ГЕОДЕЗИЯ

В.Д. Большаков
Е.Б. Клюшин
И.Ю. Высотинский

ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В.Д. БОЛЬШАКОВ
Е.Б. КЛЮШИН
И.Ю. ВАСЮТИНСКИЙ

ГЕОДЕЗИЯ

ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

Под редакцией
В.П. САВИНЫХ и В.Р. ЯЩЕНКО

МОСКВА «НЕДРА» 1991

ББК 26.1
Б 79
УДК 528.48(031)

Большаков В. Д., Клюшин Е. Б., Васютинский И. Ю.

Б 79 Геодезия. Изыскания и проектирование инженерных сооружений: Справ. пособие — М.: Недра, 1991.— 238 с.: ил.

ISBN 5-247-01249-6

Дана классификация инженерных сооружений, раскрыты особенности инженерных, геодезических, топографических, геологических, гидрогеологических изысканий для проектирования различного вида сооружений. Особое внимание уделено инженерно-геодезическим изысканиям для проектирования сооружений транспорта и линий связи, жилых и административных зданий, объектов землеустройства и лесоустройства, гидротехнических и промышленных сооружений. Описаны организация проектного дела и инженерных изысканий, приведены нормативные документы на проектные работы. Показана роль космических исследований в практике инженерных изысканий.

Для инженеров и техников-геодезистов, проектировщиков и строителей.

Б $\frac{1802020000-171}{043(01)-91}$ 11—91

ББК 26.1

ISBN 5-247-01249-6

© В. Д. Большаков, Е. Б. Клюшин, И. Ю. Васютинский, 1991

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая книга является составной частью многотомного справочного пособия «Геодезия».

Инженерные изыскания являются важным звеном в производственно-технологической цепи создания сооружений «изыскания — проектирование — строительство». От их качества, полноты и своевременности, в конечном итоге, зависит качество проектирования, строительства и сроки ввода сооружений в эксплуатацию. В настоящее время нельзя построить ни одного объекта народного хозяйства без проведения инженерных изысканий. Проведение изыскательских работ в том или ином объеме необходимо также при модернизации и расширении действующих объектов. Материалы изысканий позволяют создавать экономически и экологически целесообразные, научно обоснованные проекты различных объектов и сооружений.

Инженерно-геодезические изыскания занимают важнейшее место в общем объеме геодезических работ в стране. Их выполняют около 50 специализированных трестов и институтов системы Госстроя СССР, Госстроев союзных республик и других ведомств, более 1000 проектно-изыскательских институтов различных нестроительных министерств. В последние годы в процессы проведения инженерно-изыскательских работ, особенно в области крупномасштабных съемок, все больше включаются различные организации ГУГК при Совете Министров СССР.

Инженерно-геодезические изыскания характеризуются большой трудоемкостью. Поэтому совершенствование методов их проведения, внедрение передовых, высокопроизводительных средств измерений является актуальной задачей во всех изыскательских и проектно-изыскательских организациях.

Инженерно-геодезические изыскания обеспечивают и объединяют многочисленные данные и результаты экономических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических исследований.

1. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Народное хозяйство страны включает в себя различные предприятия и сооружения. Поступательное развитие экономики зависит от их нормального взаимосвязанного функционирования. Существующие предприятия и сооружения постоянно подвержены модернизации, проектируются и строятся новые объекты.

Инженерные сооружения геодезисты различают по назначению, геометрической форме, размеру, конструктивным особенностям.

По назначению инженерные сооружения условно можно разделить на:

1) промышленные (комбинаты, заводы, фабрики);

2) объекты энергетики (тепловые и атомные электростанции, теплоэлектроцентрали);

3) гидротехнические (плотины, ГЭС, каналы и т. д.);

4) транспортные (железные и автомобильные дороги, мосты, речные и морские порты, аэропорты, линии электропередач, трубопроводы);

5) связи (антенные системы, линии связи);

6) жилищно-гражданские (жилые, общественные и административные здания и объекты);

7) прецизионные и уникальные (ускорители заряженных частиц, крупные радиотелескопы, солнечные печи, высотные телебашни и т. д.);

8) сельскохозяйственные (элеваторы, животноводческие комплексы, фермы, силосные башни и т. д.).

Одни и те же сооружения по своему функциональному назначению могут быть причислены к разному типу, однако ряд сооружений трудно отнести к какому-либо из перечисленных выше типов.

По геометрической форме сооружения разделяют на площадные (населенные пункты, промышленные предприятия, гидроузлы, тепловые и атомные электростанции и т. п.) и линейные (железные и автомобильные дороги, каналы, линии электропередач и связи, трубопроводы).

По размерам сооружения одного и того же типа различают на малые (местного значения), средние (районного и областного значения), крупные (республиканского и союзного значения).

Сооружения одного и того же типа могут иметь различные конструктивные и технологические характеристики.

В последующих параграфах этой главы дана краткая характеристика основных типов инженерных сооружений.

1.2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Промышленные предприятия (комбинаты, объединения, заводы, фабрики и т. д.) создают в городах и других населенных пунктах. Каждое предприятие представляет собой систему основных и вспомогательных

производств, в основном, связанных между собой единым технологическим или производственным процессом.

Каждое предприятие обладает комплексом производственных, административных и вспомогательных зданий и сооружений, складским хозяйством, внутренней и внешней системой подземных и надземных коммуникаций, внутренней и внешней сетью автомобильных, железных и, в некоторых случаях, подвесных дорог.

Предприятия могут иметь резервные территории, предназначенные для расширения и дальнейшего развития производства. Многие заводы, особенно химические, должны иметь санитарную зону, отделяющую их от жилых массивов. Однако они могут иметь в непосредственной близости к своей территории специальные жилые дома, предназначенные для проживания аварийных рабочих.

Промышленные предприятия делят на предприятия добывающей и обрабатывающей промышленности.

К предприятиям добывающей промышленности относят предприятия, связанные с добычей угля, железной руды, цветных металлов, минеральных удобрений, строительных материалов и т. д. Способы добычи могут быть открытыми и закрытыми. Как правило, на таких предприятиях — на их обогатительных и агломерационных фабриках идет предварительная обработка или обогащение добытой продукции.

Предприятия добывающей промышленности вместе с зоной добычи могут занимать очень большие территории. Они имеют, как правило, высокоразвитую сеть подвесных, железных и автомобильных дорог, специальные транспортные и конвейерные линии, подъемники, погрузочно-разгрузочные бункера, дробильные и сортировочные установки. Большие территории этих предприятий заняты открытыми и закрытыми оперативными складами добытой и готовой продукции, полуфабрикатов, отвалами пустых пород и другими вспомогательными площадками и сооружениями.

К предприятиям обрабатывающей промышленности относят комбинаты и заводы черной и цветной металлургии, машиностроительные, металлообрабатывающие, приборостроительные, судостроительные, химические, предприятия строительной индустрии (домостроительные комбинаты, заводы металлоконструкций, цементные, кирпичные, стекольные, деревообрабатывающие заводы), лесной и бумажной промышленности, легкой промышленности (текстильные, трикотажные, швейные, обувные и другие фабрики), пищевой промышленности (мясокомбинаты, хлебокомбинаты, макаронные и кондитерские фабрики, молокозаводы, маслозаводы, консервные заводы), медицинской промышленности (заводы медицинских препаратов и лекарственных средств, витаминные заводы) и т. д.

Предприятия черной металлургии занимают значительные территории (500 га и более). Они имеют длинные (до 1000 м) цехи, большие площади, занятые отвалами шлака и другими материалами. Основными цехами являются литейные и прокатные. Вспомогательными цехами являются транспортный, энергетический, кирпичный, кузнечно-прессовый, механический, модельный. Имеются объекты складского хозяйства (цеховые,

оперативные, промежуточные и резервные склады, склады запасов материалов и готовой продукции) и административные здания. В комплекс металлургического предприятия могут входить коксохимический завод и завод огнеупоров, агломерационная фабрика.

Особенно развита сеть железных дорог. Для внутризаводских перевозок имеется сеть автомобильных дорог. Металлургические заводы обладают системой стационарного механического транспорта, включающей мостовые и поворотные краны, кабельные подвесные конвейеры и т. п.

В связи с высоким уровнем потребления электроэнергии предприятия черной металлургии могут включать в себя электростанции, теплоэнергоцентрали, трансформаторные подстанции, компрессорные установки, газогенераторные станции, топливные склады.

Сеть подземных коммуникаций включает в себя систему водоснабжения, электропитания, канализации, теплофикации и т. д.

Предприятия цветной металлургии по сравнению с предприятиями черной металлургии имеют более скромные размеры, плотную застройку и меньшую сеть транспортных линий, в частности, железных дорог.

Машиностроительные и металлообрабатывающие заводы имеют относительно компактную застройку. Крупные заводы, например, автомобилестроительные могут занимать очень большие территории площадью в несколько квадратных километров (ЗИЛ в г. Москве, ГАЗ в г. Горьком и т. д.). Заводы имеют хорошо развитую сеть автодорог, сравнительно небольшую сеть железных дорог и подземных коммуникаций.

Приборостроительные заводы отличаются компактностью, высоким уровнем организации и использования территории, малой сетью технологических и транспортных коммуникаций. На таких заводах может преобладать многоэтажная застройка цехов.

Судостроительные заводы могут включать в себя судостроительные и машиностроительные производства. Они обязательно должны иметь на своей территории участок водоема для размещения панелей и мест достройки судов.

Химические предприятия отличаются относительно небольшой плотностью застройки, что необходимо для обеспечения эффективной естественной вентиляции территории, относительно слабой сетью железных и автомобильных дорог, но очень густой сетью подземных и надземных коммуникаций, включающей в себя различные виды канализации, материалопроводов, электросети, сети водо- и теплоснабжения и т. д. На территории химического предприятия может быть размещено большое количество различных емкостей и хранилищ (газгольдеров, нефтеналивных баков и т. д.). Большие площади могут занимать различные очистные сооружения.

Предприятия строительной индустрии занимают, как правило, небольшие площади со слабо развитой сетью подземных и надземных коммуникаций. На таких предприятиях хорошо развита сеть автомобильных дорог, подвесных канатных дорог, пневматического транспорта и конвейеров.

Предприятия строительной индустрии имеют обширное складское

хозяйство. Вблизи этих предприятий могут находиться карьеры для добычи различных строительных материалов (песка, щебня, глины и т. д.).

Предприятия лесной и бумажной промышленности имеют небольшие (до 100—150 га) территории и включают в себя деревообделочные, деревообрабатывающие, бумагоделательные цехи, большое складское хозяйство. Эти предприятия могут быть расположены на берегах лесосплавных рек. Они обязательно имеют железнодорожную связь с магистральными железнодорожными линиями для вывоза готовой продукции.

Предприятия легкой, пищевой и медицинской промышленности имеют, как правило, небольшие территории площадью до нескольких га, малоэтажную застройку, сеть подземных коммуникаций, уровень развития которой зависит от характера производства. Некоторые из этих предприятий могут иметь подъездные железные дороги.

1.3. ОБЪЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

К объектам энергетики относят электростанции: тепловые (ТЭС), атомные (АЭС), гидро (ГЭС) (рассмотрены в 1.4), солнечные, ветряные, приливные.

ТЭС разделяют на паротурбинные, газотурбинные, парогазотурбинные и дизельные.

В качестве топлива на ТЭС используют угли различных месторождений, мазут, газ, торф, сланцы.

В СССР около 80% всей электроэнергии вырабатывают тепловые электростанции.

Парогазотурбинные электростанции разделяют на теплофикационные электростанции (ТЭЦ), которые строят чаще всего в крупных городах, и конденсационные электростанции (КЭС), которые строят обычно в районах с дешевым топливом. Отличие ТЭЦ от КЭС состоит в том, что ТЭЦ отдает потребителю не только электроэнергию, но и тепло с сетевой водой, которая по магистралям подается в жилые массивы и на промышленные предприятия на отопление и горячее водоснабжение.

Теплоэлектростанции общего назначения называют Государственными районными электростанциями (ГРЭС).

Под теплоэлектростанцию отчуждают основную производственную территорию в пределах ограды с общей площадью от 15—25 до 50—65 га в зависимости от мощности, водохранилище (пруд — охладитель) с площадью от 500 до 4000 га. Кроме того при тепловой электростанции может быть построен жилой поселок на площади от 50 до 200 га. Золоотвалы могут занимать от 10 до 100 га.

Для тепловой электростанции, работающей на бурых углях и сланцах, площади основной производственной территории и золоотвала могут быть увеличены.

Ширина санитарной зоны для ТЭЦ не превышает 500—1000 м и зависит от состава топлива, мощности ТЭЦ, степени газоочистки и высоты дымовых труб.

На рис. 1 представлен план застройки промплощадки ГРЭС.

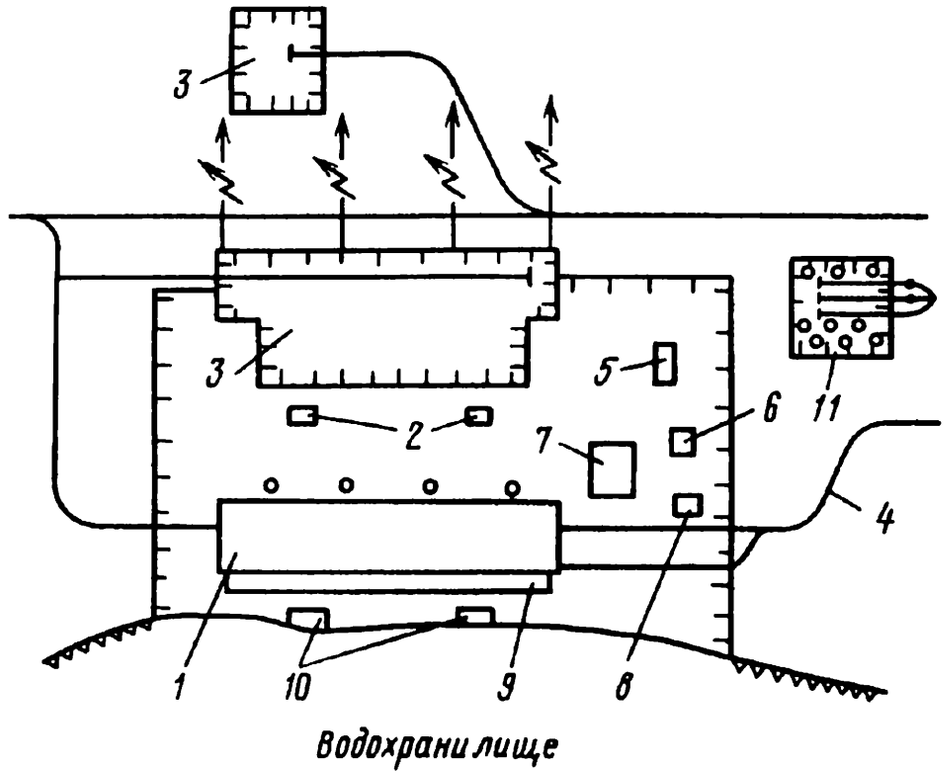


Рис. 1. План-схема застройки промплощадки ГРЭС:

1 — главный корпус; *2* — газораспределительные пункты; *3* — открытые распределительные устройства; *4* — железнодорожные пути; *5* — пусковая котельная; *6* — материальный склад; *7* — объединенный вспомогательный корпус; *8* — масляное хозяйство; *9* — площадка для установки трансформаторов; *10* — насосная станция; *11* — мазутное хозяйство

Основными зданиями и сооружениями тепловой электростанции являются: главный корпус с машинным залом и котельной; объекты топливного и мазутно-масляного хозяйства; объединенный вспомогательный корпус с химводоочисткой; сооружения технического водоснабжения (насосные станции для подачи воды, градирни или пруды-охладители, служащие для охлаждения отработанной воды, брызгальные бассейны); золоотвал; сооружения золошлакоудаления; открытые и закрытые распределительные устройства напряжения; железнодорожные пути и автомобильные дороги. Кроме того имеются различные склады, ремонтные мастерские, компрессорные, азотно-кислородная и ацетило-генераторная станции, площадки для водородных ресиверов, вспомогательные корпуса и т. д.

Главный корпус тепловой электростанции обычно должен быть приближен к источнику водоснабжения. Он может иметь высоту до 60 м и более, дымовые трубы достигают высоты 250 м и выше. Основными помещениями главного корпуса являются котельная (парогенераторная) и машинный (турбинный) зал, а дополнительными — деаэраторное и бункерное отделения. Без бункерного отделения сооружают главные корпуса ТЭС, сжигающих газ и мазут.

Массивными сооружениями на ТЭС являются охладители башенного типа — градирни с высотой до 50 и более метров и диаметром в основании до 50 м.

ТЭЦ располагают недалеко от потребителей тепла, так как протяжен-

ность паропроводов не должна превышать несколько километров, а сетей с горячей водой — 30 км.

Атомные электростанции располагают в районах, бедных органическим топливом. Однако не только этот критерий должен служить основным для выбора площадки под АЭС. Необходимо учитывать, что АЭС являются объектами повышенной социальной опасности.

Основная территория АЭС небольшая. Однако площадь санитарной зоны, в пределах которой не допускается сельскохозяйственное земледелие, проживание людей и наличие предприятий, связанных с производством продуктов питания, может быть значительной.

На территории АЭС располагают главный корпус, водозаборные сооружения, распределительное устройство закрытого или открытого типа, сооружения технического водоснабжения со спецводоочисткой, административно-инженерный корпус, хранилище твердых и жидких радиоактивных отходов, склад свежих тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), санпропускник, азотные станции и другие сооружения. На рис. 2 представлена схема расположения основных сооружений АЭС.

Главный корпус АЭС может иметь разные компоновки. В нем располагаются машинный зал, реакторное отделение, этажерки электроустройств, вытяжной вентиляционный центр с вентиляционной трубой. В машинном зале расположены турбоагрегаты, мостовые краны для монтажа и ремонта технологического оборудования.

Новыми в нашей стране объектами энергетики являются крупные солнечные электростанции. В 1988 г. в Крыму вступила в строй экспериментальная солнечная электростанция мощностью 5 МВт. Электростанция содержит поле гелиостатов и 89-метровую башню с парогенератором. Основным преимуществом солнечных электростанций является экологическая чистота, что должно обусловить дальнейшее расширение их сети в будущем в южных районах страны.

Существуют еще и ветряные электростанции, но они в нашей стране пока не получили распространения. Изыскания ветровых электростанций связаны преимущественно с метеорологическими наблюдениями.

Экологически чистыми являются приливные электростанции, использующие энергию приливов и отливов. Актуальность использования энергии приливов и отливов обусловливается ее неизменностью в сезонном и многолетнем периоде, отсутствием ущерба рыбному хозяйству и затопления территорий при ее использовании.

В настоящее время положено начало практическому освоению и использованию приливов в народнохозяйственных целях. В 1968 г. была построена первая в СССР опытная Кислогубская приливная электростанция на побережье Баренцева моря. Ведутся изыскания для ряда других приливных электростанций в энергетически значимых приливных районах. Наивысшие приливы в СССР наблюдаются на побережье Баренцева моря (4—7,4 м), на побережье Белого моря (10,2 м), в Пенжинской губе Охотского моря (12,9 м). Изыскания приливных электростанций связаны с большим объемом гидрологических и метеорологических наблюдений.

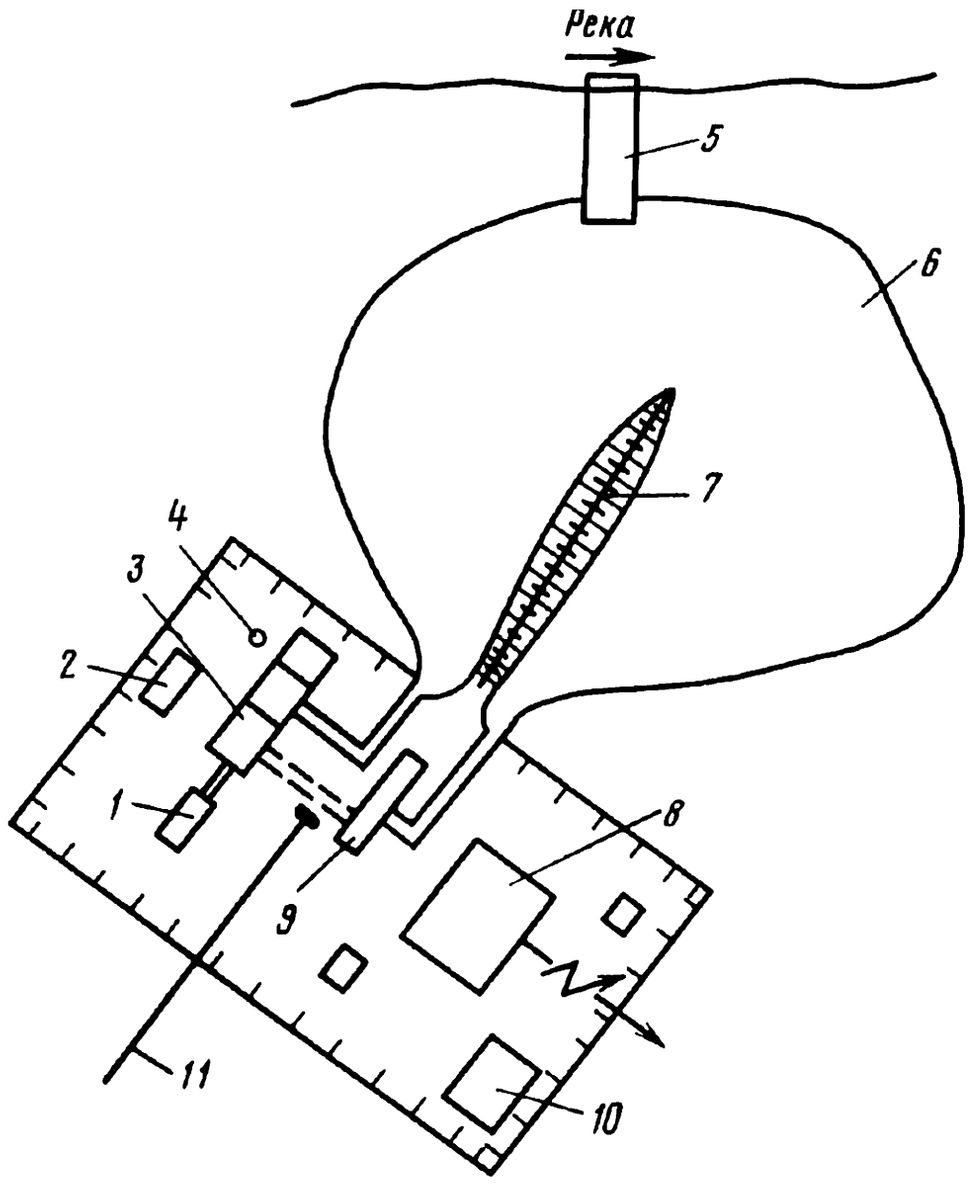


Рис. 2. Схема расположения основных сооружений АЭС:

1 — административно-инженерный корпус; *2* — склад свежих тепловыделяющих элементов; *3* — главный корпус; *4* — вентиляционная труба; *5* — насосная станция; *6* — пруд-охладитель; *7* — дамба; *8* — распределительное устройство; *9* — водозаборное сооружение; *10* — хранилище радиоактивных отходов; *11* — подъездная железная дорога

Транспортировку электроэнергии от электростанций к потребителям осуществляют при помощи высоковольтных линий электропередач. В зависимости от напряжения их подразделяют на линии до 35 кВ и линии от 35 до 500 кВ. Воздушные линии состоят из металлических, железобетонных или деревянных опор и изоляторов, поддерживающих на определенной высоте систему из трех или шести проводов.

На территориях промышленных объектов, населенных мест передача электроэнергии обычно ведется по подземным кабельным линиям.

1.4. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Строительство гидротехнических сооружений выполняют для решения задач использования энергии рек, обеспечения судоходства, сплава леса, водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, оро-

шения полей, осушения территорий, отвода отработанных и сточных вод и т. д.

К гидротехническим сооружениям общего назначения относят водонапорные плотины и дамбы; трубчатые, шахтные и траншейные водопропускные сооружения; различные водоводы, выполненные в виде каналов с отстойными бассейнами, безнапорных и напорных трубопроводов; регуляционные и берегоукрепительные сооружения.

Плотины — сооружения, перегораживающие реку, удерживающие воду на разных уровнях; служат для создания водохранилищ, запас воды которых может быть использован для получения электроэнергии на ГЭС, обеспечения судоходности, водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов, орошения земель.

Разность высот верхнего и нижнего уровней воды, разделенных плотиной, называют напором. Участок реки, расположенный выше плотины, называют верхним бьефом, а ниже плотины — нижним бьефом.

В зависимости от применяемых для строительства материалов различают плотины земляные, каменно-набросные, бетонные и железобетонные.

Бетонные и железобетонные плотины строят на малых и больших реках. Они бывают гравитационные, контрфорсные, арочные и арочно-гравитационные.

Сопротивление гравитационных плотин силам сдвига осуществляется за счет собственной массы. В вертикальном разрезе такие плотины имеют форму прямоугольных треугольников с гипотенузой, обращенной к нижнему бьефу (рис. 3). К гравитационным относят плотины Днепровского, Усть-Каменогорского, Братского, Красноярского, Токтогульского гидроузлов. На скальном основании ширина подошвы гравитационной плотины значительно меньше ширины подошвы плотин, сооружаемых на нескальном основании.

