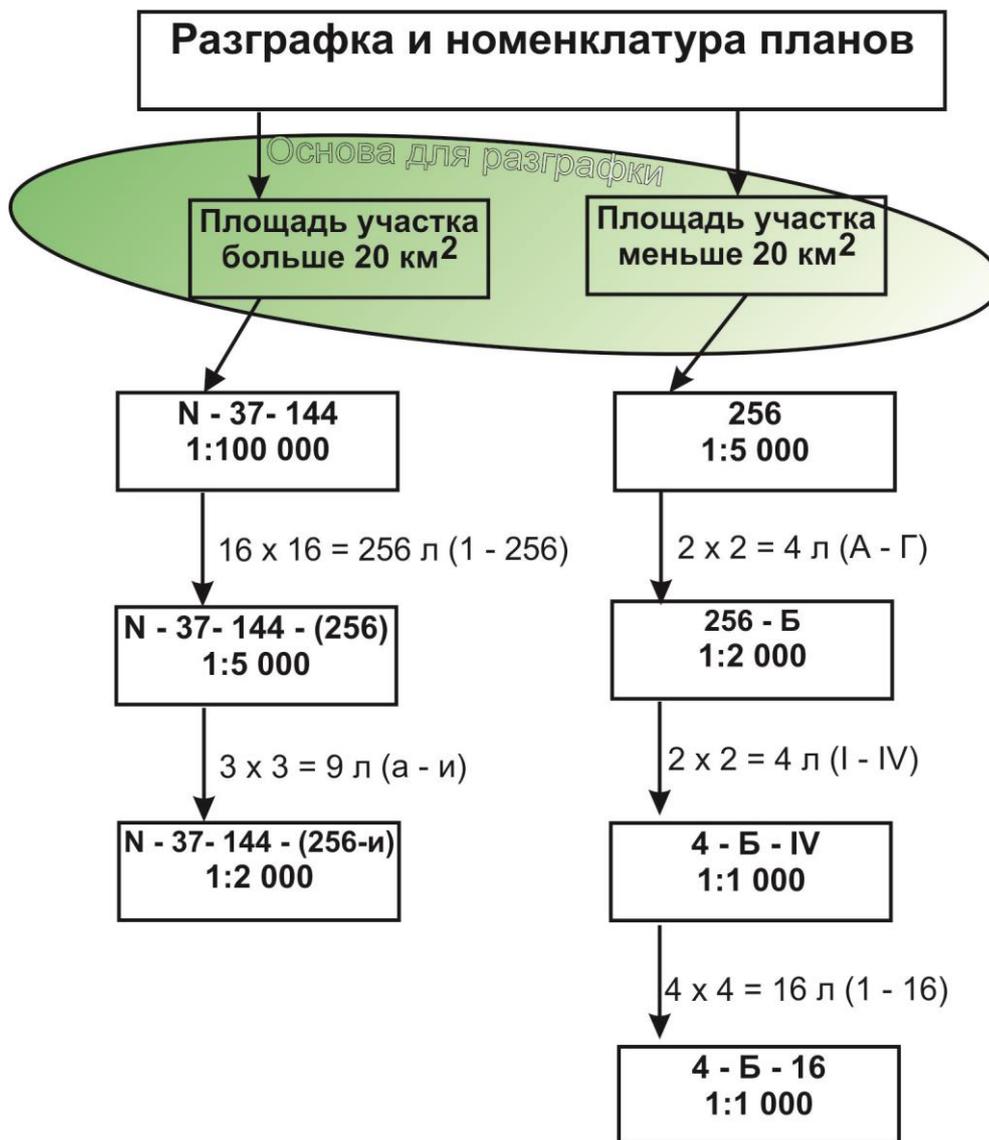


Рис. 1.28. Разграфка и номенклатура планов

В этом случае номенклатура листа масштаба 1:5000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1:100000 и взятого в скобки номера листа масштаба 1:5000, например, М-38-112-(124) (рис. 1.29) [10].

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | | 19 | | 21 | | 23 | | 25 | | 27 | | 29 | | | 32 |
| 33 | | | 36 | | 38 | | 40 | | 42 | | 44 | | 46 | | 48 |
| 49 | | 51 | | 53 | | 55 | | 57 | | 59 | | 61 | | | 64 |
| 65 | | | 68 | | 70 | | 72 | | 74 | | 76 | | 78 | | 80 |
| 81 | | 83 | | 85 | | 87 | | 89 | | 91 | | 93 | | | 96 |
| 97 | | | 100 | | 102 | | 104 | | 106 | | 108 | | 110 | | 112 |
| 113 | | 115 | | 117 | | 119 | | 121 | | 123 | | 125 | | 127 | 128 |
| 129 | 130 | | 132 | | 134 | | 136 | | 138 | | 140 | | 142 | | 144 |
| 145 | | 147 | | 149 | | 151 | | 153 | | 155 | | 157 | | 159 | 160 |
| 161 | | | 164 | | 166 | | 168 | | 170 | | 172 | | 174 | | 176 |
| 177 | | 179 | | 181 | | 183 | | 185 | | 187 | | 189 | | 191 | 192 |
| 193 | | | 196 | | 198 | | 200 | | 202 | | 204 | | 206 | | 208 |
| 209 | | 211 | | 213 | | 215 | | 217 | | 219 | | 221 | | 223 | 224 |
| 225 | | | 228 | | 230 | | 232 | | 234 | | 236 | | 238 | | 240 |
| 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 |