Напорное перекрытие контрфорсных плотин (рис. 4) со стороны нижнего бьефа имеет контрфорсы, устанавливаемые с некоторым шагом друг от друга. Нагрузка от давления воды на напорное перекрытие передается на контрфорсы и далее на скальное основание или специально заложенную фундаментную плиту.

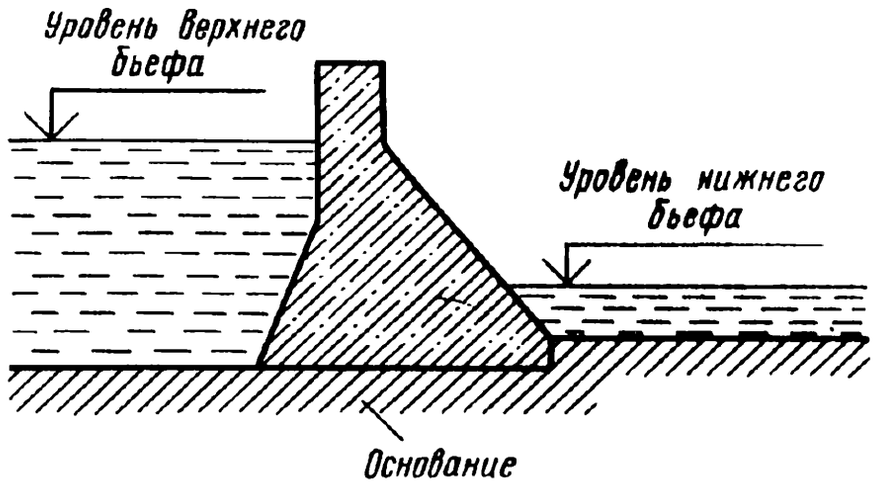


Рис. 3. Гравитационная плотина

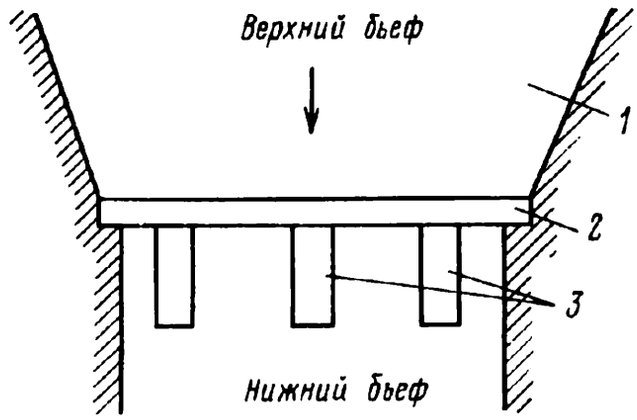


Рис. 4. Контрфорсная плотина:
1 — водохранилище; *2* — напорное перекрытие; *3* — контрфорсы

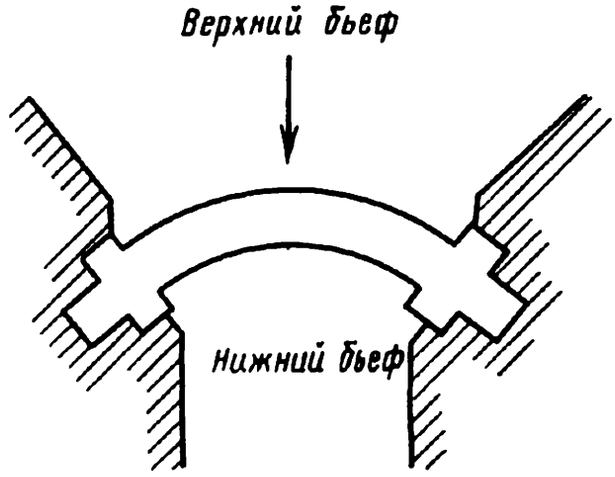


Рис. 5. Арочная плотина

Арочные плотины сооружают на горных реках (Ингурская, Чуркейская, Саяно-Шушенская). Они опираются на прочные скальные берега ущелья, имеют криволинейную форму и работают как свод или оболочка, передавая, в основном, нагрузку на берега (рис. 5). Устойчивость арочной плотины создается реакциями бортов ущелья, на которые она опирается. Арочные плотины значительно менее массивны и материалоемки, чем гравитационные.

Арочно-гравитационные плотины работают одновременно как арки и как гравитационные плотины.

Дамбы служат для предохранения низких мест от затопления водой, для ограждения водохранилищ и т. п., и представляют собой чаще земляные и реже — каменные и железобетонные валы.

Водопропускные сооружения устраивают на гидроузлах в виде водосбросов или донных отверстий для пропуска излишков воды в водохранилищах, в населенных пунктах и на некоторых промышленных предприятиях — для отвода сточных и отработанных вод.

Каналы бывают магистральные и подводные, судоходные, оросительные, ирригационные и т. д. Некоторые магистральные каналы имеют протяженность несколько сот километров. В их состав входят системы шлюзов, насосных станций и других сооружений.

Совокупность нескольких гидротехнических сооружений называют гидроузлом. Обычно в состав гидроузлов входит гидроэлектростанция (ГЭС). Строительство ГЭС чаще всего решает комплексные проблемы энергетики, речного транспорта, водоснабжения и ирригации. Крупные гидроузлы могут занимать площадь до 10—20 км^2, а водохранилища при них — 200—300 км^2.

В приплотинных ГЭС здание станции размещают вблизи плотины. При этом здание ГЭС может являться непосредственным продолжением плотины (Волжская ГЭС им. В. И. Ленина, Цимлянская ГЭС, Киевская ГЭС и др.) и участвовать в создании напора (рис. 6) или располагаться за плотиной в нижнем бьефе и в создании напора не участвовать (Усть-Каме-

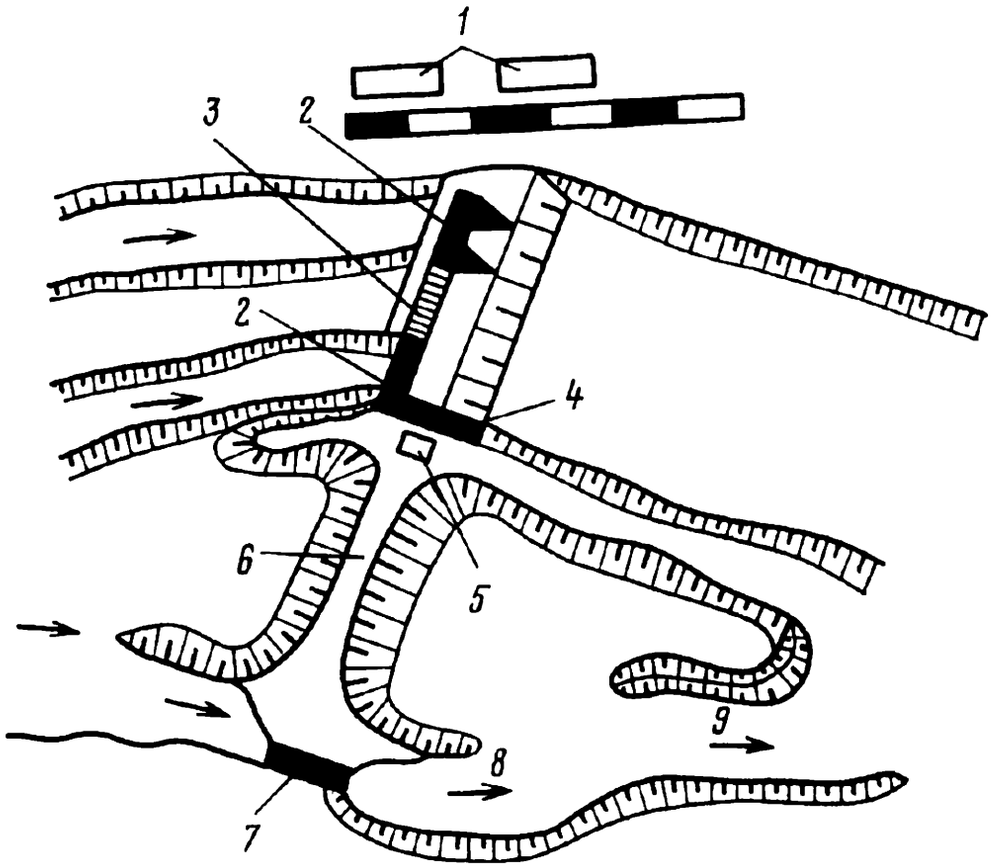


Рис. 6. Схема приплотинной ГЭС:

1 — первая подстанция; *2* — здания ГЭС; *3* — водосливная плотина; *4* — рыбоход; *5* — вторая подстанция; *6* — глухая земляная дамба; *7* — судоходный шлюз; *8* — водосброс шлюза; *9* — судоходный путь

ногорская ГЭС, Братская ГЭС, Красноярская ГЭС и др.). В последнем случае подвод воды к турбинам ГЭС осуществляют по специальным трубопроводам. Если здание ГЭС значительно удалено от плотины, то такую ГЭС называют деривационной (рис. 7).

В деривационной гидроэлектростанции высота плотины может быть небольшой, необходимой лишь для отвода воды из реки в деривационный канал. Сосредоточенный напор получается из-за того, что деривационный канал вдоль реки имеет меньший уклон, чем сама река. Сброс воды из напорного бассейна деривационного канала на турбины, расположенные в здании гидроэлектростанции, осуществляется по специальным трубопроводам.

Могут быть смешанные ГЭС, у которых напор создается частично с помощью плотины достаточно большой высоты, а частично — с помощью деривации.

В настоящее время в нашей стране практически прекращено проектирование и строительство гидроэлектростанций на равнинных реках в связи с тем, что их водохранилища затапливают большие территории полезных в сельскохозяйственном отношении земель, нарушают сложившееся экологическое равновесие окружающей среды.

Гидроэлектростанции сейчас строят преимущественно на горных реках, причем в виде каскада. Плотины на горных реках отличаются значи-

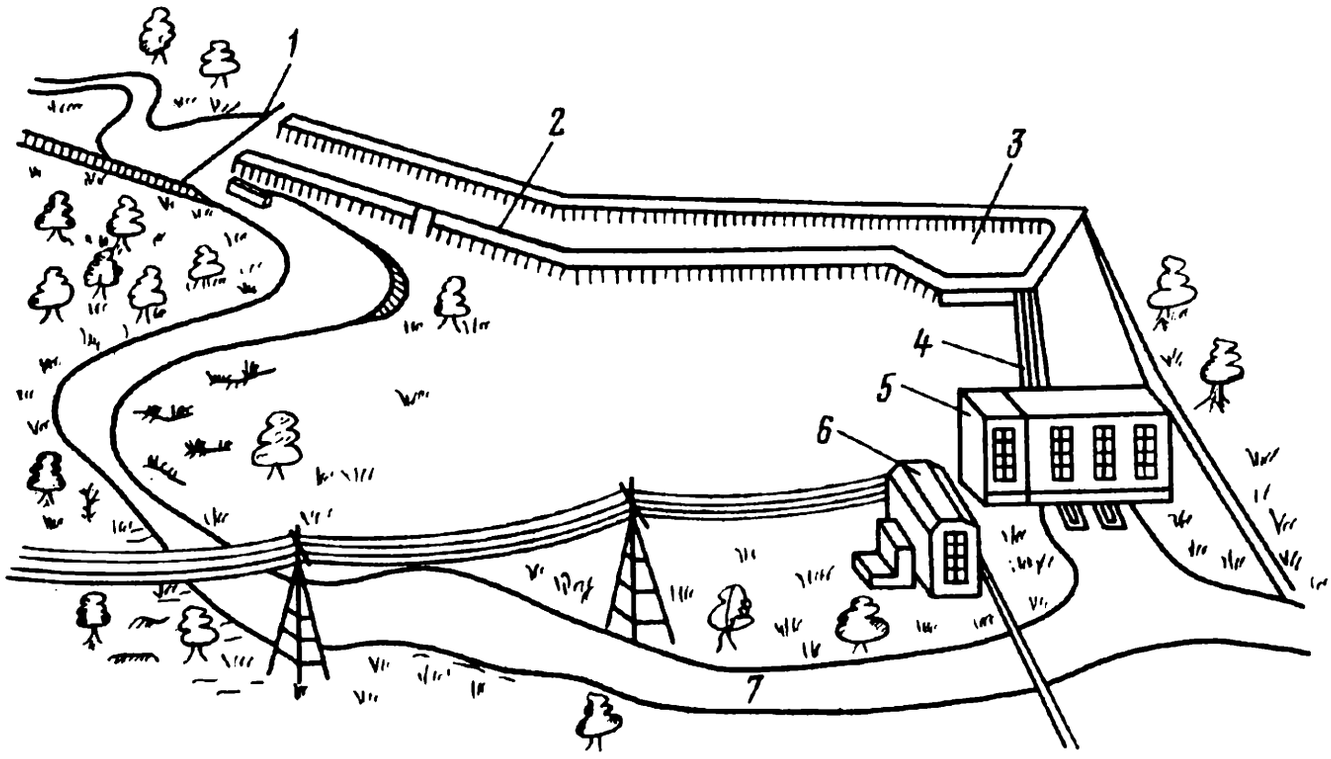


Рис. 7. Гидроузел с деривационной турбоэлектростанцией:

1 — плотина; *2* — деривационный канал; *3* — напорный бассейн; *4* — трубопроводы; *5* — здание гидроэлектростанции; *6* — трансформаторная подстанция; *7* — река

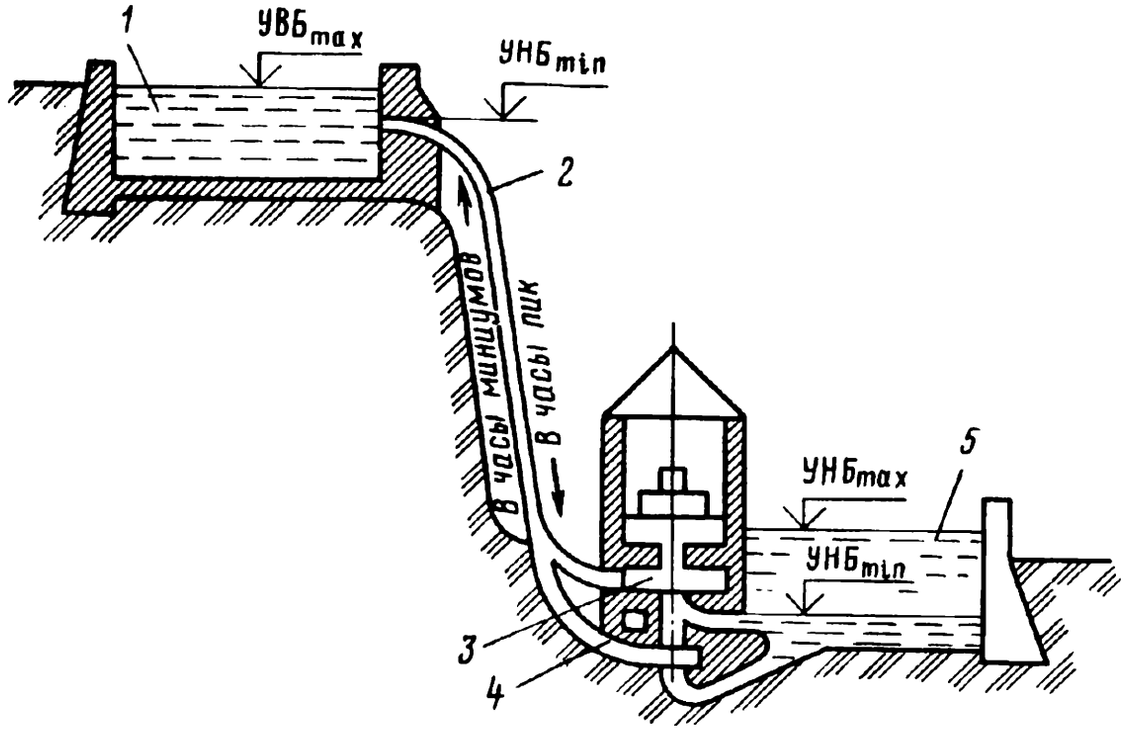


Рис. 8. Схема гидроаккумулирующей электростанции:

1, 5 — верхний и нижний бассейны; *2* — напорный трубопровод; *3* — турбина; *4* — насос; УВБ — уровень верхнего бьефа; УНБ — уровень нижнего бьефа

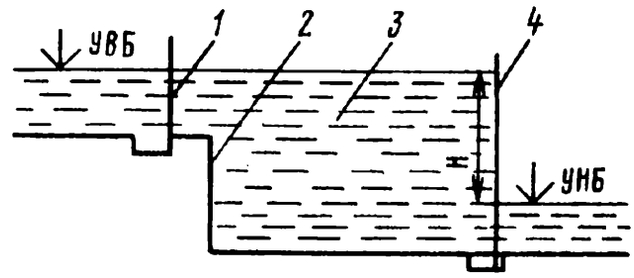


Рис. 9. Однокамерный шлюз:

1, 4 — верхние и нижние ворота; *2* — стена падения; *3* — камера; Н — напор на шлюз; УВБ — уровень верхнего бьефа; УНБ — уровень нижнего бьефа

тельной высотой, а водохранилища — большой глубиной, но сравнительно малой площадью водной поверхности.

В нашей стране начато строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), которые служат для выработки и накопления электроэнергии и помогают сгладить неравномерность ее потребления в различное время суток.

Гидроаккумулирующая электростанция имеет два бассейна — верхний и нижний (рис. 8). Бассейны соединены напорным трубопроводом. В ночное время (в часы минимумов потребления электроэнергии) гидроэлектростанция работает в насосном режиме, перекачивая воду из нижнего бассейна в верхний. В часы «пик» электростанция работает в генераторном режиме, сбрасывая запасы воды в верхнем бассейне и отдавая дополнительную энергию в сеть.

Шлюзы на гидроузлах и магистральных судоходных каналах служат для пропуска судов из одного бьефа реки или канала в другой путем выравнивания уровня воды в камерах шлюза. Судоходный шлюз (рис. 9) является наиболее распространенным на внутренних водных путях. Многокамерный шлюз состоит из нескольких последовательно расположенных камер одинаковых размеров, разделенных головами. Многокамерные шлюзы строят в тех случаях, когда по водохозяйственным, геологическим или экологическим условиям и соображениям целесообразно уменьшить напор на отдельную камеру (13 шлюзов Беломоро-Балтийского канала имеют по две камеры, 3 камеры — у Новосибирского и 4 — у Бухтарминского шлюзов).

Парный (двухниточный) шлюз состоит из двух камер одинакового напора, расположенных рядом и действующих независимо друг от друга. Парные шлюзы строят в тех случаях, когда одна камера не обеспечивает пропуск заданного грузооборота. Парные шлюзы могут быть многокамерными.

В комплекс гидроузлов входят жилой поселок, подсобные сооружения, подъездные автомобильные и железные дороги, трубопроводы различного назначения и т. п.

1.5. СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ

В нашей стране создана мощная единая транспортная сеть, способная удовлетворить потребности народного хозяйства и населения в перевозках.

Основой единой транспортной сети являются железные дороги, как наиболее универсальный вид коммуникаций; автомобильные дороги, обес-

печивающие необходимую разветвленность транспортной сети; воздушные линии, формируемые преимущественно для пассажирского и почтового сообщения; водные (речные и морские) пути; трубопроводные магистрали для транспортировки нефти, нефтепродуктов, газа и т. д. В пассажирских сообщениях единая транспортная сеть дополняется городским пассажирским транспортом.

Возрастающие потребности народного хозяйства, значительный рост грузовых и пассажирских перевозок вызывают необходимость в дальнейшем расширении транспортной сети, развитии транспортных узлов и повышении технического уровня всех элементов транспортной сети.

Особое место в единой транспортной сети страны занимают транспортные узлы, являющиеся составной частью городов и территориально-хозяйственных и промышленных агломераций. В их пределах выполняется более 60% работы по погрузке и выгрузке грузов и более 50% отправления и прибытия пассажиров. Эти операции могут выполняться комплексно магистральным транспортом (железнодорожным, автомобильным, морским, речным, воздушным, трубопроводным), промышленным грузовым (железнодорожным, автомобильным, трубопроводным, конвейерным, канатно-подвесным), городским пассажирским (метрополитеном, трамваями, автобусами, троллейбусами, таксомоторами, легковыми машинами, ведомственными автомобилями и т. д.).

Железные дороги. Первая железная дорога в России была построена в 1838 г. от Петербурга до Павловска. В 1843—1851 гг. была построена крупнейшая в то время в мире двухпутная магистраль Петербург — Москва. В дальнейшем была создана разветвленная сеть железных дорог, обеспечивающая районы страны транспортной связью с центром. При этом придавалось значение взаимной увязке железнодорожного и водного транспорта. Крупные железнодорожные станции и узлы превращались в крупные промышленные центры.

В настоящее время по грузонапряженности и общему объему грузопотока, перерабатываемому железнодорожным транспортом, СССР занимает первое место в мире. Железные дороги в СССР осваивают более 60% всего грузопотока и более 40% пассажирских перевозок. Протяженность сети железных дорог в настоящее время составляет в среднем 150 тыс. км, из них электрифицированных железных дорог — более 45 тыс. км, остальные дороги находятся на тепловозной тяге.

Железная дорога — сложная техническая система, состоящая из большого числа сооружений и устройств, механизмов и машин, средств автоматики и т. д.

Пропускная способность дороги определяется числом пар поездов, которое она может пропустить в сутки. Провозная способность определяется максимально возможной грузовой массой (млн. т/год), которую железная дорога может перевезти за год. Одним из важных показателей дороги является максимальная скорость движения.

Железные дороги разделяют на три категории. К дорогам I категории относят магистрали, обеспечивающие основные общегосударственные транспортные связи с большими размерами перевозок (более

5 млн.т-км/км в год) и с большой интенсивностью пассажирских перевозок — 10 и более пар поездов дальнего следования в сутки, при скоростях движения около 150 км/ч.

К дорогам II категории относят линии межрайонных грузовых и пассажирских перевозок при скорости движения 100—120 км/ч.

К дорогам III категории относят линии и ветки с объемом перевозок до 3 млн.т-км/км в год и интенсивностью перевозок до 3 пар поездов в сутки.

Элементами двухпутной и однопутной железной дороги являются прямые участки, круговые и переходные кривые. Прямые участки обеспечивают кратчайшее расстояние, минимальный пробег грузов и минимальные эксплуатационные расходы. Круговые кривые служат для плавного сопряжения соседних прямолинейных участков. Круговые кривые характеризуются параметрами: α — угол поворота, R — радиус поворота, $к$ — длина кривой, $Т$ — тангенс, $Б$ — биссектриса, $Д$ — домер.

Для кривых установлены стандартные радиусы, м: 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000, 2500, 3000, 4000. При входе каждого вагона в кривую для предотвращения бокового удара, связанного со скачкообразным появлением центробежной силы, между круговой кривой и прямой вставляют переходную кривую — радоидальную спираль с переменным радиусом кривизны.

Выделяют понятие смежных кривых. Они разделены прямой вставкой d и могут быть направлены в одну сторону (рис. 10, $а$) и в противоположные стороны (рис. 10, $б$). Прямая вставка расположена между точками начал переходных кривых ($КПК_1$, $НПК_2$). СНиП устанавливает минимальные размеры прямых вставок d. Например, на линиях II и III категорий прямые вставки между однонаправленными кривыми должны быть не менее 100 м, а между разнонаправленными — не менее 75 м. В трудных условиях разнонаправленные кривые разрешается проектировать без прямой вставки.

Элементами профиля железной дороги являются прямолинейные участки и вертикальные круговые кривые. Прямолинейные участки характеризуются уклоном i, измеряемым в тысячных долях (‰), как отношение превышения h (м) к 1 км горизонтального проложения $l (i = h/l)$. Верти-

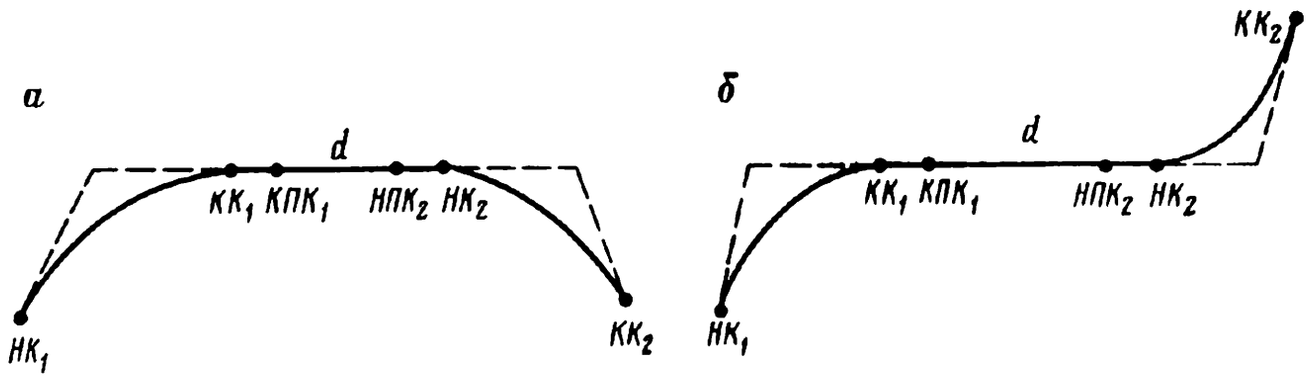


Рис. 10. Смежные кривые:

$а$ — однонаправленные, $б$ — разнонаправленные

кальные кривые характеризуются параметрами: α_b — угол поворота, R_b — радиус, κ_b — длина кривой, T_b — тангенс, $Б_b$ — биссектриса.

На однопутных дорогах устраивают разъезды (рис. 11), предназначенные для того, чтобы встречные поезда могли разъехаться. Разъезды кроме главного имеют 1—2 боковых пути развития. Место встречи двух поездов на разъезде называют скрещением. Скрещение называют остановочным, если один из поездов на разъезде останавливается. Бывают безостановочные скрещения.

На двухпутных линиях для обгона поездов устанавливают обгонные пункты (рис. 12), содержащие боковые пути. Остановочное и безостановочное скрещение и обгон поездов могут происходить также на станциях.

Станции предназначены для обеспечения пропускной способности участков дорог, выполнения грузовой и сортировочной работы, удовлетворения населения в пассажирских перевозках, осмотра и ремонта подвижного состава, смены локомотивов, поездных и локомотивных бригад. Станции, кроме главного пути, имеют развитую систему дополнительных путей (рис. 13).

Станции, разъезды, обгонные пункты называют раздельными пунктами с путевым развитием. К раздельным пунктам без путевого развития относят проходные светофоры и путевые посты. Расстояние между светофорами называют блок-участком. Путевые посты устраивают на линиях, не оборудованных автоматической блокировкой. Они служат для разрешения или запрещения входа поездов на ограждаемые постами перегоны. Раздельные пункты делят железнодорожную линию на перегоны.

На строительство станций и других раздельных пунктов затрачивается до 40% стоимости дорог.

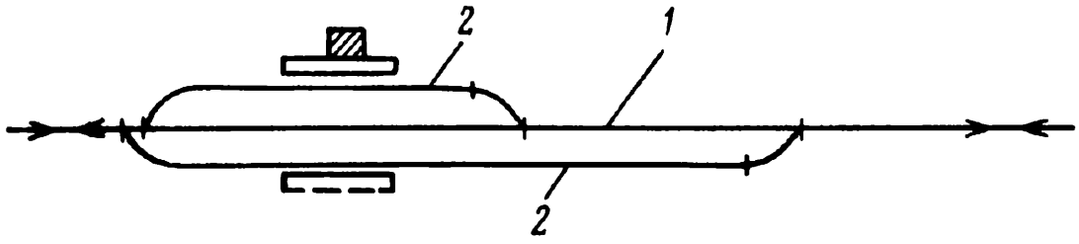


Рис. 11. Схема разъезда на однопутной железной дороге:
1 — основной путь, *2* — боковой путь

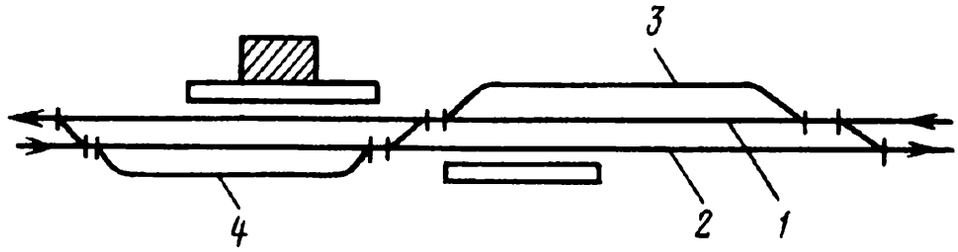


Рис. 12. Схема обгонного пункта:
1, 2 — основные пути, *3, 4* — боковые пути

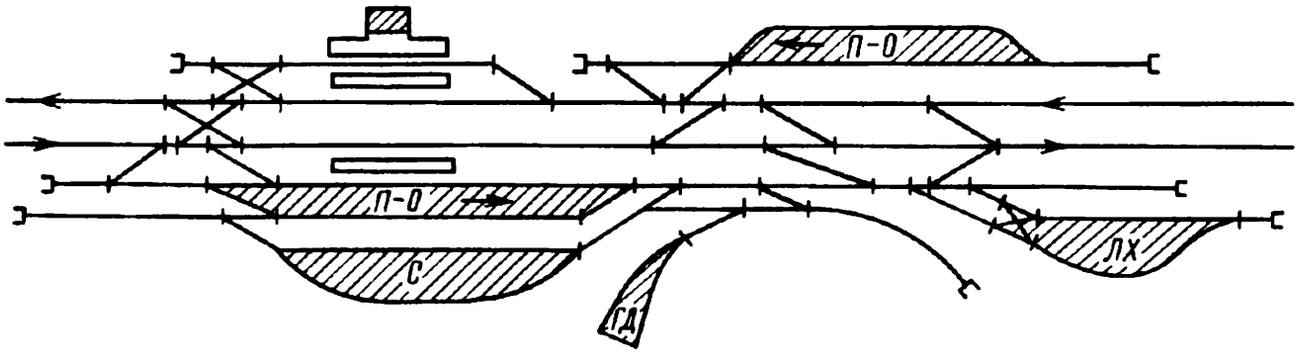


Рис. 13. Схема станции:

П-О — пункт приемо-отправочных путей; *С* — сортировочный парк; *ГД* грузовой двор; *ЛХ* — локомотивное хозяйство

Трассы железных дорог пересекают русла различных водотоков. Для сохранения земляного полотна от размыва воду пропускают с помощью мостов, труб и других водопропускающих сооружений (лотков, акведуков). Мосты в зависимости от длины делят на малые (до 25 м), средние (25—100 м), большие (более 100 м). Водопропускные трубы различают по форме поперечного сечения и по роду материала. Круглые железобетонные трубы имеют отверстия 1—2 м, прямоугольные — 1—4 м, прямоугольные бетонные — 1,5—6 м, круглые металлические гофрированные — 1,5—3 м.

Проектирование и изыскания железных дорог осуществляют специализированные проектно-изыскательские институты: Ленгипротранс, Мосгипротранс, Уралгипротранс, Сибгипротранс, Трансэлектропроект, Гипротранссигналсвязь, ПромтрансНИИпроект и др.

Автомобильные дороги. Автомобильные дороги разделяют на пять категорий. Дороги I категории относят к магистралям общегосударственного и республиканского значения. Суточная интенсивность движения на них составляет более 6 тыс. автомобилей при расчетной скорости движения 150 км/ч. Эти дороги имеют по 4 и более полос движения. Между направлениями движения они имеют разделительную полосу.

Дороги II категории также относят к магистралям государственного и республиканского значения. Они имеют суточную интенсивность движения 3—6 тыс. автомобилей при расчетной скорости движения 120 км/ч.

Дороги III категории имеют республиканское и областное значение. Интенсивность движения на них составляет 1—3 тыс. автомобилей в сутки при расчетной скорости 100 км/ч.

Дороги IV, V категории имеют местное значение. Они имеют небольшую интенсивность движения и расчетную скорость транспорта 60—80 км/ч.

Общая протяженность внегородской дорожной сети страны ориентировочно оценивается в 4,6 млн. км. Общая протяженность магистральных дорог общего пользования с твердым покрытием составляет около 800 тыс. км.

Как и железные дороги, автомобильные имеют прямые участки, кривые и переходные кривые. Продольный профиль автодорог состоит из прямолинейных участков и вертикальных круговых кривых.

Наиболее сложными элементами автодорог являются участки примыкания и пересечения. Желательно, чтобы угол пересечения осей автодорог был близок к 90°. В месте примыкания главная дорога должна быть по возможности прямолинейной.

На разных уровнях пересекаются автодороги I категории с дорогами всех категорий, дороги II категории с дорогами II и III категорий, а также важнейшие дороги III категории. При этом устраивают путепроводы и съезды с одной дороги на другую (рис. 14). Радиусы левоповоротных съездов должны быть не менее 50—60 м, а правоповоротных — более 250 м для дорог I и II категорий и более 125 м для дорог III категории. Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых кривых принимают для дорог I и II категорий: на левоповоротных съездах — 1500 м; на правоповоротных съездах — 5000 м; для вогнутых кривых — соответственно 1200 и 2000 м.

При строительстве дороги на крутом склоне развивают линию в виде зигзагов с острыми углами. Сопряжение линий на таких участках осуществляют при помощи сложных внешних кривых, называемых серпантинами (см. раздел 7). Серпантины также проектируют для обхода оврагов, ущелий и других препятствий. На трассах автодорог также устраивают водопропускные сооружения в виде мостов, труб и т. д.

В отличие от железных дорог на автодорогах придорожные сооружения не очень сложны. Через определенные интервалы вдоль автодорог устраивают заправочные станции, площадки для отдыха и т. д. В пределах города сооружают специальные автовокзалы.

Аэропорты. В единой транспортной системе страны воздушному транспорту принадлежит особое место, как самому быстрому виду сообщений. Главным образом его используют для перевозки пассажиров (около 80%). На долю воздушного транспорта на многих направлениях приходится до 90% общих перевозок пассажиров (Ашхабад, Душанбе, Хабаровск, Владивосток и др.). Общая протяженность воздушных линий страны составляет около 1 млн. км.

Основными сооружениями воздушного транспорта являются аэропорты. По назначению аэропорты подразделяют на международные, союзные и местные, по годовым объемам перевозки пассажиров — на пять классов. К I классу относят аэропорты с объемом пассажирских перевозок 7—10 тыс. человек в год, ко II — 7 тыс., к III — 2—4 тыс., к IV — 0,5—2 тыс., к V — 0,1—0,5 тыс. человек. Аэропорты с годовым объемом более 10 тыс. относят к внеклассным. Кроме пассажирских перевозок аэропорты осуществляют большой объем оптово-грузовых перевозок. Аэропорты располагают, как правило, вблизи крупных населенных пунктов.

На рис. 15 представлена примерная схема аэропорта. Взлетно-посадочную полосу с искусственным покрытием общей площадью ~ 30 тыс. м^2 для аэропортов V класса и ~ 200 тыс. м^2 для аэропортов I класса располагают вдоль господствующего направления ветра. Параллельно этой полосе оборудуют грунтовую взлетно-посадочную полосу. Некоторые аэропорты имеют резервные взлетно-посадочные полосы.

Перед взлетно-посадочными полосами и сзади них располагают кон-

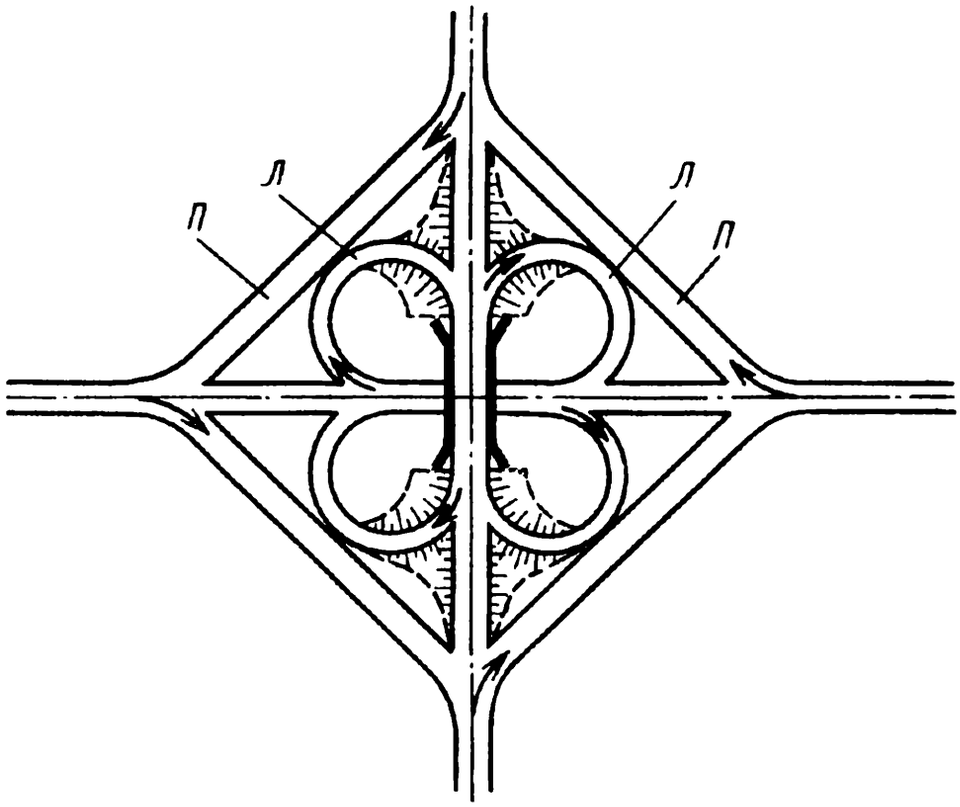


Рис. 14. Схема примыкания автодорог в виде «клеверного листа»:
П — правоповоротные соединения; *Л* — левоповоротные соединения

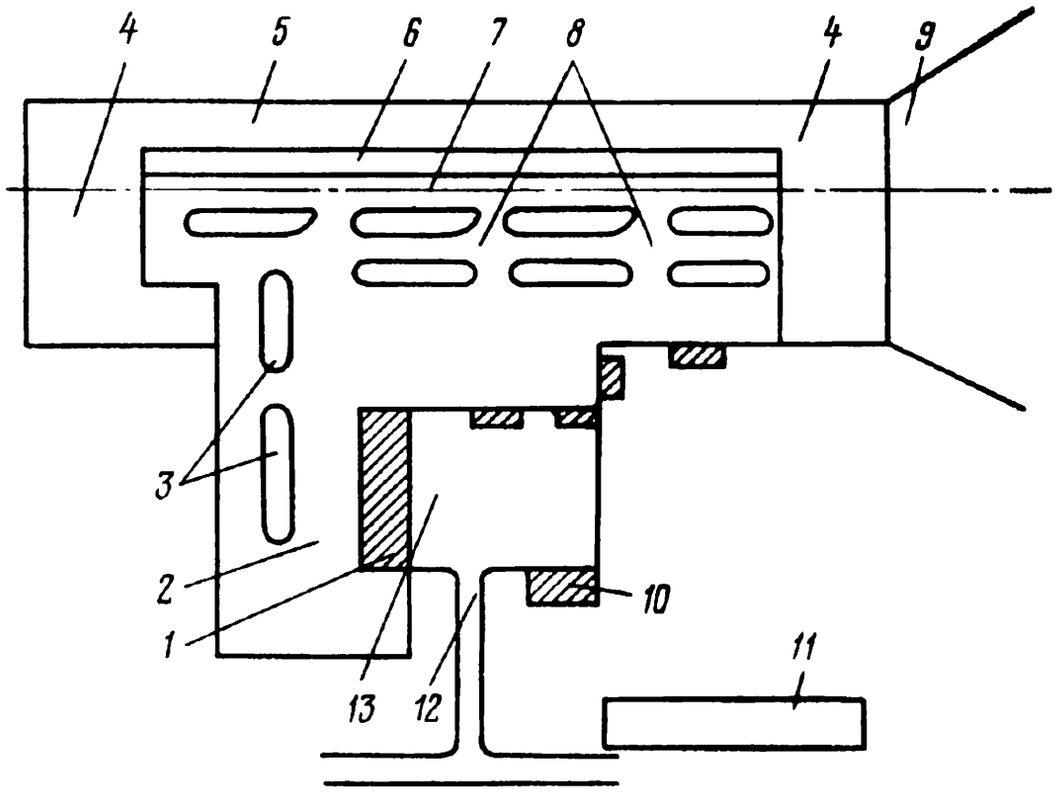


Рис. 15. Схема аэропорта:

1 — аэровокзал; *2* — перрон; *3* — места стоянок самолетов; *4* — концевая полоса безопасности; *5* — боковая полоса безопасности; *6* — грунтовая взлетно-посадочная полоса; *7* — взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием; *8* — рулежная дорожка; *9* — полоса воздушных подходов; *10* — гостиница; *11* — жилгородок; *12* — подъездная дорога; *13* — привокзальная площадь

цевые полосы безопасности длиной по ~500 м. Параллельно взлетно-посадочным полосам располагают боковую полосу безопасности.

К летной полосе прилегает район воздушных подходов, в пределах которого ограничена высота вертикальных препятствий.

Аэропорт содержит аэровокзал, привокзальную площадь, перрон, рулежные дорожки, различные здания технического обслуживания и бытового назначения и другие сооружения (см. рис. 15). Перрон, места стоянок самолетов и рулежные дорожки имеют твердое покрытие.

Аэропорты имеют развитые сети подземных коммуникаций: водоснабжения, водоотвода, пожарной и охранной сигнализации, газоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения, электроосвещения, связи и др.

Морские и речные порты. Водный транспорт играет большую роль в международных и внутренних перевозках. Особо важное значение он имеет в развитии экономики отдаленных и северных районов страны. Общая протяженность, например, внутренних водных судоходных путей сообщения в стране, эксплуатируемых различными организациями, составляет около 150 тыс. км. Несмотря на сезонность работы во многих регионах страны водный транспорт позволяет значительно разгрузить железнодорожный транспорт, особенно от грузов сезонного производства (хлеба, овощей, фруктов, леса, ряда строительных материалов и т. д.).

Основными сооружениями на морских и речных путях являются морские и речные порты, шлюзы, каналы и водные межбассейные соединения.

По назначению порты подразделяют на транспортные, военные, промысловые и порты-убежища.

Основное назначение транспортных портов заключается в передаче грузов с водного транспорта на сухопутный или в обратном направлении. Для этого порты располагают комплексом инженерных сооружений и соответствующим оборудованием.

Военные порты (базы флота) предназначены для обслуживания военно-морского флота.

Порты-убежища предназначены для укрытия судов во время шторма.

Промысловые порты, из которых наибольшее развитие получили рыбные порты, оборудуются складами — холодильниками и имеют в своем составе перерабатывающие предприятия.

На рис. 16 дана схема транспортного морского порта. Подходный канал имеет достаточные глубины на участке от моря до акватории порта. Судоходная обстановка в виде входных огней на головах оградительных сооружений и створных знаков на территории порта служит для обеспечения безопасности движения судов при подходе к порту. Внешние оградительные сооружения служат для защиты порта от волнения и льда. Оградительные сооружения, связанные с берегом, называют молами, а расположенные вдали от берега, и не имеющие с ним связи,— волноломами.

Участки берега, не занятые причалами, имеют специальные берегоукрепления, предохраняющие берег от разрушения. На территории порта

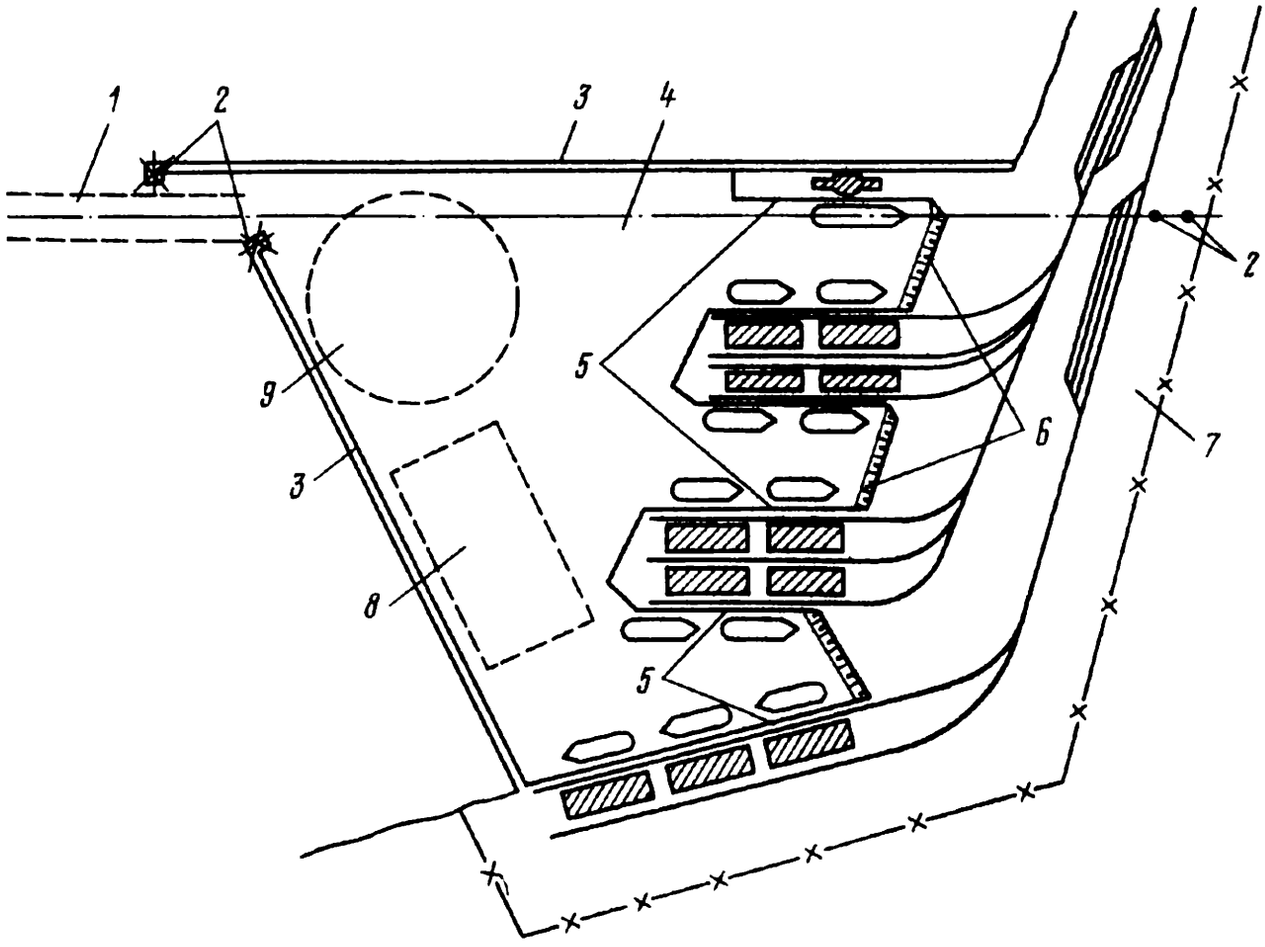


Рис. 16. Схема транспортного морского порта:

1 — подходный канал; *2* — судоходная обстановка; *3* — внешнее оградительное сооружение; *4* — акватория порта; *5* — причальный фронт; *6* — берегоукрепление; *7* — территория порта; *8* — перегрузочный рейд; *9* — навигационный рейд

располагают склады, элеваторы, нефтехранилища, ремонтные, служебно-бытовые сооружения и т. д.

Речные порты характеризуются прежде всего отсутствием оградительных сооружений (рис. 17). Как правило, нет в речных портах и подходных каналов.

Трубопроводный транспорт. Главное преимущество трубопроводного транспорта, по сравнению со всеми другими видами транспорта, является его экономичность, обусловленная тем, что сам груз перемещается без тары и упаковки. Классическими грузами трубопроводного транспорта являются нефть, нефтепродукты, газ, вода. Общая протяженность нефтепроводов в стране составляет около 70 тыс. км, а газопроводов — около 140 тыс. км. Сейчас на многие километры перекачиваются по трубам удобрения, различные кислоты и жидкости.

Основными элементами трубопроводного транспорта являются трубопроводы (стальные, чугунные; железобетонные, керамические, стеклянные и т. д.), головные насосные станции, промежуточные насосные станции перекачки, резервуары — хранилища, дюкеры, эстакады и т. д. Вдоль трасс трубопроводов ведут радиорелейные и телефонные линии, грунтовые дороги.

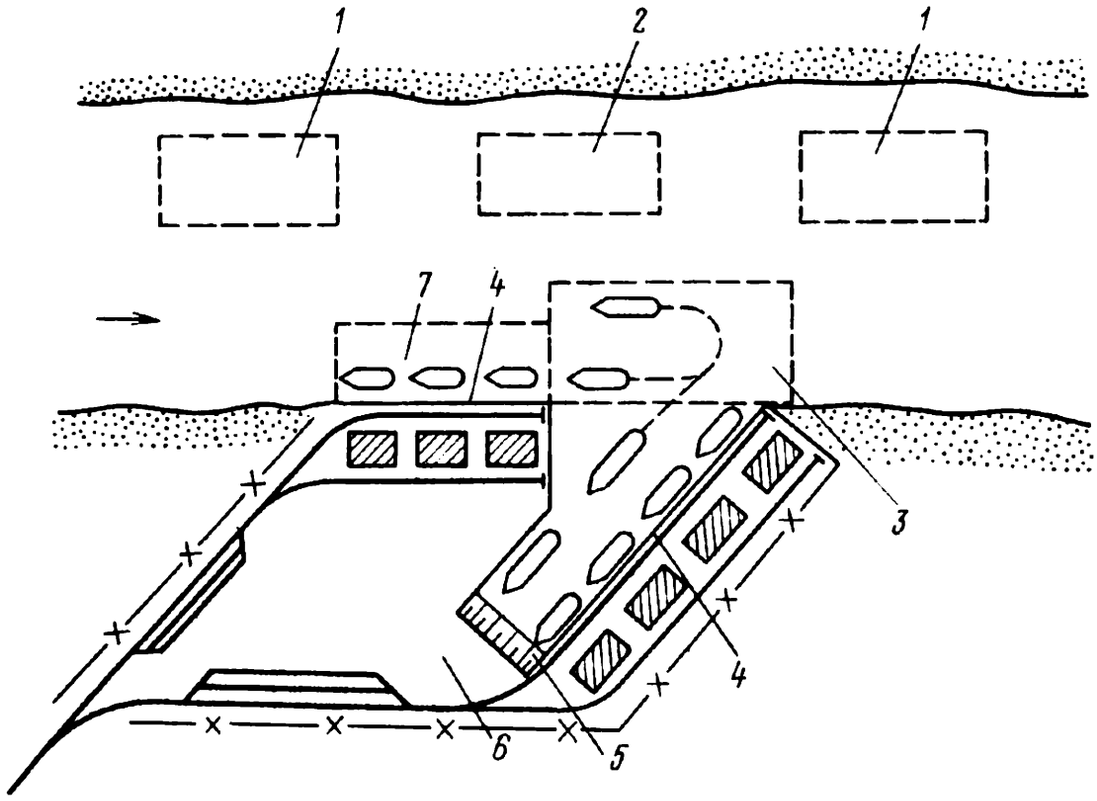


Рис. 17. Схема речного порта:

1 — сортировочный рейд; *2* — перегрузочный рейд; *3* — навигационный рейд; *4* — причальный фронт; *5* — берегоукрепление; *6* — территория порта; *7* — причальный рейд

Сооружения связи. Различают следующие виды связи: телефонная (междугородняя, внутрирайонная, городская), радиофикация, радиорелейная, телефонная, космическая и т. д. Основными сооружениями связи являются соответствующие станции и линии связи (кабельные и воздушные). Наиболее ответственными сооружениями связи являются радиотелевизионные башни и мачты.