1:5000
М-38-112-(124)

| | | |
|---|---|---|
| а | б | в |
| г | д | е |
| ж | з | и |

1:2000
М-38-112-(124-д)

Рис. 1.29. Разграфка планов масштабов 1:5000 и 1:2000 [10]

Номенклатура листа масштаба 1:2000 складывается из номенклатуры листа плана масштаба 1:5000 и одной из первых девяти строчных букв русского алфавита (а, б, в, г, д, е, ж, з, и), например М-38-112-(124-д) (см. рис. 1.29).

Согласно [10], размеры рамок для планов приведенной выше разграфки устанавливаются:

| | По широте | По долготе |
|---------------------|-----------|------------|
| для масштаба 1:5000 | 1'15,0" | 1'52,5" |
| для масштаба 1:2000 | 25,0" | 37,5" |

На участки менее 20 км² и для масштабов 1: 1000 и 1:500 всегда применяется прямоугольная разграфка с размерами рамок для масштаба 1:5000 40x40 см, для масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 – 50x50 см [10]. При крупномасштабных топографических съемках составление планов на ограниченные участки обычно выполняют с разграфкой на стандартные квадраты по схеме, показанной на рис. 1.30, когда за основу принимают лист масштаба 1:5000.

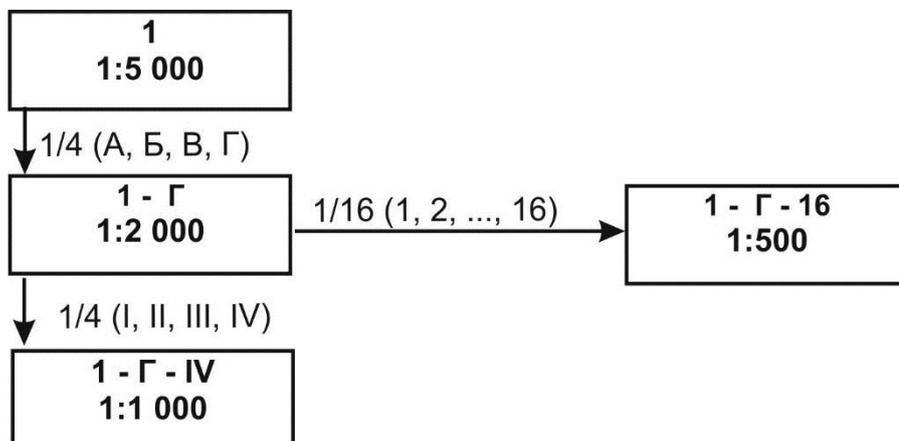


Рис. 1.30. Квадратная разграфка и номенклатура крупномасштабных карт [5]

Листу масштаба 1:5000 соответствуют 4 листа масштаба 1:2000, каждый из которых обозначается присоединением к номеру масштаба 1:5000 одной из первых четырех прописных букв русского алфавита (А, Б, В, Г), например: 4-Б [10].

Листу масштаба 1:2000 соответствуют 4 листа масштаба 1:1000, обозначаемых римскими цифрами (I, II, III, IV), и 16 листов масштаба 1:500, обозначаемых арабскими цифрами (1, 2, 3, 4, 5, ..., 16) [10].

Номенклатура листов масштабов 1:1000 и 1:500 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:2000 и соответствующей римской цифры для листа масштаба 1:1000 или арабской цифры для листа масштаба 1:500, например: 4-Б-IV, или для 1:500 – 4-Б-16, (см. рис. 1.31) [10].

Таким образом, планы более крупных масштабов (1:2000, 1:1000, 1:500), имеющие единые размеры рамок 50х50 см, получают в результате соответствующего деления листа плана масштаба 1:5000.

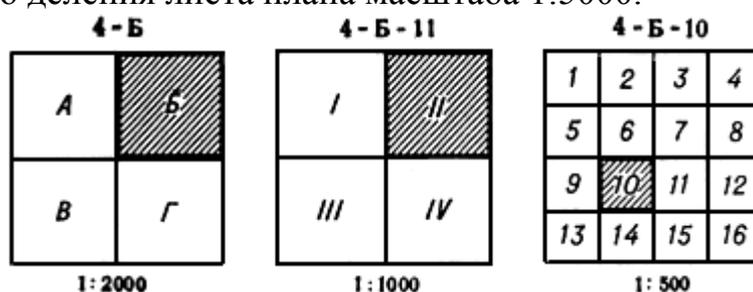


Рис. 1.31. Прямоугольная разграфка с размерами рамок для масштабов 1:5000 40х40 см, для масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 50х50 см [10]