Телевизионные мачты и башни получили развитие в связи с широким распространением телевидения и УКВ-связи. Строят металлические мачты решетчатого типа и железобетонные башни. Самыми высокими в мире являются телевизионные башни в Торонто — 553 м, Останкинская в Москве — 540 м, в Токио — 385 м, в Риге — 375 м. Из мачт — наиболее высокие находятся в ПР — около 600 м, в США — около 500 м, в СССР — около 350 м и т. д.

При выборе площадки для строительства и изысканиях особое внимание уделяют изучению грунтов, ветровых нагрузок и сейсмичности района. При возведении и эксплуатации башен наиболее высокие требования предъявляются к вертикальности оси сооружения (1:1000—1:2000), отсутствию эксцентричности в положении отдельных поясов и колец.

1.6. ЖИЛЫЕ, АДМИНИСТРАТИВНЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ

Современные жилые и административные здания представляют собой многозвенную конструкцию значительных линейных размеров. По этажности их делят на малоэтажные (до 5 этажей), средней этажности (5—

12 этажей), высотные (свыше 12 этажей). По конструкции здания бывают с несущими стенами (например, крупнопанельные), каркасные и объемно-блочные.

Современное гражданское строительство развивается преимущественно по пути повышения этажности. Это приводит к большей компактности населенных пунктов, сокращению трасс коммуникаций, транспортных путей и т. д.

В настоящее время строительство жилых зданий осуществляется преимущественно по типовым проектам. В процессе проектирования жилых массивов и отдельных зданий по результатам инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий осуществляют привязку типовых проектов к конкретной местности.

Административные здания строят по типовым и индивидуальным проектам. В настоящее время идет тенденция повсеместного сокращения строительства таких зданий.

Особое место занимает строительство общественных зданий. Школы, детские сады и ясли строят преимущественно по типовым проектам. Строительство зданий вузов, кинотеатров, театров ведется по малосерийным типовым или индивидуальным проектам. Самым грандиозным из строительных комплексов учебных заведений в СССР является Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.

В последнее время появилось много оригинальных инженерных объектов общественного пользования, в которых применены неординарные архитектурные формы, железобетонные и металлические конструкции. К этим объектам относят различные большепролетные сооружения (спортивные и выставочные залы, крытые стадионы и рынки, велотреки, гаражи и др.), открытые стадионы, куполообразные концертные залы, конференцзалы и т. д.

В строительстве большепролетных сооружений широкое распространение получили висячие покрытия.

Проектированию административных и общественных зданий обязательно предшествуют комплексные инженерные изыскания, состав которых зависит от важности объекта, его конструктивных и геометрических особенностей.

1.7. ПРЕЦИЗИОННЫЕ И УНИКАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

К прецизионным относят сооружения, нормальная работа которых обеспечивается при повышенной точности монтажа их оборудования и стабильности положения их конструкций в процессе эксплуатации.

К прецизионным сооружениям относят различные радиотелескопы, ускорители заряженных частиц, солнечные печи и другие сооружения. Все эти объекты как класс сооружений довольно широко распространены, но как правило, каждый из них является уникальным, так как обладает существенными конструктивными отличительными признаками и разными геометрическими размерами.

Современный радиотелескоп состоит из антенны, устройства управления, приемного устройства, системы обработки информации.

Применяют различные типы антенн: параболические, сферические, переменного профиля, интерферометры и т. д. Диаметры параболических антенн для радиоастрономии достигают 180 м.

Сферические антенны получили название «земляные чаши». Например, антенна со сферическим зеркалом радиуса 265 м в Аресибо (США) состоит из металлических щитов, которыми выстлано дно потухшего вулкана.

Перспективны антенны переменного профиля. Их отражатель расчленен на отдельные, механически не связанные между собой секции, совместно воспроизводящие нужную форму отражательной поверхности. Крупнейшим в мире радиотелескопом с круговым отражателем является РАТАН 600 (СССР). Секции кругового отражения этого сооружения расположены по окружности со средним радиусом 288 м. Каждый элемент (щит) поверхности отражателя обращен к центру окружности и представляет собой прямоугольную вырезку размером $7{,}4 \times 2{,}0$ м из кругового цилиндра радиусом 360 м. Элементы имеют возможность перемещения по радиусу, поворота по азимуту и наклона по углу места. В центре окружности, образованной отражателем, расположен облучатель и прямолинейный отражатель.

Простейший интерферометр состоит из двух антенн, соединенных высокочастотным кабелем. Разность фаз принятых сигналов зависит от расстояния (фазы) между антеннами и направления прихода радиосигналов.

Для траекторных измерений необходимо в каждый момент знать длину и наклон базы интерферометра или быть уверенным в постоянстве их значения за достаточно длительный период времени.

Наиболее сложными и значительными по геометрическим размерам являются современные ускорители заряженных частиц. Они бывают разного типа, но в основном линейного и кольцевого.

Самый большой линейный ускоритель (электронов на энергию 37 ГэВ) построен в Стенфорде (США). Он имеет длину более 3,5 км. В СССР из сооружений линейного типа наиболее крупным является Мезонная фабрика Института ядерных исследований АН СССР (рис. 18).

Серпуховский ускоритель (рис. 19) на энергию 70 ГэВ является самым крупным в СССР действующим кольцевым ускорителем с радиусом 236 м. Пучок заряженных частиц направляется из инжектора *3* в кольцевой ускоритель *2*, где он разгоняется до необходимой энергии и направляется в разводки *4* экспериментального зала или галерею *1* и далее на экспериментальные установки.

В настоящее время идет строительство гигантского ускорительно-накопительного комплекса (УНК) на энергию 3000 ГэВ с радиусом около 3 км. За рубежом имеется целый ряд крупных ускорительных комплексов. В Европейском центре ядерных исследований построен гигантский протонный ускоритель на энергию 450 ГэВ с радиусом 1,1 км. Кольцевой ускоритель в Батавии (США) на энергию 500 ГэВ имеет радиус 1 км.

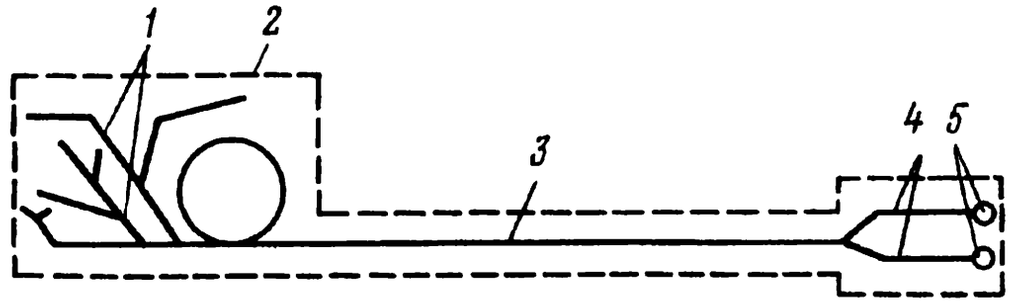


Рис. 18. Схема Мезонной фабрики:

1 — система разводок пучка; *2* — экспериментальный зал; *3* — линейный ускоритель; *4* — канал транспортировки пучка; *5* — инжектор

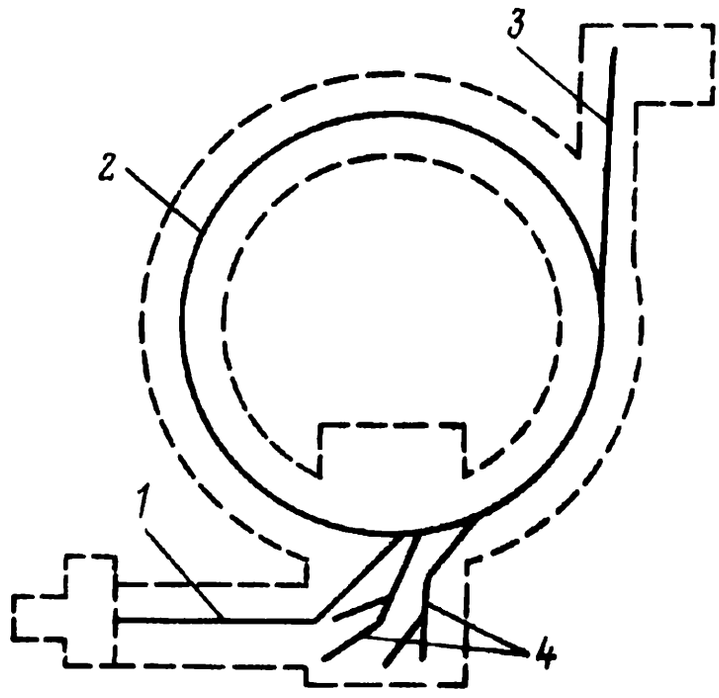


Рис. 19. Схема Серпуховского ускорителя:

1 — галерея; *2* — кольцевой ускоритель; *3* — инжектор; *4* — система разводок пучка экспериментального зала

Ускорители заряженных частиц строят на поверхности Земли, но чаще заглубляют, что связано, во-первых, с необходимостью расположить основные конструкции в зоне наименьших микросмещений пород, во-вторых, с требованиями обеспечения радиационной безопасности.

В СССР и ряде других стран ведется освоение различных типов гелиоустановок. Наиболее мощными из них являются солнечные печи. Основным элементом солнечной печи является оптическая система, служащая для концентрации и направления солнечных лучей на нагреваемый объект. Площади мощных солнечных печей могут достигать сотен и тысяч квадратных метров.

На рис. 20 дана схема гелиокомплекса «Солнце», созданного в СССР. Гелиокомплекс служит для выполнения особо чистых металлургических процессов; он содержит 62 гелиостата *4*, концентратор *1* солнечной печи *2*, расположенной в технологической башне *3*.

Зеркальные поверхности гелиостатов и концентратора состоят из отдельных зеркальных элементов (фацет) размером 0,45×0,45 м. Площадь

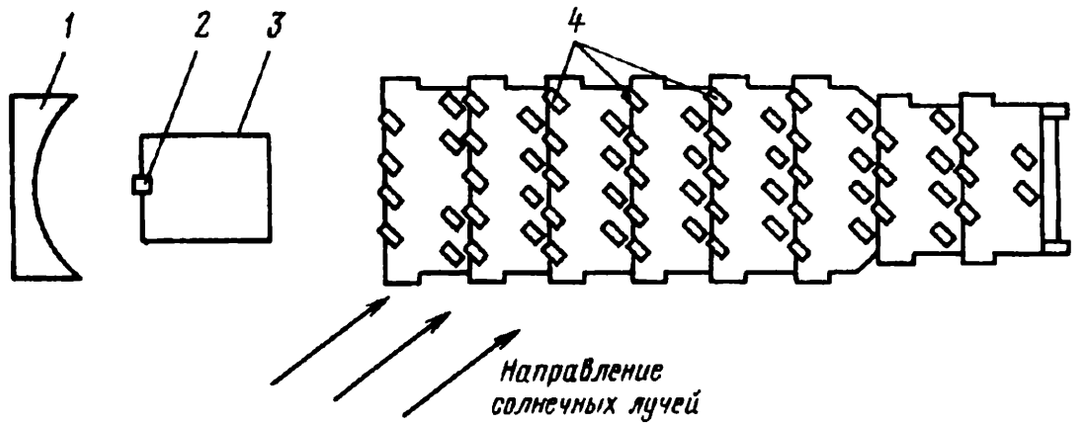


Рис. 20. Схема гелиокомплекса:
1 — концентратор; *2* — солнечная печь; *3* — технологическая башня; *4* — гелиостаты

зеркальной поверхности каждого гелиостата составляет около 50 м^2. Гелиостатное поле в профиле имеет ступенчатую форму. Для уменьшения взаимного затенения гелиостаты расположены в шахматном порядке.

Концентратор представляет собой часть параболоида вращения с фокусным расстоянием ~20 м, шириной ~50 м, высотой ~40 м. Оптическая ось концентратора направлена с юга на север. Технологическая башня предназначена для установки солнечной печи в фокальной точке концентратора.

В процессе слежения за Солнцем в течение всего дня гелиостаты поворачиваются по вертикали и горизонтали. Лучистый поток направляется на концентратор, который собирает его в фокальное пятно диаметром 40 см. Основное требование предъявляется к ориентированию фацет со средней квадратической ошибкой около 30″. Аналогичная установка была еще раньше смонтирована в Мон-Луи (Франция).

Во всех прецизионных сооружениях предъявляются очень высокие требования к установке и стабильности положения оборудования в процессе эксплуатации. Достаточно сказать, что взаимное положение некоторых элементов должно сохраняться в процессе эксплуатации с точностью, исчисляемой величиной 0,1—1 мм. В связи с этим к выбору площадок под такие сооружения предъявляют очень высокие требования, в особенности к геологическим характеристикам основания.

1.8. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

К сельскохозяйственным сооружениям кроме населенных пунктов относят элеваторы, животноводческие комплексы и фермы, птицефермы, силосные башни и другие объекты.

Наиболее сложными и массивными являются элеваторы, служащие для хранения больших масс зерна и оборудованные механизмами для подъема, обработки (сушки, очистки и т. д.) и отгрузки зерна.

В настоящее время строят преимущественно железобетонные элеваторы. В самой высокой части элеватора — рабочей башне — сосредото-

чено основное технологическое оборудование. В ней производят прием, взвешивание, обработку зерна, направление его на хранение, а также отпуск на производство или на транспорт. Силосный корпус состоит из группы цилиндрических с диаметром 6—10 м или призматических (с сечением 4×4 м^2) железобетонных резервуаров (силосов). Высота силосов достигает 30 м.

При элеваторе сооружают отдельное здание (цех отходов), куда направляются отходы после очистки зерна и пыль из аспирационных установок. При элеваторе сооружают также собственную электростанцию или понизительную подстанцию. К элеватору устраивают автомобильные и железнодорожные подъезды.

В 1960—70 гг. широко развернулось строительство крупных животноводческих комплексов, которые включали серию одноэтажных ферм, кормоцехов, сети коммуникации и другие сооружения. Однако эти комплексы по разным причинам оказались менее экономически выгодными, чем предполагалось. В настоящее время строительство таких комплексов производится в малом объеме. В связи с развитием арендного и семейного подряда строительство будет ориентировано на создание малых, но экономически эффективных ферм.

Силосные сооружения предназначены для приготовления скоту и хранения сочного корма — силоса. Разделяют три типа силосных сооружений: башни, ямы и траншеи. Наиболее капитальными сооружениями являются башни диаметром 4—6 м и высотой 10—12 м. Существуют и другие сельскохозяйственные сооружения — консервные цехи, цехи для сортировки и упаковки сельскохозяйственной продукции и т. д.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОГО ДЕЛА В СССР

Строительство, расширение, реконструкция или техническое перевооружение предприятий, зданий, сооружений и других объектов могут осуществляться лишь при наличии утвержденного проекта, разработанного на основе материалов инженерных изысканий.

Проект — это комплексное инженерное, архитектурно-конструктивное, объемно-планировочное и технологическое решение, учитывающее конкретные условия эксплуатации и обеспечивающее нормальное функционирование объектов строительства в соответствии с их назначением.

Изыскания и проектирование — это по существу первый этап строительства, на котором предопределяются качественные характеристики будущего сооружения: его функциональное назначение, эксплуатационные качества, долговечность, художественная выразительность и др.

Проектирование для строительства — сложный творческий процесс. В нем участвуют различные специалисты (геодезисты, геологи, гидрологи,

метеорологи, строители, архитекторы, конструкторы, технологи, экономисты и др.).

Проектированию принадлежит ведущая роль в деле обеспечения эффективного использования капитальных вложений, выделяемых на развитие всех отраслей производственного и непроизводственного назначения.

По мере совершенствования производства и преобразования социально-экономической структуры общества возрастают требования, предъявляемые к проектированию и строительству, к их способности эффективно обеспечивать реализацию комплексных программ развития производительных сил. Именно на стадии изысканий и проектирования предопределяется судьба будущего производства (сооружения, здания), его размещение, технологические и объемно-планировочные решения, ход строительства. При разработке проектно-сметной документации определяются такие важные показатели строительства, как его стоимость, трудоемкость и сроки возведения объектов, решается важнейшая проблема современности — охрана окружающей среды.

Проектные и изыскательские организации должны быть основными проводниками передового опыта и новшеств, внедряемых в практику строительства. Для выполнения своей главной задачи — ускорения научно-технического прогресса — эти организации должны осуществлять проектирование с использованием комплексного подхода, т. е. с учетом всей совокупности факторов, влияющих на эффективность разрабатываемых проектных решений.

Главной задачей проектирования является внедрение таких решений, которые к моменту ввода сооружения в действие обеспечивали бы опережающий уровень технико-экономических показателей, достигнутых в данной отрасли народного хозяйства и в зарубежной практике.

Проектирование должно быть направлено на разработку и внедрение прогрессивных методов формирования промышленных узлов и агропромышленных комплексов, рациональное решение планировки и застройки объектов, благоустройство территорий с учетом развития и размещения производительных сил страны. В процессе проектирования проектные и изыскательские организации должны по-государственному подходить к использованию ценных земель (особенно пашни).

При разработке генпланов новых и проектов реконструкции существующих городов, рабочих поселков и сельских населенных пунктов необходимо шире использовать новые принципы градостроительства, предусматривающие: создание планово-регулируемых групп экономически взаимосвязанных населенных мест; совершенствование транспортных сетей и сети объектов культурно-бытового назначения; развитие городских систем инженерного оборудования; благоустройство и оздоровление территорий и др.

По назначению различают проекты на строительство промышленных, агропромышленных, жилищно-гражданских и специальных (транспортных, водохозяйственных, гидротехнических, энергетических и др.) объектов.

По характеру архитектурных, конструктивных, планировочных, техно-

логических решений и их повторяемости проекты разделяют на типовые и индивидуальные. По типовым проектам осуществляют строительство основных и вспомогательных зданий, сооружений и предприятий в целом со стабильной на ряд лет технологией производства, а также жилых домов, общественных зданий, объектов агропромышленного комплекса. Использование типового проекта в конкретных условиях обеспечивается «привязкой проекта», т. е. внесением в чертежи ряда изменений, вызванных новыми топографическими, геологическими, гидрологическими и гидрометеорологическими факторами.

При разработке проектов строительства предприятий с часто меняющейся технологией должны применяться унифицированные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений. Разработка индивидуальных проектов при наличии типовых допускается только с разрешения соответствующих ведомств.

На объекты производственного значения с мощностью, пропускной способностью и другими техническими и экономическими обоснованными параметрами, отличающимися от соответствующих в действующих типовых проектах более чем на 10% в ту или иную сторону, разрабатывают индивидуальные проекты.

Объекты строительства, и соответственно их проекты, могут быть несложными, средней сложности, сложные и уникальные.

К несложным объектам относят объекты массового жилищно-гражданского строительства, объекты легкой, мясной, молочной, текстильной, электротехнической и радиотехнической промышленности.

К объектам средней сложности относят предприятия машиностроения для легкой, пищевой, рыбной промышленности, промышленности строительных материалов, автомобильной и тракторной промышленности.

К сложным объектам относят тепловые электростанции, горно-обогатительные фабрики и комбинаты, предприятия химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, сахарной промышленности, предприятия и сооружения, строящиеся в сложных топографических, геологических и гидрологических условиях и др.

К уникальным объектам относят сверхмощные доменные печи, крупные гидростанции, атомные электростанции, уникальные системы водоснабжения, крупные судоходные каналы и системы, магистральные железные и автомобильные дороги, ускорители заряженных частиц, мощные радиотелескопы, крупные спортивные сооружения и др.

В настоящее время наибольшее внимание проектировщиков обращено не на строительство новых предприятий промышленности, а на реконструкцию и модернизацию существующих производств. Высвободившиеся производственные мощности строительных организаций направляются на строительство объектов жилищного и социально-культурного назначения.

В целях повышения заинтересованности проектных и изыскательских организаций в выполнении проектно-изыскательских работ по реконструкции и технологическому перевооружению действующих предприятий, министерствам и ведомствам разрешено установить надбавку к стоимости этих работ, и соответственно увеличить отчисления в фонды экономиче-

ского стимулирования и премии работникам указанных организаций. Предусматривается также первоочередное выделение лимитов на такие проектно-изыскательские работы и включение их в планы проектных организаций.

Для выполнения проектирования в системе Госстроя СССР и госстроев союзных республик действует сеть территориальных проектных и специализированных проектных институтов. Они занимаются проектированием строительной части объектов, разработкой типовых и экспериментальных проектов жилых зданий, объектов культурно-бытового и коммунального назначения, спортивных и специальных сооружений. Для выполнения инженерных изысканий система Госстроя СССР и госстроев союзных республик имеет сеть территориальных изыскательских организаций (трестов и институтов инженерных изысканий в строительстве).

Кроме того, почти во всех отраслевых промышленных министерствах имеются проектные и проектно-изыскательские институты, выполняющие проектирование строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий. Проектно-изыскательским институтам этих министерств разрешено выполнение инженерных изысканий в комплексе с разработкой проектов.

Всего в настоящее время в стране функционирует около 1750 проектно-изыскательских, проектно-технологических, конструкторских и изыскательских организаций различных министерств и ведомств СССР и союзных республик с общей численностью работающих около 800 тыс. человек и объемом проектно-изыскательских работ около 3 млрд. рублей в год.

Проектные, проектно-изыскательские, изыскательские и конструкторские организации выполняют различные виды проектных и изыскательских работ.

В предпроектный период выполняются работы по сбору и подготовке исходных данных, составлению материалов с необходимыми расчетами, обосновывающими целесообразность проектирования и строительства объектов. В предпроектный период эти организации выполняют также работы, связанные с участием в составлении заданий на проектирование.

В процессе проектирования проводятся изыскательские и проектные работы, связанные с разработкой рабочих проектов, проектов и рабочей документации в установленном составе и объеме, а также согласованием и экспертизой проектно-сметной документации.

На стадии строительства проводятся изыскательские и проектные работы, обеспечивающие разработку рабочей документации и других дополнительных работ, возникающих в ходе строительства.

Заказчиками на выполнение проектных и изыскательских работ для строительства могут выступать следующие распорядители средств: министерства, государственные комитеты, всесоюзные и республиканские объединения, исполкомы Советов народных депутатов, дирекции строящихся предприятий, промышленные и строительно-монтажные объединения, действующие предприятия и др.

Выполнение всех работ по проектированию берет на себя генеральная проектная организация (генпроектировщик) по договору с организа-

цией — заказчиком. В роли генпроектировщика выступает, как правило, проектная организация, разрабатывающая технологическую часть проекта основного производства или проект основных объектов строительства, т. е. ведущая проектная организация в отрасли народного хозяйства, промышленности или вида строительства. Генпроектировщик при необходимости может привлекать субпроектировщиков (проектные и изыскательские организации) для выполнения отдельных видов работ.

Организация-заказчик может заключить прямой договор с проектной, проектно-изыскательской, изыскательской организациями на выполнение соответствующих работ при согласии генерального проектировщика.

Взаимоотношения заказчиков и проектировщиков в процессе разработки проектно-сметной документации и проведения изысканий регламентируются правилами о договорах на выполнение проектных и изыскательских работ.

2.2. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Процесс проектирования состоит из трех этапов. Первый этап — предпроектные работы. На этом этапе производят сбор и подготовку исходных данных для проектирования, необходимые расчеты, обосновывающие целесообразность проектирования, строительства, реконструкции или расширения объекта. Второй этап — изыскания для соответствующей стадии проектирования. Третий этап — собственно проектирование.

Начало проектирования в целях строительства новых, расширения и реконструкции действующих предприятий и сооружений должно быть обусловлено необходимостью и обосновано генеральной схемой размещения производительных сил СССР на соответствующую перспективу.

Министерства и ведомства СССР и Советы Министров союзных республик разрабатывают схемы развития и размещения производительных сил по экономическим районам и союзным республикам не менее чем на 15 лет с внесением каждые 5 лет необходимых уточнений.

Утвержденные в установленном порядке схемы используют для подготовки планов капитального строительства, перечней вновь начинаемых строек, перечней намечаемых к реконструкции и расширению действующих предприятий и сооружений, а также перечней разрабатываемых проектов, утверждаемых в составе пятилетних планов проектно-изыскательских работ.

Проектирование объектов жилищно-гражданского назначения ведется на основе схем развития и проектов районной планировки.

Решение о проектировании строительства принимается:

по крупным и сложным предприятиям и сооружениям (а при необходимости и по другим объектам), определяемым Госпланом СССР и Госстроем СССР, на основании технико-экономических обоснований (ТЭО) строительства;

другим предприятиям, зданиям и сооружениям — на основании технико-экономических расчетов (ТЭР), обосновывающих хозяйственную необходимость и экономическую целесообразность их строительства;

важнейшим народнохозяйственным объектам — на основании решений правительства.

При этом расчетная стоимость строительства, предусмотренная ТЭО (ТЭР), при дальнейшем проектировании и строительстве не должна быть превышена.

Таким образом ТЭО и ТЭР являются предпроектными документами, решающими принципиальные вопросы будущего строительства (его роль, взаимосвязь с существующими и будущими сооружениями, основные технические и экономические параметры).

Задание на проектирование промышленных, жилищно-гражданских и других объектов составляет заказчик с участием генерального проектировщика, а в необходимых случаях — субподрядных специализированных проектных и изыскательских организаций.

В задании указываются:

наименование предприятия, здания или сооружения;

основание для проектирования;

вид строительства (новое, расширение, реконструкция);

район и площадка строительства и ее физико-географические условия;

сроки начала и окончания строительства;

стадийность проектирования;

наименование генерального проектировщика и генерального заказчика (строительной организации) и др.

К заданию прилагаются:

утвержденный акт о выборе площадки (трассы);

архитектурно-планировочное задание;

сведения о существующей застройке и коммуникациях;

технические условия на присоединение проектируемого объекта к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям;

материалы по ранее проведенным инженерным изысканиям и др.

Согласно СНиП 1.02.01—85 разработка проектно-сметной документации проводится в одну (рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости) или в две (проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами) стадии. Стадийность проектирования определяется инстанцией, утверждающей ТЭО (ТЭР), и указывается в задании на проектирование.

В одну стадию проводится проектирование технически несложных объектов, а также предприятий, зданий и сооружений, строительство которых ведется преимущественно по типовым и повторно применяемым проектам. Проектирование сложных объектов проводится в две стадии.

Отдельные технологические, конструкторские, архитектурные и другие решения при этом могут разрабатываться в нескольких вариантах и на конкурсной основе.

В СНиП 1.02.01—85 оговорено, что в рабочих проектах предприятий и сооружений отраслей народного хозяйства должно быть предусмотрено опережающее строительство и ввод в эксплуатацию жилых домов, объектов социально-бытового назначения, дорог, средств связи и других сооружений.

2.3. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТОВ

Проектирование в две стадии. Проект (первая стадия проектирования) на новое строительство, расширение и реконструкцию объектов производственного назначения должен состоять из следующих разделов.

1. Пояснительная записка, где отражены общие технологические, строительные, экономические вопросы строящегося объекта, а также сведения по генеральному плану размещения основных сооружений, по согласованию проектных решений, по восстановлению земельного участка, использованию плодородного слоя почвы и др. Основными чертежами, содержащимися в этой части проекта, являются: ситуационный план размещения предприятия, зданий, сооружений (для линейных сооружений приводятся план и продольный профиль трассы), схема генерального плана с нанесенными существующими, проектируемыми и подлежащими сносу зданиями и сооружениями, объектами благоустройства, коммуникациями и т. д.

2. Технические решения, включающие принципиальные схемы технологических процессов, технологические компоновки по корпусам, схемы по автоматизации и механизации, состав технологического оборудования, схемы грузопотоков и др. Основными чертежами этой части проекта являются: принципиальные схемы технологических процессов, грузопотоков, функциональной и организационной структуры производства, автоматизации процессов и др.

3. Строительные решения, в которые входят обоснование архитектурно-планировочных решений, решения по водоснабжению, канализации, вентиляции и др. Основными чертежами этой части проекта являются планы, разрезы и фасады зданий и сооружений, схемы трасс внешних и внутриплощадочных инженерных и транспортных коммуникаций и др.

4. Организация строительства, включающая в себя проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). При разработке ПОС используют материалы топографических, геологических, гидрологических изысканий, решения по применению строительных механизмов и конструкций, способов механизации и организации строительства и др. В состав ПОС входят: календарный план строительства; строительный генеральный план с расположением всех зданий, сооружений; указания по составу, точности, методам и порядку построения геодезической основы; график потребности конструкций, рабочих кадров и др. Для особо сложных объектов составляют комплексный укрупненный сетевой график строительства.

ППР разрабатывают на основе организационно-технических решений, заключенных в ПОС. В ППР определяют технологию, сроки и порядок выполнения строительно-монтажных работ, уточняют строительный генеральный план. На все основные виды простых строительно-монтажных работ составляют технологические схемы, на все виды сложных — технологические карты. В ППР помещают схемы размещения опорных знаков, служащих для выполнения геодезических построений и геодезиче-

ского контроля положения конструкций, указания по точности геодезических измерений и средств. Для объектов, технология возведения которых требует сложных геодезических построений и измерений высокой точности, в составе ППР разрабатывают специальный раздел по геодезическому обеспечению строительства — проект производства геодезических работ (ППГР).

5. Раздел жилищно-гражданского строительства составляют в случае комплексного проектирования промышленного и гражданского строительства.

6. Сметная документация.

7. Паспорт проекта по установленной форме.

В состав рабочей документации (вторая стадия проектирования) для строительства предприятий, зданий и сооружений должны входить: рабочие чертежи, предназначенные для производства строительно-монтажных работ, установки технологического, энергетического и другого оборудования, чертежи сетей и устройств тепло-, газо-, электроснабжения и др.; сметы; ведомости объектов строительных и монтажных работ; ведомости потребностей в материалах; спецификации на оборудование; скорректированные ПОС, ППР и др.

При разработке рабочей документации для строительства проектная организация должна выполнить необходимую доработку принципиальных, технологических, архитектурно-строительных и других решений, принятых в утвержденном проекте.

Проектирование в одну стадию.

При проектировании в одну стадию разрабатывают рабочий проект со сводным сметным финансовым расчетом стоимости строительства.

Рабочий проект на строительство объекта (предприятия, здания, сооружения) по типовым и повторно применяемым проектам должен состоять из следующих разделов.

1. Пояснительная записка с основными чертежами: ситуационным планом размещения объекта; генеральным планом; планом земельного участка с нанесенными на нем зданиями и сооружениями, инженерными сетями и коммуникациями; дополнительными чертежами, разрабатываемыми при привязке типовых и повторно применяемых индивидуальных проектов; планами и профилями трасс внешних и внутриплощадных инженерных сетей и коммуникаций; строительным генеральным планом и др.

2. Сметная документация.

3. Паспорт рабочего проекта.

Рабочий проект со сводным расчетом стоимости на строительство технически несложных предприятий, зданий и сооружений должен состоять из следующих разделов.

1. Пояснительная записка с теми же чертежами, что и в рабочих проектах объектов, строящихся по типовому проекту. Кроме того, разрабатываются следующие чертежи: принципиальные схемы технологического процесса; технологические компоновки и планировки по корпусам; схемы электроснабжения, теплоснабжения и др.

2. Основные строительные решения, содержащие: краткое описание

и обоснование архитектурно-планировочных решений; планы, разрезы и фасады зданий и сооружений; схемы, планы и профили трасс основных внешних и внутриплощадочных инженерных сетей и коммуникаций и др.

3. Сметная документация.

4. Паспорт рабочего проекта.

Параллельно с разработкой этих материалов разрабатывают рабочую документацию со сметами по зданиям и сооружениям.

Рабочий проект на техническое перевооружение производства разрабатывают для отдельных объектов или видов работ в соответствии с планом технического развития предприятий. Он должен включать следующие документы.

1. Пояснительная записка.

2. Сводный сметный расчет стоимости.

3. Паспорт рабочего проекта.

4. Рабочая документация на весь объем строительных и монтажных работ, предусмотренных проектом; заказные спецификации на оборудование; сметы.

Разработанные проекты в обязательном порядке подвергают всестороннему экспертному изучению. Их согласовывают и утверждают в соответствующих организациях и инстанциях. Утвержденный проект (рабочий проект) предприятия, здания, сооружения является основанием для планирования и финансирования строительства этого объекта, заказа основного оборудования, а также заключения договора подряда на капитальное строительство.

2.4. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ НА ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

Изыскание, проектирование и строительство всех объектов в стране ведется на основе утвержденных норм и предписывающих документов, сгруппированных по видам и направлениям изыскательской, проектной, строительной деятельности и отраслям народного хозяйства. Эти документы постоянно совершенствуют и уточняют. Госстрой СССР периодически выпускают Перечень действующих общесоюзных нормативных документов по строительству, и утвержденных им государственных стандартов. На рис. 21 дана общесоюзная система нормативных документов по изысканиям, проектированию и строительству. В состав этих документов входят:

строительные нормы и правила (СНиП);

межреспубликанские технические условия на строительные материалы и изделия (МРТУ);

инструкция по строительному проектированию и строительному производству;

нормативные документы по проектно-изыскательским работам;

сметные нормы на конструкции и виды работ;

нормативные документы по вопросам труда и заработной платы и др.

Основными государственными нормативными документами при производстве изысканий, проектирования и строительства являются СНиПы,

состав частей и разделов которых является также нормативным и обязательным для группировки и разработки остальных видов нормативной и регламентирующей документации.

СНиП состоят из четырех частей (см. рис. 21): часть I — общие положения; часть II — нормы проектирования; часть III — правила производства и приемки работ и часть IV — сметные нормы. Они регламентируют и определяют содержание и структуру сооружения, организацию территории и стоимость проектирования и строительства. СНиП на проведение изысканий содержатся в части I, на проведение геодезических работ в строительстве — в части III и т. д.

Кроме обязательных нормативных положений и документов, регламентирующих проведение проектно-изыскательских работ, издается методическая литература, справочники и другие пособия с практическими рекомендациями по отраслевым вопросам.

2.5. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Выбор площадки для строительства городов, населенных пунктов и предприятий осуществляется при разработке ТЭО (ТЭР) или в процессе проектирования в соответствии с земельным, водным, лесным и другими законодательствами. Ответственность за выбор площадки (трассы) несет заказчик.

Для выбора площадки (трассы) строительства создается комиссия из ответственных представителей заказчика, проектной и изыскательской организаций, исполкомов местных Советов народных депутатов, территориальных и местных органов надзора и др., которая проводит сравнение вариантов и выбор из них оптимального. Выбор площадок под строительство новых, расширение существующих городов, населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий осуществляется на базе топографических и геологических изысканий, картографических материалов и соответствующих экономических и технических расчетов. При этом рассматриваются вопросы обеспечения объектов электроэнергией, водой, топливом, сырьем, транспортом и др.

Размеры площадочных сооружений могут быть самыми разнообразными. Наиболее значительные площади требуются для городов и крупных населенных пунктов. Меньшие размеры имеют промышленные объекты, аэропорты, гидроузлы. Малые площадки встречаются часто на линейных сооружениях (площадки подстанций ЛЭП, насосных и компрессорных станций на трубопроводах, станций и разъездов на железных дорогах). Во всех случаях отводимые под строительство площадки должны занимать минимальные площади, даже с учетом расширения.

Каждая площадка должна отвечать определенным техническим требованиям, которыми руководствуются при выборе участка для строительства.

Территорию для строительства новых и расширения существующих городов и других населенных пунктов выбирают на землях несельскохо-

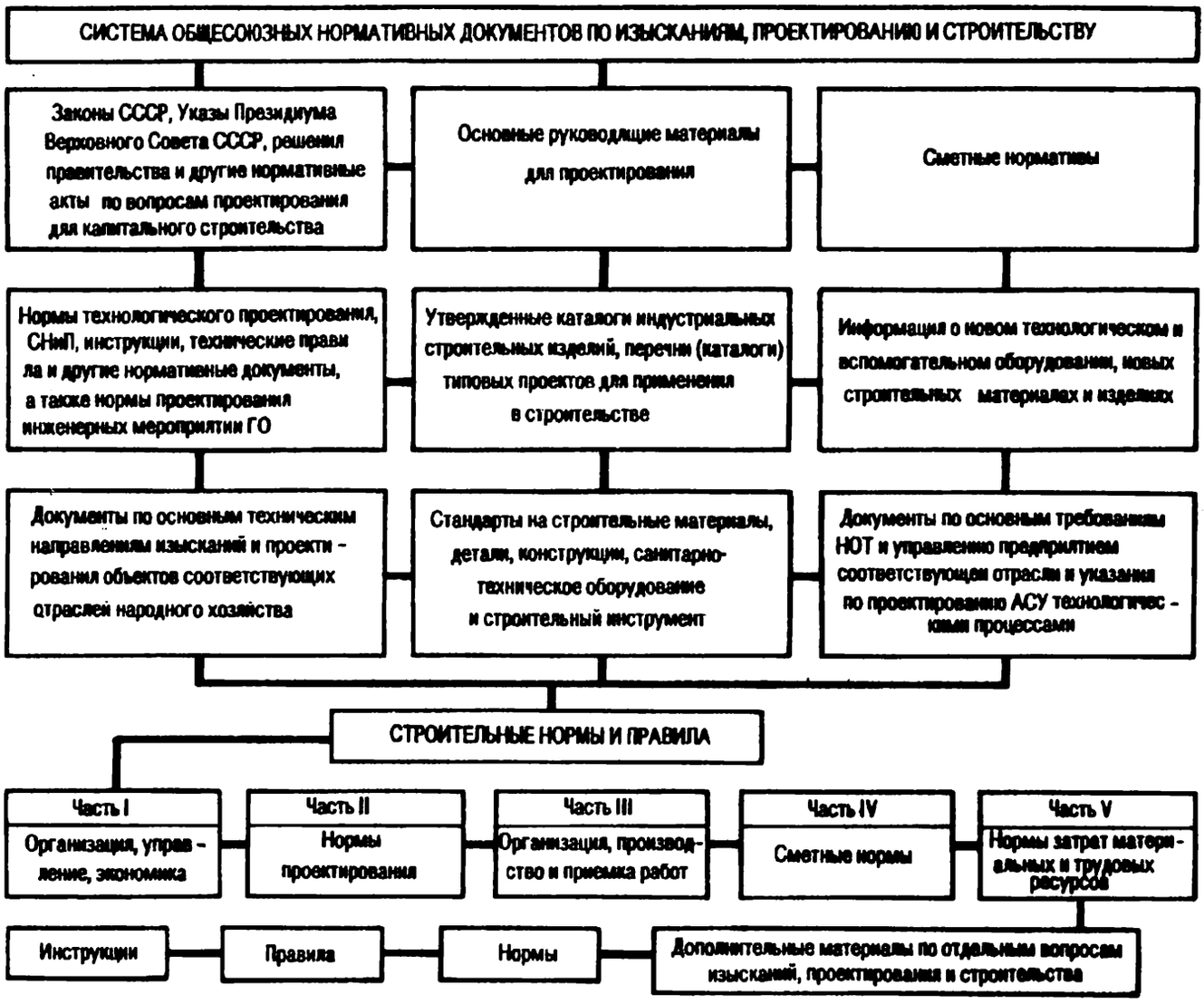


Рис. 21. Схема общесоюзной системы нормативных документов по изысканиям, проектированию и строительству

зяйственного назначения, либо на сельскохозяйственных землях худшего качества. При этом первоочередному освоению подлежат свободные от застройки земли, находящиеся в пределах границ, установленных для данного города или другого населенного пункта. И только после того, как возможности такого освоения исчерпаны, можно ставить вопрос о расширении границ.

Размещение жилых и административных зданий населенных пунктов не допускается в опасных зонах обвалов пород угольных и сланцевых шахт, в зонах оползней, селевых потоков и снежных лавин, на землях зеленых зон городов, на загрязненных органическими и радиоактивными отбросами участках и др.

Территория для нового или расширения существующего города должна иметь:

1) достаточные размеры для размещения всех видов строительства с учетом возможности дальнейшего расширения;

2) природные данные, позволяющие строить жилые, общественные и промышленные здания, осуществлять озеленение без дорогостоящих инженерных работ;

3) благоприятные условия присоединения частей города к сети железных и автомобильных дорог или к водным путям сообщения;

4) достаточно близкие источники энерго- и водоснабжения.

Для жилой застройки отводят участки с наиболее благоприятными естественными и санитарными условиями, по возможности около рек, открытых водоемов и массивов зеленых насаждений.

Жилую зону городов следует размещать с наветренной стороны для ветров преобладающего направления, а также выше по течению рек относительно промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

При размещении в городе промышленности, требующей большого количества воды, или обслуживаемой водным транспортом, участки береговой полосы разделяются между промышленной и селитебной территорией таким образом, чтобы был сохранен свободный доступ к воде из жилых районов и парков.

Промышленные районы, состоящие из промышленных предприятий, и связанных с ним объектов, следует размещать на территории промышленной зоны городов и поселков, а предприятия агропромышленного комплекса — на территории производственных зон сельских населенных пунктов.

При размещении промышленных районов и зон обеспечивают благоприятные условия для осуществления производственных функций промышленных и агропромышленных предприятий, для трудовой деятельности населения, а также короткие и безопасные транспортные связи между местами расселения трудящихся и предприятиями.

Промышленные предприятия, требующие создания санитарно-запретных зон размером более 3 км, размещают за пределами населенных пунктов. Территорию для строительства промышленных предприятий выбирают одновременно с территорией проживания трудящихся.

При выборе места для строительства жилых массивов и промышленных предприятий учитывают комплекс природно-климатических условий, а также физико-технических и санитарно-гигиенических требований к размещению и планировке территорий.

Комплекс природно-климатических условий включает сведения о климате, почве, растительности, грунтах, гидрологии почв, затопляемости, заболачиваемости территории, наличии оврагов, оползней, размыва берегов и др. Климатические данные о тепловом, ветровом режиме, о влажности, атмосферных осадках получают из соответствующих СНиПов или непосредственно от метеорологических станций, а сведения о почвах и растительном покрове — из соответствующих справочников.

Для учета ветра при размещении промышленных предприятий используют розу ветров — график, на котором показаны направление, скорость и продолжительность ветров в течение года. Используют также усредненные розы ветров для летнего и зимнего периодов. Предприятия следует располагать так, чтобы господствующие ветры уносили вредные выделения от жилых районов. Площадки предприятий с возможными большими вредными выбросами, должны быть так ориентированы, чтобы обеспечивалось хорошее провстривание территории во избежание застоя воздуха.

По физико-техническим условиям различают три категории пригодности территорий для промышленного строительства: благоприятные, неблагоприятные и особо неблагоприятные. Эти условия включают топографические и геологические данные.

Особенно трудно найти площадки с благоприятным рельефом — с относительно ровной поверхностью и уклоном 0,3—5%. Наиболее благоприятны площадки с уклоном около 1%. Ограниченно пригодными являются слегка всхолмленные площадки с общим уклоном более 5% или менее 0,3%. Для сети железнодорожных путей, подземно-сетевого хозяйства на заводской территории требуются площадки со спокойным рельефом. Однако совершенно горизонтальные площадки усложняют устройство канализации и ливнестоков. В отдельных случаях предпочтительнее большой уклон местности, например, для рудообогатительных фабрик с террасным расположением зданий.

Для промышленных предприятий не пригодны площадки со слабыми грунтами в виде плывунов, с фильтрующими грунтами в сочетании с высоким уровнем стояния грунтовых вод. Нежелательны и твердые скалистые породы, доходящие до самой поверхности площадки, так как это затрудняет проходку тоннелей, каналов и траншей. Наилучшими грунтами для основания промышленных предприятий принято считать плотные гравелистые и сухие смеси, супеси и суглинки, однородные грунты, допускающие возможность возведения зданий без устройства искусственных оснований и усиления фундаментов.

На территории будущего строительства не должны иметь место такие физико-геологические процессы, как оползни, просадочные явления, суффозия. Подземные воды не должны быть агрессивны к бетону и металлу. При выборе площадки для промышленного предприятия важными являются вопросы водоснабжения и канализации.

Водоснабжение большинства предприятий может быть обеспечено системой артезианских скважин. Металлургические и химические заводы, для технических нужд которых требуется большое количество воды, обычно размещают около больших водоемов. Размещение предприятий у рек бывает обусловлено необходимостью использовать водный транспорт.

При размещении предприятий на прибрежных участках рек и водоемов планировочные отметки следует принимать не менее чем на 0,5 м выше расчетного наивысшего горизонта вод, а также нагона от расчетной высоты волны.

Неудобство той или иной площадки в физико-техническом отношении можно преодолеть с помощью мероприятий по инженерной подготовке территории. Но применение этих мероприятий должно быть экономически оправдано.

При размещении промышленных предприятий следует очень рационально использовать земли, стремиться к максимальному сохранению земель, пригодных для сельского хозяйства. Практически исключается использование для этих целей орошаемых земель, пашни, территорий защитных и водоохранных лесов.

Санитарно-гигиенические требования обусловливают мероприятия по борьбе с выделяемыми предприятиями пылью, газами, парами, дымом, сажей, вредными промышленными стоками. Борьбу с ними следует вести в первую очередь у мест их выделения, т. е. на технологических линиях, в цехах, а также путем устройств специальных отстойников и других сооружений. При этом предусматривается санитарно-защитная зона, подлежащая благоустройству и озеленению.

Наличие вблизи площадок карьеров строительных материалов в значительной степени удешевляет и ускоряет строительство.

В табл. 1 представлены сведения о некоторых требованиях к различным видам площадочных сооружений [23]. Площадки предприятий, зданий и сооружений агропромышленного комплекса следует также выбирать на землях, непригодных для сельского хозяйства или на угодьях худшего качества.

Трассы линий электропередач, связи и других линейных сооружений должны намечаться преимущественно по границам полей, вдоль дорог, лесополос так, чтобы обеспечивался к ним свободный доступ с территории, не занятой сельскохозяйственными угодьями.

Нормы и принципы выбора площадок под предприятия агропромышленного комплекса такие же, как и при выборе площадок под промышленные предприятия.

Площадки под строительство аэропортов должны быть ориентированы так, чтобы направление главной летной полосы совпадало с направлением господствующих ветров. Для обеспечения безопасности взлетно-посадочных операций необходимо, чтобы рельеф летного поля имел уклоны, не превышающие 0,02, при радиусах вертикальных кривых не менее 10 000 м. Для быстрого отвода ливневых вод уклоны летного поля должны быть не менее 0,005. Рельеф местности должен быть пологим, без балок и оврагов. Кроме того площадка должна иметь открытые воздушные подходы, без высоких зданий и других препятствий, особенно в зонах господствующего направления ветров. Грунты площадки должны быть устойчивыми, с возможно более глубоким залеганием грунтовых вод. Площадка не должна иметь карстовых и оползневых явлений.

2.6. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. САПР

Известны несколько методов проектирования: графический, модельно-макетный, модельно-графический, макетно-графический, с использованием ЭВМ.

Графический метод проектирования. Метод основан на условном изображении пространства и объектов на плоскости по законам начертательной геометрии. Весь аналитический процесс изучения задач проектирования, творческий процесс поисков идей будущего сооружения, детальная техническая проработка для передачи на строительство сопровождается графическим изложением мыслей, образов, сравнений, технических решений и деталей с помощью эскизов и чертежей. Графический метод проектирования очень распространен. Он стал международным язы-

ком в проектной деятельности. Его по праву следует считать основным. Даже если применять другие методы проектирования, нельзя обойтись без графических изображений.

Модельно-макетный метод проектирования. В основе метода лежит компоновка объемов, объемных моделей и элементов сооружений в пространстве, т. е. объемно-пространственное моделирование предприятия, зданий, среды. Наиболее успешно метод применяют при проектировании генеральных планов предприятий, городской и поселковой застройки. При этом макетирование сооружений производится на объемной модели местности, отображающей ее топографические особенности. Имея набор унифицированных модельных элементов, можно за короткий срок рассмотреть большое число возможных компоновок зданий и сооружений и отобрать наиболее приемлемую. Метод применяется также при проектировании технологической части промышленных предприятий, насыщенных оборудованием и коммуникациями.

Макетно-графический метод проектирования. Этот комплексный метод наиболее полно отвечает существу творческого процесса проектирования предприятий и застроек населенных пунктов. Метод состоит в рациональном сочетании художественно-графического мастерства и творческого композиционного мышления с масштабным пространственным моделированием объемов и элементов зданий и сооружений, а также их комплексов на макетах местности. Метод быстро развивается и совершенствуется. В отечественной и зарубежной практике модельно-макетный и макетно-графические методы успешно развиваются в виде фото- и кинопроектирования. Применение фото- и киноприборов открывает перед проектировщиками и архитекторами широкие возможности изучения создаваемых моделей зданий и целых предприятий из различных точек обозрения путем имитации движения человека в пространстве будущего объекта. При этом уменьшается вероятность композиционных ошибок, которые возникают при переходе от проекта к натуре.

Метод проектирования с использованием ЭВМ. Особый интерес представляет использование ЭВМ при проектировании генеральных планов, когда учитывается большой круг факторов, принадлежащих весьма далеким друг от друга областям знаний: топографии, эстетике, архитектуре, социологии и др.

В различных проектных организациях страны начаты работы по созданию большого числа систем автоматизированного проектирования (САПР), которые в качестве своих элементов и подсистем должны включать методики компоновок объектов строительства.

Для компоновки генпланов предприятий ранее разработаны программы «Блок — Р1», «Генплан — Р1», «Генплан — Р2», «Компоновка — 2 — 75». Программы «Компоновка 10—73» (10—75) и «Компоновка 11—76» разработаны для ЕС ЭВМ.

Группой научно-исследовательских и проектных организаций разработан «Пакет прикладных программ для размещения и компоновки производственных комплексов и зданий» (ППП КОМП). Этот пакет включает программы, необходимые для решения задач:

Порядковый номер	Вид сооружения	Размер площади	Топография (рельеф)	Геология (гидрогеология)	Гидрология
1	Промышленные предприятия	От нескольких га до 50 км^2	Рельеф должен обеспечивать быстрый отвод поверхностных вод	Грунты должны выдерживать нагрузки до 1,5 кг/см^3. Низкий уровень грунтовых вод	Участки, не затопляемые вешними водами
2	Населенные пункты	До 500 км^2 и более	Рельеф, не требующий больших работ по вертикальной планировке	Выдерживать нагрузки многоэтажных зданий. Низкий уровень грунтовых вод	То же
3	Аэродромы	До 25 км^2	Рельеф — пологий. Открытые воздушные подходы	Грунты устойчивые. Низкий уровень грунтовых вод. Отсутствие физико-геологических явлений	»
4	Гидроузлы (водохранилища)	До 10 км^2 (200—300 км^2)	Суженные участки речных долин	Прочные нефильтрующие грунты. Отсутствие нарушений в напластовании и физико-геологических явлений	Наличие определенного режима и расходов воды в реке
5	Станции железных дорог	Около 1 км^2	На горизонтальных площадках	Требования, аналогичные промышленным предприятиям	Водоснабжение для повседневных нужд
6	Площадки на ЛЭП и трубопроводах	Менее 250 га	Рельеф, не требующий больших работ по вертикальной планировке	Особых требований не предъявляется	Участки не затопляемые вешними водами
7	Мосты	Обычно не более 250 га	Суженные участки речных долин	Близкое расположение коренных пород. Отсутствие оползней, карста	Необходимо точно знать условия прохождения максимального расхода воды

Примечание. Местные строительные материалы необходимы для всех видов соору

Таблица 1

Метеорология	Дорожная сеть	Энергосети (газ, электроснабжение, трубопроводы)	Водоснабжение	Жилой поселок	Бассейн для сброса воды
Проветриваемость территории	Не требующая устройств длинных подъездных путей	Необходимы	Необходимо	Необходим	Необходим
Благоприятные условия для работы и отдыха трудящихся	Желательно наличие сети автомобильных и железных дорог	То же	То же	То же	То же
Учитываются господствующие направления ветров	Желательно наличие сети автомобильных и железных дорог	»	»	»	Не обязателен
Низкая испаряемость воды с поверхности водохранилища. Малые потери воды на ледообразование	Необходимы временные дороги	»	Необходима только питьевая вода	»	Не требуется
Особые требования не предъявляются	Желательно наличие подъездных автодорог	Частично необходимы	Необходимо	Необходим на узловых станциях	То же
Нежелательна высокая влажность воздуха	Желательно наличие подъездных автодорог	Ограниченно необходимы	Ограниченно необходимо	Не требуется	»
Особое значение имеют направление и сила ветра	Желательно наличие существующих автодорог	Не требуется	Не требуется	То же	»

жений за исключением площадки на ЛЭП.

1) размещения площадки для строительства группы или одного предприятия;

2) компоновки группы предприятий (генплан промузла);

3) компоновки группы зданий (генплан предприятий);

4) компоновки многоэтажного здания;

5) компоновки одноэтажного здания или одного этажа многоэтажного здания.

Для машинного формирования цифровых моделей местности, необходимых при решении первых трех задач, одновременно с пакетом КОМП разработан «Пакет прикладных программ для составления цифровых моделей местности» (ППП ЦММ). Для одного пакета в НИИ прикладной геодезии разработан комплекс программ, обеспечивающий:

машинное формирование первичных ЦММ, как итог обработки результатов полевых топографических съемок;

аналитическое преобразование моделей, в том числе их фрагментирование и совмещение;

машинное исполнение карт и планов.

Для этого же пакета другими институтами осуществлены разработки, включающие программы для ЦММ на основе оцифрования готовых карт и планов, а также для преобразования ЦММ в цифровые экономические макеты для машинного исполнения соответствующих карт, планов и др.

Для решения большой группы смежных задач, связанных с трассировкой коммуникаций к компонуемым объектам, предназначен «Пакет прикладных программ для укрупненного технико-экономического расчета инженерных и транспортных коммуникаций производственных комплексов». Он включает программы расчета мощности пассажиро- и грузопотоков, обоснования направления, пункта и параметров железнодорожной линии примыкания, расчета объемов земляных работ на трассах дорог, обоснования вариантов их пересечения на разных уровнях и др.

При моделировании компоновки генеральных планов предприятий с учетом характеристики данной местности решаются задачи проектирования, состоящие из двух больших частей:

1) размещение площадки предприятия на ситуационном плане заданного района с учетом планировочной организации промышленной зоны и города;

2) компоновка зданий и сооружений на территории предприятия, т. е. его внутренней пространственной организации.

Задача размещения площадки отличается наибольшим количеством требуемой информации. Всю требуемую информацию можно разделить на четыре группы. К первой группе относят информацию о территории – она является наиболее объемной и важной. Эта информация выражается в виде цифровых моделей и макетов местности. Структурно они должны состоять из элементов, отражающих содержание каждого из моделируемых объектов местности (семантическая часть) и их пространственные параметры (геометрическая часть).

Ко второй группе исходных данных относят информацию о размещаемом объекте, вариантах его размеров и формы.

К третьей группе относят сведения о коммуникациях, которые должны связывать площадку с головными сооружениями и точками примыканий к существующим магистралям.

К четвертой группе исходных данных относят сведения о требуемых разрывах между размещаемым объектом и внешними входами. В эту группу входят сведения о розе ветров — их используют при определении границ распространения зоны вредностей, за которую нужно вынести жилые и гражданские постройки.

На основании перечисленной информации далее осуществляют машинное формирование группы конкурсных решений, оптимальных по группе частных критериев. В состав таких критериев входят критерии минимума: размеров занимаемой площади; затрат на освоение территории и комплексацию убытков от отчуждения земель; убытков от потери сельскохозяйственных угодий и лесов; событий, нарушающих надежное функционирование объекта, в том числе паводков, землетрясений; нарушений среды на окружающей территории и др.

При решении задач компоновки зданий и сооружений на территории предприятия роль цифровых моделей местности (ЦММ) снижается, и появляется необходимость учитывать конструктивное решение компонуемых элементов — зданий и сооружений.

При автоматизированной компоновке зданий и сооружений используются следующие массивы:

координаты точек границы промышленной площадки;

координаты точек границ кварталов внутри площадки;

геометрические характеристики зданий и сооружений, их ориентация, приоритеты последовательности размещения, санитарные и противопожарные разрывы, точки ввода и вывода коммуникаций;

конструктивные параметры объектов, включая сведения о каркасе, фундаментах и др.;

стоимости фундаментов зданий и сооружений на различных участках территории с различной несущей способностью грунтов;

параметры материалопотоков и др.

К числу ограничений на размещение в области допустимых решений можно отнести следующие требования к объектам:

должны отстоять от границ области на расстоянии не менее заданной величины;

не должны пересекаться;

объекты всех классов должны размещаться на генеральном плане плотно;

объекты обслуживающего производства должны быть подтянуты к фасаду генплана, а склады — к линиям железной дороги и др.

При решении задачи компоновки генерального плана предприятия обычно соблюдают следующую последовательность. Сначала размещают на площадке объекты обслуживающего типа, затем складское хозяйство и, наконец, основные и вспомогательные объекты данной группы. Опытом установлено, что этот порядок значительно уменьшает количество перебираемых вариантов возможных компоновок.

Учитывая, что последовательность размещения объектов на площадке имеет важное значение для структуры генплана в рассматриваемой задаче, выбор очередного объекта для размещения производится с учетом его приоритета. Построение генерального плана осуществляется графопостроителем.

Следует заметить, что эффект от использования ЭВМ при проектировании генеральных планов предприятий получается далеко не во всех случаях, так как зависит от многих факторов.

Ведущим фактором является сложность задачи. Если задача проста, то она решается с максимальным качеством самим проектировщиком. Однозначной методики определения сложности компоновочной задачи сегодня пока нет, но можно назвать основные факторы, влияющие на сложность. К ним относят: количество обязательных минимальных и максимальных разрывов между объектами; степень вариантности точек примыкания внешних коммуникаций к существующим магистралям и др.

Отметим, что эффект от использования ЭВМ в настоящее время достигается только в 50% случаев и только в 30% случаев соответствующие решения приняты и подтверждены проектировщиками.

Однако этот прогрессивный метод проектирования должен получить свое дальнейшее развитие и послужить важнейшим фактором повышения качества проектных решений.

Дальнейшее развитие САПР связано не только с развитием и совершенствованием технического обеспечения (более быстродействующими ЭВМ с большими возможностями «машинной памяти», разнообразными средствами графического ввода и вывода информации, совершенствованием фиксирующих и множительных устройств и т. д.), но и с дальнейшим развитием теоретической базы проектирования, обеспечивающей прогресс как традиционных методов, так и ЭВМ.

Кроме того, использование математических методов и вычислительной техники является важным условием развития системного подхода к проектированию, в том числе и генеральных планов предприятий. Наряду с ускорением разработки проектов и улучшением их технико-экономических показателей, использование ЭВМ стимулирует исследования проектных процессов. Необходимая для составления алгоритмов и программ формализация этих процессов, представление их в виде определенной последовательности вычислительных и логических операций, установление критериев проектных решений требуют обобщения и систематизации существующего опыта, уточнения методов проектирования.

3. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

3.1. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Изыскания делят на экономические и инженерные. В период экономических изысканий, которые предшествуют инженерным, проводят сбор, систематизацию и обработку материалов и сведений экономического ха-

рактера, выполняют согласования по отводу земель под строительство, оценку сносимых сооружений и угодий, отводимых под проектируемое сооружение. Экономические изыскания определяют экономическую целесообразность строительства сооружения в данном районе с учетом обеспеченности его сырьем, стройматериалами, транспортом, рабочей силой, потребителями продукции и др. Инженерные изыскания проводят для изучения природных условий территории будущего строительства.

К основным видам инженерных изысканий относят инженерно-геодезические, инженерно-геологические и инженерно-гидрометеорологические.

В процессе инженерно-геодезических изысканий подлежат изучению и съемке ситуация и рельеф на территории предполагаемого строительства (площадки или трассы).

В процессе инженерно-геологических изысканий подлежат изучению грунты основания, подземные воды, физико-геологические процессы и формы их проявления. Попутно могут решаться вопросы использования местного строительного материала.

В процессе инженерно-гидрометеорологических изысканий подлежат изучению климат и поверхностные воды.

В зависимости от вида проектируемого сооружения значимость отдельных видов изысканий может быть различна. Так, при проектировании ЛЭП основными являются инженерно-геодезические изыскания. При проектировании высоких, массивных или уникальных сооружений и зданий основными являются инженерно-геологические изыскания. И даже некоторые виды инженерно-геодезических изысканий могут быть направлены на решение инженерно-геологических задач, например, при изучении геодезическими методами и средствами микросмещений пород основания на различных горизонтах. При проектировании портовых сооружений, а иногда и некоторых химических заводов, основными и решающими могут являться инженерно-гидрометеорологические изыскания. Некоторые объекты, например, крупные гидротехнические сооружения, определяют равную важность указанных основных видов изысканий.

При проектировании некоторых сооружений в обязательном порядке проводят и другие виды изысканий. Так, при проектировании некоторых крупных магистральных каналов и мелиоративных систем проводят геоботанические и почвенные изыскания. Последние, например, служат для выявления участков зараженных почв, солончаков и т. д. При лесоустроительных работах проводят лесотехнические изыскания. К самостоятельному виду относят изыскания источников водоснабжения.

Большинство природных процессов на изучаемой территории взаимосвязано, поэтому изыскания проводят комплексно. Комплексные изыскания позволяют разработать технически обоснованные и экономически целесообразные проекты строительства.

Выделяют изыскания линейных и площадных сооружений. Линейные инженерные изыскания выполняют при проектировании и строительстве железных и автомобильных дорог, каналов, трубопроводов, линий электропередачи (ЛЭП), линий электросвязи (ЛЭС).

Изыскания трасс магистральных и подъездных железных и автомобильных дорог отличаются наибольшей сложностью по сравнению с изысканиями других видов линейных сооружений.

При изысканиях площадных сооружений, например, промышленных предприятий, поселков, плотин и других сооружений на этих же территориях нередко приходится проводить линейные изыскания с выносом в натуру небольших трасс линейных сооружений (внутризаводских, внутрипоселковых и подъездных автомобильных и железных дорог, трубопроводов, ЛЭП и др.).

3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СССР

Служба инженерных изысканий. Инженерно-изыскательские работы для целей строительства в СССР выполняют специализированные организации системы Госстроя СССР и госстроев союзных республик, а также проектно-изыскательские институты нестроительных министерств и некоторые организации системы ГУГК при Совете Министров СССР. Эти организации отнесены в сферу материального производства, а сами инженерные изыскания рассматривают как составную часть строительного производства в следующей технологической последовательности: изыскания - - проектирование — строительство.

С целью улучшения качества изысканий, укрепления и усиления изыскательских организаций Совет Министров СССР своим постановлением № 166 от 20 февраля 1959 г. «Об улучшении проектного дела в строительстве» положил начало образованию в нашей стране единой службы изысканий. В системе Госстроя были созданы тресты инженерно-строительных изысканий (ТИСИЗы) и государственные институты инженерных изысканий для строительства (ГИИИЗы), образованные по территориальному принципу. ТИСИЗы выполняют изыскательские работы в основном, на территории РСФСР, ГИИИЗы — преимущественно на территориях соответствующих союзных республик. Эти организации выполняют инженерно-геодезические, инженерно-геологические и другие виды изысканий комплексно, в требуемом проектировщиками (проектными институтами) объеме.

Роль территориальных изыскательских организаций играют тресты и институты, принадлежащие другим ведомствам: Мосгоргеотрест, Мособлгеотрест, ЛенГРИИ и др. Всего по стране насчитывается более 160 территориальных изыскательских организаций.

Создание специализированных изыскательских организаций позволило упразднить мелкие изыскательские подразделения различных проектных институтов, объединить ресурсы рабочей силы, материалов и приборов, повысить качество работ, проводить их по единым требованиям инструкций, унифицировать техническую документацию, сократив ее объем.

В сентябре 1964 г. Совет Министров СССР принял постановление № 793 «Об упорядочении инженерных изысканий для промышленного, сельскохозяйственного и жилищно-гражданского строительства», в котором установил, что инженерные изыскания для промышленного, сельско-

хозяйственного и гражданского строительства могут осуществлять только специализированные организации Госстроя СССР и союзных республик. Проектно-изыскательским институтам других министерств, комитетов и ведомств было разрешено выполнять изыскания для строительства сооружений водного хозяйства, энергетики, транспорта, трубопроводов, линий связи, оборонных объектов, предприятий угольной, горно-рудной промышленности и др.

С мая 1969 г. постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 390 «Об улучшении проектно-сметного дела» министерствам и ведомствам СССР и союзных республик было предоставлено право разрешать выполнение проектно-изыскательскими институтами инженерных изысканий в комплексе с проектными работами по расширению и реконструкции действующих предприятий. Во многих проектно-изыскательских институтах вновь были созданы расформированные ранее изыскательские отделы, обеспечивающие оперативное выполнение изыскательских работ в процессе проектирования объектов.

В настоящее время насчитывается около 1000 организаций различных министерств и ведомств, которым Госстрой СССР разрешил проводить изыскания для промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства. Кроме того, в перечнях госстроев союзных республик также имеются такие организации республиканского и местного значения. Например, только в перечне Госстроя РСФСР значится 250 организаций, подчиняющихся республиканским министерствам, советам министров автономных республик, краевым и областным исполкомам Советов народных депутатов [37].

В проектно-изыскательских институтах комплексные изыскания выполняют специальные отделы изысканий. В некоторых институтах и их филиалах имеются секторы инженерных изысканий (например, в институте «Гидропроект»). В случае, если число работников насчитывает от 200 до 500 человек, создают бюро комплексных изысканий, содержащее инженерно-геодезический и инженерно-геологический отделы. При численности изыскателей в бюро 500 человек и более может быть создано подразделение главных специалистов (технический отдел) и отдел буровых работ.

Для выполнения изыскательских работ в специализированных изыскательских организациях, а также в изыскательских отделах, секторах и бюро комплексных изысканий проектно-изыскательских организаций формируют экспедиции, партии, отряды или бригады, в зависимости от объема работ по объекту, видов работ, природных условий района изысканий и срока выполнения работ. Состав полевого подразделения оформляется приказом.

В системе ГУГК также имеются организации изыскательского типа (УкрГИИГИС, АрмГИИГИС, объединение «Союзмаркштрест»), выполняющие инженерно-геодезические изыскания (преимущественно топографические съемки крупных масштабов).

Топографо-геодезические изыскательские работы по обеспечению геологических и геофизических разведок выполняют геодезические службы

производственно-геологических объединений ПГО системы министерств геологии союзных республик. Эти службы состоят из топографо-геодезических партий и отрядов, административно подчиняющихся своим непосредственным руководителям.

Нормативные документы по инженерным изысканиям. Инженерные изыскания регламентированы целым рядом нормативных документов (СНиПы, ГОСТы, инструкции и др.).

Основные требования к инженерным изысканиям, нормы и правила их выполнения содержатся в СНиП 1.02.07—87 «Инженерные изыскания для строительства», «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» (М.: Недра, 1985), «Инструкции по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ», в СНиПе П—15—74 «Основания зданий и сооружений», в «Указаниях по определению расчетных гидрологических характеристик» (СН 435—72) и др.

При выполнении инженерно-геодезических изысканий следует соблюдать требования общесоюзных нормативных документов ГУГК, ГОСТ на приборы и др. При выполнении гидрологических и гидрометеорологических изысканий и наблюдений следует руководствоваться требованиями общесоюзных нормативных документов Госкомгидромета. При инженерно-геологических, гидрологических, геофизических изысканиях и разведках следует руководствоваться действующими общесоюзными нормативными документами Министерства геологии СССР.

Кроме указанных нормативных документов, например, при выполнении инженерно-геодезических изысканий можно использовать различные вспомогательные методические документы (руководства, справочники, пособия) [24, 38, 39, 44, 48]. При расчетах смет используют «Сборники цен на изыскательские работы для капитального строительства» (М.: Стройиздат, 1982).

При расчетах трудозатрат, планировании сроков проведения работ используют «Единые нормы времени и расценок на изыскательские работы» (М.: Стройиздат, 1983).

Планирование и финансирование инженерных изысканий. Планирование изыскательских работ производят в непосредственной связи с общими проектными работами для строительства объектов. В большинстве изыскательских организаций и проектно-изыскательских институтов различных министерств, выполняющих изыскательские работы, финансирование начинается с момента включения объекта в план строительства текущего года или будущих лет. Это затрудняет перспективное планирование изысканий вообще и, в частности, инженерно-геодезических работ, нарушает ритм работы проектно-изыскательских организаций. Создается положение, когда многие объекты для изыскателей становятся «горящими». Поэтому во многих организациях имеет место планирование изыскательских работ по объему и номенклатуре лишь на предстоящий год.

В настоящее время в организациях осуществляется переход к перспективному двухгодичному (и более) пообъектному планированию проектно-

изыскательских работ. Двухгодичные планы работ необходимо доводить до изыскательских, проектно-изыскательских организаций и подразделений, а также до заказчика за несколько месяцев до начала первого года.

Следует отметить, что в тематический план проектно-изыскательских и, в частности, инженерно-геодезических работ должны включаться лишь те объекты, целесообразность строительства которых полностью доказана в соответствующих технико-экономических обоснованиях и схемах развития отрасли.

Перспективный план является главной формой планирования экономического и социального развития производства, основой для текущего (годового) планирования.

Составлению годового плана предшествует анализ работы организации, подразделения за предыдущий период. Разработку годового плана начинают в подразделениях. Планово-производственный отдел на основе планов подразделений разрабатывает основные показатели годового плана организации, к которым относятся: сводный план объектов работ в натуральном и денежном выражении, план по труду и зарплате, план материально-технического снабжения, план по себестоимости и прибыли, план образования и расходования фондов экономического стимулирования и др.

Подразделениям в обязательном порядке спускают годовые планы по объему работ в натуральном и денежном выражении (в некоторые подразделения с большим объемом мелких работ — только в денежном выражении), план по труду и зарплате, план по объему законченной продукции.

Финансирование изыскательских работ осуществляется за счет заказчиков. Для специализированных изыскательских организаций заказчиками, как правило, являются проектные институты. Между проектной (заказчик) и изыскательской (подрядчик) организациями на основании технического задания заключается договор.

Техническое задание составляет заказчик и согласовывает подрядчик. Оно должно содержать следующие сведения:

наименование объекта;

данные о его расположении и границах;

стадия проектирования;

назначение и виды предстоящих изысканий;

технические характеристики проектируемых зданий и сооружений;

сведения о видах воздействия и величинах нагрузок на фундаменты, типах, размерах и глубине заложения фундаментов;

допустимые величины деформаций зданий и сооружений;

требования к точности проведения изысканий;

сроки и порядок представления материалов и др.

Типовая форма технического задания приведена в прил. 1.

К заданию прилагают:

топографические планы различных масштабов с указанием границ и площадей съемок, трасс или других объектов;

топографические съемки прошлых лет;

выкопировки трасс, генпланы строительства и др.

Во многих случаях к моменту составления технического задания проектная организация не располагает всеми необходимыми сведениями о проектируемом объекте. Могут быть не установлены границы и масштабы топографических съемок, которые определяют только в процессе компоновки зданий и сооружений объекта. Поэтому в процессе проведения изысканий и проектирования между проектировщиками и изыскателями должен осуществляться обмен необходимой информацией о порядке, очередности и видах изыскательских работ.

Следует также учитывать, что проектирование инженерных сооружений проводится по определенным стадиям и этапам, которым могут соответствовать стадии и этапы изысканий, поэтому для крупных объектов целесообразно составлять и выдавать задания на каждый этап изысканий. Как и стадии проектирования, так и этапы выполнения отдельных видов изысканий могут быть определены для каждого объекта индивидуально и согласованы между проектной и изыскательской организациями.

Заказчик должен передать подрядчику техническое задание, как правило, вместе с оформленным разрешением на производство изысканий. На основании технического задания и требований соответствующих нормативных документов изыскательская организация (подрядчик) составляет программу (проект) инженерных изысканий. В зависимости от содержания технического задания программа (проект) может быть разработана на весь комплекс изысканий по объему в целом, на один этап или вид изыскательских работ. Наиболее оптимальным считают вариант, когда программа (проект) составляется на один этап изысканий (в комплексе по всем видам или по отдельному виду). В этом случае можно учесть результаты изысканий, полученные на предыдущем этапе и разработать более обоснованную программу (проект). Даже если программа (проект) разработана на весь комплекс изысканий по объекту в целом, следует предусматривать возможность ее корректировки в процессе проведения работ по мере получения данных изысканий.

Программа должна содержать следующие основные сведения:

наименование и местоположение объекта с указанием административной принадлежности участка работ;

физико-географическая характеристика условий района, влияющих на организацию, проведение и стоимость изысканий;

сведения об изученности района изысканий, анализ материалов топографо-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий прошлых лет и рекомендации по их использованию;

обоснование категорий сложности природных условий;

определение состава, объемов, методов и последовательности выполнения инженерных изысканий с учетом требований соответствующих инструкций и других нормативных документов;

требования к охране окружающей среды при проведении изысканий;

особые требования к организации, технологии и безопасности проведения изыскательских работ и др.

К программе (проекту) прилагают копию технического задания, гра-

фик выполнения изысканий и представления заказчику материалов, смету, графическую документацию.

Программа (проект) работ является основным документом, устанавливающим виды и объемы работ, способы выполнения, категории сложности природных условий, состав и объем отчетных материалов. В договоре оговариваются виды и объемы работ, сроки их проведения, стоимость работ, взаимные обязанности заказчика и подрядчика и др. К договору прилагается смета на выполнение работ, справка об обеспечении финансирования, график выполнения работ.

На основании договора заказчик должен своевременно выдать подрядчику (исполнителю) исходные данные, обеспечить финансирование работ, а подрядчик — выполнить предусмотренные работы в установленные сроки. При несоблюдении договорных обязательств сторонами могут быть применены взаимные санкции в виде требований уплаты пени или неустойки в установленных размерах.

Для отделов изысканий проектно-изыскательских институтов непосредственными заказчиками изыскательских работ являются проектировщики данного института в лице главного инженера проекта конкретного объекта. В этом случае договора на выполнение работ (внутри института) не составляют. В отдел изысканий направляют подписанное руководством задание на выполнение изыскательских работ с указанием видов, сроков, объемов и стоимости работ.

Основные принципы и особенности организации изыскательских работ. Специализация производства изыскательских, проектных и строительных организаций предусматривает их взаимосвязь и взаимообусловленность. Следует найти и установить по каждому проектируемому и создаваемому объекту формы взаимоотношений между изыскателями, проектировщиками и строителями. Изыскатели участвуют в выборе строительной площадки, поэтому в их обязанность входит ориентировать проектировщиков на наилучшие проектные решения, учитывающие природные условия, исключающие возможность использования для строительства ценных сельскохозяйственных и лесных угодий без достаточных на это оснований. Это способствует повышению эффективности капитальных вложений в строительстве, эксплуатации объекта в будущем, а также соблюдение основ земельного и водного законодательства.

На проведение инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий необходимо получить разрешение в органах по делам строительства и архитектуры исполкомов местных советов народных депутатов. Если виды геодезических работ совпадают с видами работ, которые выполняют предприятия ГУГК, например, по развитию главной геодезической основы на территории населенных пунктов, сетей местного значения, нивелирования всех классов и съемке незастроенных территорий с площадью более 100 га, необходимо получить разрешение (прил. 2) на выполнение инженерно-геодезических изысканий в соответствующем территориальном органе Госгеонадзора ГУГК. На территориях строительств и действующих предприятий можно производить съемочные и другие изыскательские работы без разрешения указанных выше органов.

Производство инженерно-геологических и инженерно-метеорологических изысканий подлежит регистрации соответственно во Всесоюзном или территориальных геологических фондах Министерства геологии СССР и в органах Госкомгидромета.

Если разрешение на производство изысканий, как было указано выше, оформляет заказчик, то изыскательская организация должна согласовать с землепользователями и другими заинтересованными организациями сроки и участки проведения изысканий, возможные нарушения режима работы предприятий или сооружений при производстве изысканий.

Инженерные изыскания производят на всех землях без изъятия земельных участков у землепользователей. В то же время изыскатели имеют право устанавливать на территории изысканий геодезические знаки и центры, выполнять расчистку площадок, прокладку визирок, временных дорог, осуществлять проходку выработок и др. Рубку леса изыскатели могут выполнять только на основании порубочного билета, полученного заказчиком изыскательских работ в установленном порядке.

При проведении изысканий изыскательские организации должны соблюдать установленные правила охраны окружающей среды, в том числе выполнять восстановление наружного почвенного слоя.

Объем изысканий и условия производства работ определяют структуру изыскательских подразделений. Отдельные виды изыскательских работ выполняют чаще специализированные партии (геодезические, геологические, гидрогеологические), входящие в состав комплексной экспедиции. Иногда для проведения комплексных изысканий создают комплексные партии, состоящие из специализированных бригад (геодезических, геологических, гидрогеологических, метеорологических и др.).

Общей особенностью организации инженерно-геодезических и других изысканий линейных и площадных сооружений является то, что они проводятся преимущественно в полевых условиях. В то же время при выполнении изысканий линейных и площадных сооружений существуют организационные отличия.

При линейных изысканиях перед выездом на полевые работы намечаются границы участков трассы для каждой партии (бригады). Размеры участка рассчитывают, исходя из продолжительности полевого сезона или директивного срока окончания изысканий. Изыскания небольших трасс может выполнять одна специальная бригада. При линейных изысканиях, например, инженерно-геодезических, выполняются различные работы, требующие, согласно единым нормам времени, различный количественный и качественный состав бригады. Дифференцированного выполнения работ по отдельным видам на практике не применяют. Все процессы работ на данном участке трассы выполняет, как правило, единая бригада, фактический состав которой определяют, исходя из назначения трассы, ее класса, категории трудности, квалификации и опыта исполнителей. Следует учитывать, что недостаток и избыток работников в бригаде в одинаковой мере могут быть причиной снижения производительности труда и качества работы полевого подразделения в целом.

При изысканиях трасс и площадок на трассе под строительство прово-

дят комплекс различных согласований. Эти согласования проводят проектная и изыскательская организации или аналогичные подразделения проектно-изыскательского института. Функции их в этой области разграничены. Проектировщики обязаны проводить согласования с соответствующими министерствами, ведомствами, землепользователями, службой архитектуры и другими организациями по вопросам отвода земель под будущее строительство, планирования и застройки выделяемой строительной площадки, подключения проектируемого объекта к существующим сетям различных коммуникаций (связи, водопровода, тепло-, энерго- и газоснабжения, канализации различных видов и т. д.). Практика возложения функций согласований на неквалифицированных в данных вопросах изыскателей, которая еще имеет место, особенно в проектно-изыскательских институтах, не обеспечивает своевременность и качественность проектных решений и отвлекает изыскателей от выполнения их основных обязанностей. Однако иногда предусматривается возможность выполнения некоторых видов таких согласований изыскательскими организациями на основании специальных договоров с проектными организациями.

Изыскатели, как правило, должны проводить согласования, связанные непосредственно с инженерными изысканиями. Поскольку трасса линейного сооружения может проходить по землям различных колхозов, совхозов, городов, поселков, пересекать автомобильные и железные дороги, каналы, ЛЭП, кабельные трассы и другие коммуникации, в процессе полевого трассирования руководитель изыскательской бригады должен проводить согласования с местными Советами народных депутатов и соответствующими местными организациями направления трассы и участков топографической съемки. В процессе согласований, а затем и при проектировании должны максимально учитываться интересы местных организаций.

С целью обеспечения выполнения правил техники безопасности изыскатели должны согласовать с соответствующими местными организациями вопросы проведения работ в полосе отчуждения железных дорог, вблизи линий электропередач, в акватории морского порта, в пределах судоходного форватера реки и т. д. Геофизические работы, связанные с применением взрывчатых и радиоактивных веществ, необходимо согласовывать с соответствующими организациями государственного надзора. Проведение этих согласований накладывает отпечаток на организацию работ в полевом подразделении — они могут занимать у руководителя много времени, связаны с его частыми отъездами. На период своего отсутствия руководитель должен предусматривать выполнение соответствующего объема полевых работ остальными членами полевого подразделения.

При линейных изысканиях, особенно при закреплении трассы и ее вариантов, очень важно также согласование с соответствующими организациями вопросов примыкания, пересечения, проезда по угодьям, возможных потрав посевов, бахчей, садов и т. д. Объем потрав должен быть минимальным. Еще при подготовке к изыскательским работам на стадии разработки программы (проекта) должны быть предусмотрены меры предупредительного характера, исключающие необоснованные потравы

сельскохозяйственных угодий, вырубку леса, возникновение пожаров, гибели животных, птиц и т. д. В результате согласования указанных вопросов целесообразно составлять соответствующие акты, содержание которых обязательно доводят до сведения работников охраны участков землепользований (садов, бахчей и др.).

Кроме этих работ инженерно-технические работники должны выявлять на месте и изучать дополнительно различные документы, относящиеся к проектируемой трассе (сведения о горизонтах вод на участках переходов через водные преграды, о местных строительных материалах и т. д.).

Линейные изыскания отличаются большой трудоемкостью, организационной сложностью снабжения и контроля, определенными бытовыми неудобствами. Исполнители, преимущественно, живут в палатках, питание, в большинстве случаев, организуют самостоятельно.

Изыскательским работам на линейных сооружениях свойственна высокая мобильность. Они требуют от исполнителя определенного мужества и выносливости. В отдельные дни бригада проходит по нескольку километров трассы. Расположение палаточного лагеря приходится часто менять по мере продвижения по трассе. В то же время автотранспорт используется недостаточно эффективно: одна автомашина, как правило, может обслуживать только одну бригаду, так как смежные бригады могут отстоять друг от друга на сотни километров. Зимой линейные изыскания, особенно протяженных трасс, стараются не проводить.

Организация инженерных изысканий площадных сооружений несколько проще. На месте крупных площадок (например, проектируемых гидроузлов) организуют специальные экспедиции на два и более года.

При изысканиях площадных сооружений в экспедициях, как правило, создают специализированные партии (геодезические, геологические, гидрологические и др.). В зависимости от объемов работ, площади объекта, квалификации исполнителей бригады формируют по производственному (по видам работ) или по территориальному признаку. В первом случае бригада выполняет один вид работ на всем объекте, например, трассирование или топографическую съемку. Во втором случае бригада выполняет весь комплекс работ на данном участке (планово-высотное и съемочное обоснование, съемки, трассирование). Состав бригады выбирается оптимальным для всего комплекса работ, так как для каждого вида нормами предусмотрен разный состав бригад. Иногда при смене видов работ бригада может оперативно пополняться исполнителями и наоборот. Такая комплексная организация труда имеет следующие преимущества:

1) создаются условия для лучшего использования трудовых и материальных ресурсов за счет исключения части затрат на переезды, более рационального использования времени технологических перерывов, обусловленных особенностями работы;

2) увеличивается количество завершенных объектов, уменьшаются сроки производственного цикла;

3) более рационально можно размещать административные и производственные базы полевых подразделений;

4) лучше используются транспортные средства вследствие сокращения дальних переездов;

5) эффективнее используются ИТР, устраняется однообразие и монотонность выполняемых процессов, повышается квалификация работников, обеспечивается их взаимозаменяемость;

6) повышается производительность труда. Опыт показал, что при комплексном выполнении работ производительность труда бригады может увеличиться до 30%. Возрастает культура труда, снижается себестоимость работ;

7) бригада более длительное время работает на одном месте, что создает благоприятные условия для нормальной организации быта;

8) ввиду уменьшения территории работ повышается безопасность их проведения, так как уменьшаются трассы передвижения, количество водных переправ и т. п.;

9) уменьшается общее количество бригад в экспедиции (партии), что создает более благоприятные условия их снабжения и контроля;

10) в комплексных бригадах, по сравнению с дифференцированными по видам работ, в целом увеличивается количество ИТР и уменьшается количество рабочих. Это положительный фактор в условиях найма сезонных рабочих.

При изысканиях площадных сооружений исполнители имеют возможность жить в населенных пунктах, снимать жилье, организовывать камеральные помещения, на должный уровень поставить питание и быт. К месту работы и на обед бригады могут доставляться на автобусах и автомашинах экспедиций и партий. Одна автомашина может обслуживать две бригады и более, что обусловливает возможность наиболее полного использования автотранспорта.

Указанные обстоятельства во многих случаях позволяют проводить инженерные изыскания площадных сооружений практически круглогодично, если этого требуют сроки и задачи изысканий.

Метрологическое обеспечение изыскательских работ. Все виды инженерных изысканий связаны с наблюдением и измерением различных характеристик. Измерения при изысканиях — не вспомогательная или контрольная функция, а рабочий процесс — главное, а иногда, и единственное средство получения необходимой информации. При выполнении инженерно-геодезических изысканий измеряют линии, углы, превышения, давление, температуру воздуха и т. д. Для измерений используют теодолиты, нивелиры, светодальномеры, радиодальномеры, механические мерные приборы, термометры, баронивелиры, барометры и т. д.

При инженерно-геологических и инженерно-гидрогеологических изысканиях выполняют измерения глубины залегания отдельных слоев грунта, несущей способности грунтов, температуры грунтов и подземных вод и т. д. Для этого используют мерные рулетки, термометры, манометры, вакуумметры, индикаторы часового типа, динамометры, весы, амперметры, вольтметры, секундомеры и т. д.

Инженерно-гидрологические работы связаны с измерениями при помо-

щи специальных приборов скоростей течений, расходов воды, глубин водоемов, рек и т. д.

Геофизические работы связаны с измерением напряженного состояния различных физических полей (гравитационного, электрического, магнитного и др.).

Инженерно-метеорологические изыскания связаны с измерением характеристик климата (давления, температуры, количества осадков, направлений и скоростей ветра, и др.).

Поскольку инженерные изыскания нуждаются в метрологическом обеспечении, оно является одним из важных факторов совершенствования изыскательских работ. Все мероприятия по метрологическому обеспечению направлены на разработку и внедрение измерительных средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерительных операций.

При инженерных изысканиях наибольшее число измерительных операций проводится в полевых условиях. Средства измерений рассредоточены по различным полевым подразделениям, поэтому учет средств измерений, проведение их рабочих поверок в процессе эксплуатации, представление в установленные сроки на государственную поверку должны находиться в компетенции самих исполнителей и руководителей соответствующих подразделений. Вопросы, связанные с организацией поверок средств измерений, составлением и утверждением графиков государственных и ведомственных поверок, организацией технической учебы ИТР по метрологии, должны находиться в компетенции главных специалистов технического отдела изыскательской организации, осуществляющих курирование соответствующих видов изысканий или работ. Изыскательская организация может организовать разработку и изготовление нестандартизированных средств измерений, а также производить ремонт стандартных измерительных приборов. Первичную поверку и аттестацию этих средств измерений должен организовать главный механик организации.

Для метрологического обеспечения инженерных изысканий в трестах и институтах инженерных изысканий Госстроя СССР и Госстроев союзных республик организованы и функционируют соответствующие метрологические службы.

В метрологическую службу ГУГК входят: группа метрологического обеспечения, создаваемая Техническим управлением ГУГК, головная организация метрологической службы (ЦНИИГАиК), метрологические службы предприятий и объединений и др. Общее руководство службой осуществляет заместитель начальника ГУГК, являющийся главным метрологом ГУГК. В зависимости от задач и объема работ метрологическая служба предприятия может быть в виде самостоятельного подразделения, возглавляемого главным метрологом предприятия, или представлена ответственным лицом по метрологическому обеспечению. В их обязанности входят совершенствование метрологического обеспечения на предприятии, внедрение нормативных документов по вопросам метрологического обеспечения, проведение или контроль за проведением поверки и ремонта средств измерений, организация проката средств измерений и др.

В других нестроительных министерствах и ведомствах метрологические службы возглавляют главные метрологи министерств. Главный метролог министерства назначает головные проектно-изыскательские организации (институты) по отдельным видам метрологического обеспечения инженерных изысканий. В каждой такой организации может быть создана метрологическая лаборатория, возглавляемая главным метрологом организации. Эти лаборатории обслуживают группу заинтересованных родственных организаций.

Некоторые ведомства таких лабораторий не имеют. В этом случае их организации пользуются услугами республиканских и областных метрологических центров.

К проведению поверки и аттестации (например, компарирование мерных приборов) допускаются лица, прошедшие обучение на курсах Госстандарта и получившие свидетельство на право поверки средств измерений. При этом лица, осуществляющие сборку, ремонт, наладку и юстировку средств измерений при выпуске их из производства или ремонта, к проведению поверок не допускаются.

Контроль и приемка изыскательских работ. Ведущую роль при оценке качества инженерных изысканий играет технический контроль, который представляет собой совокупность контрольных операций, проводимых на всех стадиях производственного процесса.

В специализированных изыскательских организациях и предприятиях ГУГК организация и осуществление контроля и приемки работ является функцией отдела технического контроля (ОТК). Кроме того, текущий контроль возложен на руководителей соответствующих подразделений — бригадиров, начальников партий, экспедиций и отделов.

В задачи ОТК входит также контроль:

пригодности к работе приборов;

комплектности выпускаемой продукции;

знаний техническим персоналом общеобязательных инструкций по выполнению соответствующих видов инженерных изысканий.

Важной функцией работников ОТК является учет брака и расследование причин его появления. Начальник и инспекторы ОТК несут полную ответственность за качество проделанных работ, за выпуск некомплектной продукции, за правильность своих оценок.

Контроль полевых работ является неотъемлемой частью инженерных изысканий и должен планироваться и осуществляться систематически в течение всего полевого сезона.

Ввиду специфики производства изыскательских работ, территориальной разобщенности полевых подразделений особое место занимает самоконтроль. Самоконтроль осуществляется инженерно-техническими работниками в процессе выполнения измерительных операций. Например, при выполнении инженерно-геодезических изысканий под самоконтролем понимается подсчет невязок и сравнение их с допустимыми значениями, выполнение вычислений «в две руки», по разным формулам и т. д.

Проводимые проверки хода работ существенно зависят от вида работ и опыта исполнителей.

Частота проверок со стороны начальника партии должна составлять 1—2 раза в месяц, а в труднодоступных районах — 1—2 раза в сезон. Начальники отрядов, начальники и главные инженеры экспедиций, инспекторы ОТК обязаны проконтролировать работу каждого исполнителя не менее одного раза в сезон.

При контроле полевых работ необходимо проверить:

соответствие применяемой методики требованиям инструкции по производству работ, указаниям программы (проекта) или технического предписания;

соблюдение установленных инструкцией допусков;

правильность оформления материалов;

состояние измерительных приборов;

выполнение указаний предыдущих инспекций и т. д.

Результаты каждой проверки отражаются в полевых журналах работ. По замечаниям, зафиксированным при контроле работ, исполнитель вносит исправления в полевую документацию, о чем делается соответствующая отметка. Каждую проверку оформляют актом в двух экземплярах. Один экземпляр остается у исполнителя. Акт должен содержать все результаты проверки, замечания и указания по дальнейшему ведению работ.

К приемке представляют материалы полевых работ, скомплектованные в соответствии с требованиями нормативно-технических актов и руководящих технических материалов, проверенные и откорректированные самим исполнителем. Приемка полевых работ от исполнителя должна производиться до его выезда из района работ. Приемку работ следует осуществлять согласно «Инструкции о порядке контроля и приемки топографо-геодезических и картографических работ» (М.: Недра, 1979).

Приемку законченных работ производят:

от исполнителя — начальник партии в течение 5 дней, а в труднодоступных районах — в течение 10 дней после завершения полевых работ;

от начальника партии — главный инженер или начальник экспедиции (отдела) в течение 10 дней, а в труднодоступных районах — в течение 30 дней;

от главного инженера или начальника экспедиции (отдела) — инспектор ОТК организации в течение 10 дней со дня представления продукции к сдаче.

Акт приемки (прим. 3) составляют в двух экземплярах. В случае обнаружения брака составляют акт по форме, приведенной в прил. 4.

В отделах (бюро) инженерных изысканий проектно-изыскательских институтов нестроительных министерств за качество работ отвечают начальники и главные инженеры отделов, главные специалисты по видам изысканий. Они и организуют приемку выполненных изыскательских работ.

Инженерно-технические работники за работы, не отвечающие техническим требованиям, несут материальную, административную или уголовную ответственность в зависимости от размеров и причин брака. При этом начальники изыскательских партий, начальники и главные инженеры экспедиций, начальники и главные специалисты отделов, бригадиры

и инспекторы ОТК за приемку недоброкачественной или некомплектной продукции несут административную или уголовную ответственность в соответствии с существующими положениями.

3.3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Техникой безопасности называют систему организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Средства, применение которых предотвращает или уменьшает воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов, называют средствами защиты работающих.

Безопасностью производственного процесса называют его свойства сохранять безопасное состояние труда в условиях, установленных нормативно-технической документацией.

Все виды изысканий проводятся в полевых условиях. В связи с этим им присущи некоторые общие опасные и вредные факторы, связанные с этой спецификой. В условиях степной, лесной, заболоченной, горной, малонаселенной местности причинами несчастных случаев часто оказываются естественные природные факторы: непогода, туманы, наводнения, отсутствие воды, грозовые явления, пожары, волнения на водных акваториях, болотистые почвы, осыпи и лавины, камнепады и обвалы в горах, значительные уклоны местности, отсутствие ориентиров при передвижении и т. д. Не исключены при изысканиях встречи с хищными зверями, змеями, ядовитыми насекомыми. Для предупреждения несчастных случаев и травм необходимо строго соблюдать порядок передвижения на местности и переправ через реки и водоемы, правила организации полевого лагеря, пожарной безопасности, рубки просек, визирок, работ в зимних условиях. Необходимо проводить установленные профилактические прививки. Переносимые грузы не должны превышать установленных норм. Важно соблюдение санитарии и личной гигиены полевых работников.

При инженерно-геодезических изысканиях особые опасности могут возникнуть во время работы в населенных местах и промышленных предприятиях, где возникает возможность поражения электрическим током подземных и воздушных сетей, отравления газом при обследовании и съемке колодцев подземных коммуникаций и т. д. Следует учитывать особенности работ вблизи линий электропередач, в полосе отчуждения железных дорог, на проезжей части автомобильных дорог, мостов.

При выполнении инженерно-геодезических изысканий следует строго руководствоваться «Правилами по технике безопасности на топографо-геодезических работах» (ПТБ-73) (М.: Недра, 1973), а также ведомственными изданиями, например «Руководством по технике безопасности на инженерно-изыскательских работах при строительстве» (М.: Стройиздат, 1971).

При выполнении буровых и горнопроходческих работ на инженерно-

геологических изысканиях следует руководствоваться «Правилами безопасности при геологоразведочных работах» (М.: Недра, 1980) и ведомственными документами. Лица, непосредственно ведущие инженерно-геодезические работы, должны быть обеспечены спецодеждой, обувью и индивидуальными средствами защиты в зависимости от рода работ (рукавицы, очки, каски, пояса). Запрещается располагать буровую установку под линиями электропередач и ближе 3 м от края крутых откосов, оставлять открытыми устья выработок. У шурфов, шахт и ям необходимо устанавливать ограждения. Выработки необходимо обеспечить естественной или искусственной вентиляцией. Буровое оборудование должно быть исправным. К ведению буровых и горнопроходческих работ и их руководству допускаются только лица со специальным образованием.

При выполнении инженерно-гидрологических изысканий необходимо руководствоваться «Правилами по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета» (Л.: Гидрометеоиздат, 1983).

При гидрометрических работах на акваториях рек, водохранилищ, озер и других водоемов, работающие могут оказаться под воздействием шторма, больших скоростей течения, ливней, туманов, подвижек льда и т. д. Лица, выполняющие работы непосредственно на воде, должны уметь плавать, грести, управлять лодкой, применять способы спасения утопающих, оказывать первую помощь при несчастных случаях. Необходимо обеспечить правильный выбор плавательных средств, вести постоянный надзор за их техническим состоянием.

До начала работ на судоходных и сплавных реках необходимо заранее ознакомиться с действующими местными правилами плавания, судовождения и сплава леса, и организовать работы с учетом этих правил.

Передвижение людей на лодке и пересаживание из лодки в лодку допускается только у берега или на участке реки со слабым течением в местах, где глубина не превышает 1 м. Запрещается купание с лодки, подчаливание лодок к проходящим судам. Запрещена работа на лодках при ветре более 5 баллов, а на катерах — более 6 баллов.

При выполнении полевых изыскательских работ нужно строго соблюдать правила проведения инструктажей. Перед выездом на работы проводят инструктаж полевых работников по технике безопасности. Вводный инструктаж обязателен для вновь принятых ИТР, рабочих и студентов-практикантов. При назначении на конкретную работу проводят инструктаж на рабочем месте, обучают безопасным методам и приемам работы, оказанию первой помощи, организации безопасных переездов. Должны быть предусмотрены повторные инструктажы. Результаты инструктажей документально оформляются.

Работники, принятые для выполнения работ на механизмах или для работ повышенной опасности, требующих технической подготовки, вначале проходят специальное обучение. После проверочных испытаний они получают удостоверение на право производства работ.

Для обучения и инструктажа на базах экспедиций должен быть оборудован кабинет по технике безопасности, обеспеченный литературой, плакатами, наглядными пособиями и средствами техники безопасности.

3.4. РОЛЬ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРАКТИКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Опыт использования космической информации показал, что материалы зондирования Земли из космоса находят применение в следующих работах:

изучение недр, разведка топливных и минеральных сырьевых ресурсов;

землеустройство, учет земель, картографирование почв и эрозионной опасности, исследование кормовых ресурсов;

изучение шельфа, морских и океанических течений, обнаружение биопродуктивных зон, перспективных районов добычи рыбы и морепродуктов в морях и океанах;

картографирование водоемов, изучение запасов поверхностных и грунтовых вод, запасов льда в горах, контроль расхода водозапасов на орошение;

инженерная оценка местности, изучение сейсмической, селевой и лавинной опасности, проектирование строительства крупных инженерных сооружений и коммуникаций;

исследование динамики природных процессов в целях контроля охраны окружающей среды, организации воспроизводства возобновляемых природных ресурсов;

создание и обновление топографических и тематических карт различных масштабов и назначения.

Космические снимки могут быть использованы при проектировании крупных территориальных систем. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с топографическими картами и аэрофотоснимками:

благодаря большой высоте полета станции, космические снимки имеют минимальные геометрические искажения изображений;

общая обзорность космической съемки дает проектировщикам возможность одновременного анализа весьма обширной территории;

космические снимки отражают свойства территории в конкретный момент времени и старения отдельных материалов, как это часто бывает с топографическими картами, не происходит;

циклические съемки позволяют выявить тенденцию развития антропогенных и природных ландшафтов.

Практика показала целесообразность применения материалов космических фотосъемок при проектировании городов, крупных гидротехнических узлов и высотных плотин в горах. Снимки из космоса важны для выбора трасс линейных сооружений: нефте- и газопроводов, автомобильных и железных дорог, каналов, линий энергопередачи. В характерных для Западной Сибири труднодоступных районах космические снимки дают возможность наметить обходы болот, озер и других участков местности, недоступных для машин и механизмов, определить места преодоления естественных преград, сопоставить разные варианты трасс с целью оптимизации в технико-экономическом отношении.

Разработке крупных проектных решений, затрагивающих большие по площади территории, предшествуют всесторонняя оценка и прогнозирова-

ние результатов антропогенного воздействия на сложившиеся ландшафтные связи и природные сообщества. Глубокий анализ всей совокупности природных факторов способствует выработке таких решений, которые исключают пагубные последствия вмешательства человека в природную среду.

Космическая информация позволяет исследовать на определенных глубинах рельеф морского дна, его геологическое строение, ареалы распространения растений, фито- и зоопланктона, течения, загрязнения вод и т. д. Эксперименты, проведенные на ряде космических аппаратов, показали, что при определенном состоянии прозрачности воды, взволнованности водной поверхности, благоприятном расположении Солнца, удачном подборе светофильтров и последующей обработке снимков можно получить фотографические изображения подводного рельефа на глубинах до 30 м (зафиксированы случаи съемки дна моря и на больших глубинах).

Использование космической техники предоставило возможность существенно повысить производительность труда топографов и геодезистов, отказаться от увеличения парка съемочных самолетов, обеспечить экономию средств. Разработан новый вид картографической продукции — мелкомасштабные топографические фотокарты. В определенном смысле они более информативны, нежели традиционные.

Съемки земной поверхности из космоса производятся в определенных диапазонах длин волн, которые проникают через атмосферу (0,375—2,5 мкм; 3—6 мкм; 8—13 мкм; 0,5 см — 4 м).

В зависимости от решаемой задачи используют космические снимки с разрешающей способностью от нескольких метров до сотен километров.

Для обеспечения геометрической точности материалов космической съемки необходима соответствующая их координатная привязка. Для некоторых потребителей космических снимков, оценивающих состояние известных объектов и территории в целом, высокая точность координатной привязки снимков не требуется.

Для использования космических снимков в инженерных целях их необходимо дешифрировать и представлять в виде тематических картосхем с таблицами, графиками и текстовым описанием. В настоящее время одной из важных проблем обработки космических снимков является дешифрирование. Его производят визуально, при помощи оптико-механических приборов или автоматических систем.

К недостаткам космических снимков относят: трудность изучения высотных характеристик объектов, проблематичность получения снимков одной территории через заданные интервалы в одних и тех же природных и технических условиях, значительное время доставки снимков на Землю, большие расходы на запуск космических аппаратов, наличие создаваемых облачностью помех.

3.5. РОЛЬ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Интенсивные темпы строительства крупных инженерных сооружений, охватывающих значительные территории, неизбежно вызывают нежелательные изменения в окружающей среде: в некоторых районах ощутимо

меняются климатические условия, загрязняются атмосфера, реки, моря и океаны; обширные территории суши загрязняются отходами производства, особенно в районах крупных городов; нарушается естественный режим поверхностных и подземных вод, подтапливаются большие территории и т. п. Кроме этого существенно преобразуются природные ландшафты и изменяется рельеф земной поверхности. Масштабы вмешательства человека в природу стали столь велики, что возникла необходимость законодательного регулирования взаимоотношения человека с окружающей средой, целью которого является рациональное использование природных богатств, их сохранение и преумножение. Такое регулирование осуществлено в разработанных, и принятых Верховным Советом Союза ССР, земельном и водном законодательствах, в законах об охране природы, охране и рациональном использовании недр.

Роль инженерных изысканий в охране окружающей среды весьма велика, так как основная задача инженерных изысканий — изучение природных условий строительства. Это означает, что в процессе изысканий необходимо разработать, а затем и осуществить меры предупредительного характера, исключающие возможность нанесения ущерба окружающей среде, необоснованных потрав сельскохозяйственных культур, вырубки леса, гибели диких животных, птиц и рыб, возникновения пожаров и т. п. Должны быть разработаны меры, исключающие или уменьшающие необходимость вмешательства в естественный ход природных процессов. На основе материалов изысканий должны быть разработаны соответствующие рекомендации по расположению проектируемых объектов, чтобы их строительство и эксплуатация в минимальной степени нарушали естественный ход природных процессов, чтобы были сохранены ценные сельскохозяйственные и лесные угодья.

Изыскания должны обеспечить разработку научно обоснованных прогнозов изменения природных условий под воздействием строительства и эксплуатации проектируемого объекта. Разработка обоснованных и качественных прогнозов последствий деятельности человека возможна, если в процессе инженерных изысканий будут вскрыты и изучены основные закономерности и причинные взаимосвязи между отдельными компонентами природных условий, проанализированы возможные и наиболее вероятные их изменения. Правильно составленный прогноз позволяет разработать эффективные предупредительные или защитные мероприятия, которые в свою очередь будут способствовать сохранению в сфере материального производства земельных ресурсов страны, сохранению и рациональному использованию других природных богатств.

Эти обстоятельства резко повышают роль и значимость инженерных изысканий в соблюдении основ земельного и водного законодательств и законов об охране природы и недр при освоении территорий. Роль и значение инженерных изысканий следует рассматривать в трех аспектах:

обеспечение соблюдения Закона об охране природы;

материалы инженерных изысканий должны способствовать созданию проектов, осуществление которых вызвало бы минимально возможное изменение природных условий;

материалы инженерных изысканий должны служить основой для разработки прогнозов изменения природных условий под влиянием деятельности человека и осуществления эффективных предупредительных и защитных мероприятий.

4. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

4.1. СОСТАВ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ. НАЗНАЧЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Топографо-геодезические изыскания должны обеспечить изучение топографических условий конкретного района (участка, площадки) и получение материалов преимущественно в виде крупномасштабных топографических планов, необходимых для проектирования строительства.

В состав топографо-геодезических изысканий входят:

сбор и анализ имеющихся материалов топографо-геодезической изученности;

построение (разбивка) государственной геодезической сети 3 и 4 классов, сети сгущения 1 и 2 разрядов и нивелирной сети II, III и IV классов;

создание планово-высотной съемочной геодезической сети;

топографическая съемка (в необходимых случаях аэрофотосъемка) или обновление топографических планов.

В зависимости от характера и назначения проектируемых объектов, стадийности проектирования, частоты инженерных коммуникаций, характера застройки местности, природных условий и характеристики рельефа при топографо-геодезических изысканиях устанавливают масштабы съемок и высоты сечения рельефа (м), приведенные в табл. 2.

Высоты сечения рельефа, значения которых отмечены в табл. 2 звездочкой, на топографических планах населенных пунктов не применяются. В скобках указаны высоты сечения рельефа, допускаемые в особых условиях, оговоренные в проектах (программах).

В отдельных случаях на участках предприятий, улиц и перекрестков городов и с густой сетью подземных коммуникаций (например, при проектировании станций метрополитенов и др.) применяют планы масштаба 1 : 200 с высотой сечения рельефа 0,5; 0,25 м.

Наиболее употребительными при топографо-геодезических изысканиях являются планы масштаба 1 : 5000 с сечением рельефа 1 м, планы масштабов 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500, с сечением рельефа 0,5 м. В некоторых случаях, оговоренных в программе изысканий, при съемках в масштабах 1 : 5000 — 1 : 500 допускается высота сечения рельефа 0,25 м.

В процессе топографо-геодезических изысканий может выполнять-

Таблица 2

Характеристика рельефа и максимальные доминирующие углы наклона	Масштаб планов и карт			
	1:500—1:1000	1:2000	1:5000	1:10 000
Равнинный с углами наклона до 2°	0,5	0,5(1,0)	1,0(0,5)	1,0(2,0)
Всхолмленный с углами наклона до 4°	0,5	0,5*(1,0)	2,0(1,0)	2,0(2,5)
Пересеченный с углами наклона до 6°	0,5; 1,0*	2,0* (1,0)	2,0(5,0)	5,0(2,5)
Горный и предгорный с углами наклона более 6°	1,0	2,0	2,0* 5,0	5,0

ся обновление топографических крупномасштабных планов съемок прежних лет. Однако на территориях, где общее изменение ситуации и рельефа составляет более 35%, съемка выполняется заново.

Топографические планы масштаба 1 : 10 000 предназначаются для: разработки проектов общей компоновки и планировки городов и поселков; выбора трасс дорог, трубопроводов, ЛЭП и др.; разработки проектов лесной мелиорации; выбора территории строительства гидротехнических сооружений и т. д.

Топографические планы масштаба 1 : 5000 предназначаются для: разработки генеральных планов и проектов строительства крупных и средних городов, крупных промышленных районов, сложных транспортных развязок; разработки проектов горнодобывающих предприятий, обобщенных генеральных планов морских портов, детальной разведки полезных ископаемых; разработки проектов орошения и осушения на участках менее 15 км^2, строительства гидроузлов на малых равнинных и горных реках и др.

Топографические планы масштаба 1 : 2000 предназначаются для: разработки генеральных планов и проектов (рабочих проектов) строительства малых городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов, включая планы красных линий, схемы вертикальной планировки и размещения внеквартальных инженерных сетей; составления проектов планировки городских промышленных районов; разработки проектов и генеральных планов морских портов и отдельных гидротехнических сооружений на участках более 15 км^2 и др.

Топографические планы масштаба 1 : 1000 предназначаются для: разработки проектов (рабочих проектов) и рабочей документации застройки на незастроенной территории и территории с одноэтажной застройкой; разработки проектов (рабочих проектов) вертикальной планировки и озеленения территорий; разработки рабочей документации гидротехнических сооружений и др.

Топографические планы масштаба 1 : 500 предназначаются для: раз-

работки рабочих проектов или рабочей документации многоэтажной капитальной застройки с густой сетью подземных коммуникаций, промышленных предприятий, отдельных зданий, сооружений, улиц, площадей, совмещенных подземных сетей; разработки рабочих проектов или рабочей документации отдельных гидротехнических сооружений, зданий ГЭС, порталов туннелей и др.

Масштаб 1 : 500 принято называть основным строительным масштабом. На топографических планах изображают все объекты и контуры местности, элементы рельефа, предусмотренные действующими условными знаками.

На крупномасштабных планах различных масштабов достоверно, с необходимой точностью и подробностью изображают:

пункты триангуляции, трилатерации, полигонометрии, реперы нивелирных сетей;

отдельные строения, жилые, общественные, промышленные, сельскохозяйственные и коммунальные объекты, их назначение, материал стен, этажность;

дорожную сеть и сооружения на ней (мосты, тоннели, путепроводы и т. д.);

гидрографию и гидротехнические сооружения (каналы, канавы, плотины, причалы и т. д.);

наземные коммуникации (трубопроводы, ЛЭП и др.);

выходы подземных коммуникаций;

растительность;

грунты и микроформы земной поверхности (пески, такыры, галечники и др.);

закрепленные на местности границы и ограждения и т. д.

Не показывают переносные и временные сооружения, находящиеся внутри проездов и дворов (гаражи, палатки, киоски, мусорные ящики), временные заборы и сооружения на строительных площадках.

При съемках лесов определяют породу, среднюю высоту деревьев, толщину их на уровне груди, среднее расстояние между деревьями, контуры вырубок, гарей и др. Подлежат съемке и нанесению на план все отдельно стоящие деревья.

Определяют скорости и урезы водотоков, все выходы грунтовых вод, проходимость болот, их глубину и растительный покров. Обязательно указывают все карстовые воронки, оконтуривают все оползневые участки. По специальному заданию проектировщиков на топографических планах могут быть указаны также другие объекты и их характеристики.

На планах указывают собственные названия населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, озер, рек, ручьев, вершин и др.

Рельеф изображают горизонталями с указанием отметок отдельных форм. Применяют условные знаки обрывов, скал, воронок, осыпей, оврагов, оползней и др. Формы микрорельефа изображают полугоризонталями. Две высоты сечения рельефа разрешено применять на значительных по площади участках съемочного планшета, где преобладающие углы наклона местности различаются на 2% и более.

Ошибки в положении на плане объектов 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 ошибки во взаимном положении на плане точек ближайших контуров (капитальных зданий, сооружений и т. п.) не должны превышать 0,4 мм. В связи с этим чертежная основа топографической съемки должна иметь малую деформацию и изготавливаться на прозрачных пластических материалах или на чертежной бумаге (фотобумага) высокого качества, наклеенной на жесткую основу.

Ошибки съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте:

$^1/_4\ h$ (h — принятая высота сечения рельефа) при углах наклона до 2°;

$^1/_3\ h$ при углах наклона 2—6° для планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000;

$^1/_3\ h$ при углах наклона 2—10° для планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500;

$^1/_3\ h$ при $h=0{,}5$ м на планах масштабов 1:5000 и 1:2000.

На залесенных участках местности указанные допуски могут быть увеличены в 1,5 раза.

В районах с углом наклона свыше 6° для планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000, и свыше 10° для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 число горизонталей должно соответствовать разности высот, определенных на перегибах скатов, а ошибки высот, определенных на характерных точках рельефа, не должны превышать $^1/_3\ h$.

В процессе топографо-геодезических изысканий для решения отдельных отраслевых задач проектирования строительства, реконструкции и благоустройства могут создаваться специализированные топографические планы. Работы по созданию таких планов проводятся с соблюдением требований специальных ведомственных инструкций, утвержденных ГУГК. При создании таких планов допускается съемка и отображение на плане не всей ситуации местности, применение нестандартных сечений рельефа, снижение или, наоборот, повышение требований к точности изображения контуров или рельефа местности.

На планах могут быть отражены объекты, расположенные не только на поверхности земли, но и под землей, например, подземные коммуникации. При создании планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 по дополнительным требованиям каждое дерево может быть снято инструментально.

По требованиям проектировщиков на планах промышленных предприятий могут быть указаны плановые координаты углов капитальных зданий, центров емкостей, плановые координаты и высотные отметки осей автомобильных дорог, основных элементов железных дорог и др.

Требования к точности определения координат и высот таких точек местности могут быть повышены. Их специально указывают в программе изысканий.

4.2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Основной целью топографо-геодезических изысканий является создание крупномасштабных топографических планов, которые широко используются при проектировании практически всех площадных сооружений. Для производства крупномасштабных топографических съемок создают сети планово-высотного обоснования.

В процессе топографо-геодезических изысканий в большинстве случаев создают сети триангуляции (трилатерации) 4 класса или сети ходов полигонометрии 4 класса, плановые сети сгущения 1 и 2 разрядов методами полигонометрии, триангуляции (трилатерации), а также их сочетаниями. В качестве планового съемочного обоснования служат сети теодолитных ходов, микротриангуляции (микротрилатерации), геодезических засечек и их сочетания.

Высотную основу съемок создают путем проложения ходов нивелирования IV класса, сгущаемых ходами технического нивелирования.

Сети, служащие обоснованием для крупномасштабных съемок конкретных участков местности в процессе изысканий, в большинстве случаев привязывают к государственным сетям более высоких классов. Отдельные сети, например, заводских территорий, могут быть свободными.

Выбор видов геодезических сетей для построения на местности зависит от площади снимаемой территории (табл. 3).

При создании съемочного обоснования используют теодолитные ходы, микротриангуляцию и техническое нивелирование.

При съемке действующих промышленных предприятий класс (разряд) геодезических сетей может быть повышен по сравнению с данными табл. 3. Топографические съемки для сельскохозяйственного строительства на территории до 20 км^2 в масштабе 1 : 2000 и крупнее допускается

Таблица 3

Площадь топографической съемки, км^2	Виды опорных сетей		
	Триангуляция, трилатерация, полигонометрия		Нивелирование (класс)
	Государственная геодезическая сеть (класс)	Геодезическая сеть сгущения (разряд)	
200 и более	2, 3, 4	1, 2	I, II, III, IV
50 –200	3, 4	1, 2	II, III, IV
10—50	4	1, 2	III, IV
5 -10	—	1, 2	IV
1—5	—	2	IV
до 1	—	—	—

выполнять только на основе геодезических сетей сгущения, если на расстоянии 5 км от границ участка работ отсутствуют пункты государственной геодезической сети.

Согласно инструкции [20] средняя плотность государственной геодезической сети для съемки в масштабе 1 : 5000 должна быть 1 пункт триангуляции или полигонометрии на 20—30 км^2 и 1 репер на 10—15 км^2, а для съемки в масштабе 1 : 2000 и крупнее — 1 пункт триангуляции или полигонометрии на 5—15 км^2 и 1 репер на 5—7 км^2. В районах мелиоративного строительства необходимо иметь 1—2 репера на 4 км^2. Дальнейшее увеличение плотности геодезической основы достигают развитием сетей сгущения (триангуляции или полигонометрии 1 и 2 разрядов) до 1 пункта на 1 км^2 незастроенной территории и 4 пункта на 1 км^2 застроенной территории. Дальнейшее сгущение производится съемочными сетями. Основные технические показатели триангуляции даны в табл. 4.

Триангуляционные сети, как основу крупномасштабных съемок, создают на конкретный объект съемки. При этом предусматривают возможность развития сети и ее сгущения в случае расширения территории объекта. Сети триангуляции 4 класса проектируют в виде отдельных систем или вставок в сети более высоких классов. Триангуляционные сети сгущения 1 и 2 разрядов проектируют в виде цепочек треугольников,

Таблица 4

Показатель	Триангуляция		
	4 класс	1 разряд	2 разряд
Длины сторон треугольника, км	2—5	0,5—5	0,25—3
Относительная ошибка:			
базисной (входной) стороны, не более	1/200 000	1/50 000	1/20 000
определяемой стороны сети в наиболее слабом месте, не более	1/70 000	1/20 000	1/10 000
Наименьшее значение угла треугольника, градус:			
в сплошной сети	20	20	20
в связующей цепочке треугольников	30	30	30
во вставке	30	30	20
Предельная невязка в треугольнике	8	20	40
Средняя квадратическая ошибка измеренного угла (вычисленная по невязкам треугольников), с	2	5	10
Длина базисной (выходной) стороны, км, не более	2	1	1
Число треугольников между исходными (базисными) сторонами или между исходным пунктом и исходной стороной, не более	20	20	20

центральных систем, сплошных сетей. Сплошные сети триангуляции 1 и 2 разрядов должны опираться не менее чем на три пункта сети более высокого класса, цепочки треугольников — не менее чем на два пункта. Локальные сети должны иметь не менее двух измеренных базисов.

При проектировании в сетях оценке точности подлежат элементы сети, которые нужно учитывать для более низкой ступени обоснования в качестве ошибок исходных данных.

Ошибку во взаимном положении $m_{вп}$ соседних пунктов в слабом месте сети можно оценить по формуле

$$m_{вп}^2 = m_S^2 + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} S^2,$$

где m_S — ошибка определения длины S слабой стороны; m_α — ошибка в передаче дирекционного угла от исходной стороны к слабой.

В свою очередь

$$m_S = \frac{S m_{\lg S}}{0{,}43 \cdot 10^6};$$

$$m_{\lg S}^2 = m_{\lg b}^2 + k m_\beta^2 \sum_1^n (\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B) = m_{\lg b}^2 + k m_\beta^2 \sum_1^n R;$$

$$m_\alpha^2 = m_{\alpha_0}^2 + \frac{2}{3} m_\beta^2 \sqrt{n},$$

где $m_{lg\ b}$ — ошибка логарифма базисной стороны в единицах шестого знака логарифма; m_β — средняя квадратическая ошибка измеренного угла; δ_A и δ_B — перемены логарифмов связующих углов при изменении последних на 1"; $k = {}^2/_3$ — для сети из треугольников; $k = {}^1/_2$ — для сети из геодезических четырехугольников и центральных систем; m_α — средняя квадратическая ошибка дирекционного угла исходной стороны; n — число треугольников, отделяющих искомую сторону от исходной; m_β — средняя квадратическая ошибка измерения угла в треугольнике.

Величины R выбирают из специальных таблиц, имеющихся в любых учебниках и пособиях по триангуляционным работам. Аргументами в этих таблицах являются значения связующих углов A и B.

В сплошных сетях оценку точности производят строгим коррелатным или параметрическим способом. По обычной схеме чаще всего на ЭВМ находят величину обратного веса $1/p_l$ исследуемой функции. Далее, зная m_β для исследуемой сети, определяют

$$m_{\lg S} = m_\beta \sqrt{\frac{1}{p_S}}; \qquad m_S = \frac{S m_{\lg S}}{0{,}43 \cdot 10^6};$$

$$m_{x,y} = m_\beta \sqrt{\frac{1}{p_x} + \frac{1}{p_y}}.$$

При построении триангуляционных сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов должны быть соблюдены требования табл. 4.

Таблица 5

Класс (разряд) сети	Число приемов для теодолита типа	
	2Т2	2Т5
4 класс	6	—
1 разряд	3	4
2 разряд	2	3

Таблица 6

Вид допуска	Тип теодолита	
	2Т2	2Т5
Замыкание горизонта, с	8	12
Колебание направлений, приведенных к нулю, в разных приемах, с	8	12
Колебания 2*c*, с	10	12

Измерение углов производят методом круговых приемов на пунктах триангуляции 4 класса теодолитами типа 2Т2, T*heo* 010 и др., на пунктах триангуляции 1 и 2 разрядов — теодолитами типа 2Т5, T*heo* 020. Число приемов указано в табл. 5.

Основные контрольные допуски на станции представлены в табл. 6.

Базисные стороны измеряют светодальномерами. Места положения пунктов выбирают так, чтобы видимость на соседние пункты обеспечивалась с высоты штатива, установленного на земле над центром. Высокие сигналы при инженерных изысканиях не строят. Высоты их ограничивают 6—10 м. Если требуется строительство более высоких сигналов, предпочитают триангуляцию заменить полигонометрией. С появлением светодальномеров производство стало отдавать предпочтение полигонометрии и в местностях, где традиционно считалось целесообразно использовать триангуляцию. Это обусловлено более простой организацией полигонометрических работ, отсутствием необходимости строительства сигналов (даже небольших), большим числом дополнительных точек, которые можно в дальнейшем использовать при съемке. Основные технические показатели полигонометрии даны в табл. 7.

В отдельных случаях, при привязке ходов полигонометрии к пунктам государственной геодезической сети с использованием светодальномеров, длины привязочных сторон могут быть увеличены до 30%. В порядке исключения в ходах полигонометрии 1 разряда длиной до 1 км и 2 разряда длиной до 0,5 км допускается абсолютная линейная невязка 10 см. В сети конкретного объекта число угловых и линейных невязок, близких к предельным, не должно превышать 10%. Допускается увеличение длин ходов полигонометрии 1 и 2 разрядов до 30% при условии дополнительных определений дирекционных углов сторон хода с ошибкой 5—7" не реже чем через 15 сторон или через 3 км.

Таблица 7

Показатель	Полигонометрия		
	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода, км:			
отдельного	15	5	3
между исходной и узловой точками	10	3	2
между узловыми точками	7	2	1,5
Предельный периметр полигона, км	30	15	9
Длина сторон хода, км:			
наибольшая	2,0	0,80	0,35
наименьшая	0,25	0,12	0,08
средняя расчетная	0,50	0,30	0,20
Наибольшее число сторон в ходе	15	15	15
Предельные относительные ошибки хода	1:25 000	1:10 000	1:5000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), с	3	5	10
Предельная угловая невязка хода или полигона при числе углов n, с	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$

Оценка точности запроектированных сетей полигонометрии, служащих обоснованием крупномасштабных съемок инженерных объектов, часто выполняется не только строгим методом, но и приближенными: последовательных приближений или эквивалентной замены. Наиболее простым является метод последовательных приближений. Он заключается в том, что в первом приближении систему ходов, сходящихся в каждой узловой точке, рассматривают как самостоятельную систему, опирающуюся на пункты, положение которых пока принимают безошибочным. Подсчитывают по каждому ходу ожидаемую среднюю квадратическую ошибку положения узловой точки по формулам:
для вытянутых ходов

$$M^2 = m_S^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\,[S]\,\frac{n+3}{12}, \qquad (1)$$

для ломаных ходов

$$M^2 = m_S^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\,[D_{0,i}^2], \qquad (2)$$

где m_S — средняя квадратическая ошибка измерения линий светодальномером; m_β — средняя квадратическая ошибка измерения угла; S_i — длины линий хода; n — число сторон в ходе; $D_{o,i}$ — расстояние от центра тяжести хода до i-ой точки.

Так как формула (2) дает меньшие величины M, можно рекомендо-

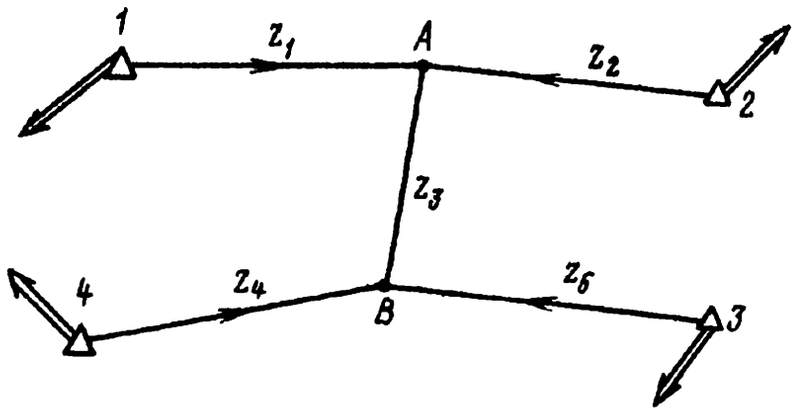


Рис. 22. Схема сети с двумя узловыми точками

вать для создания запаса прочности пользоваться для подобных ходов формулой (1).

Для сети, изображенной на рис. 22, в первом приближении вычисляют ошибки: M_{z_1} по ходу z_1, идущему от точки 1; M_{z_2} по ходу z_2, идущему от 2; M_{z_3} по ходу z_3, идущему от B.

Веса определения положения точки A по ходам z_1, z_2 и z_3 в первом приближении принимают равными

$$p'_{z_1}=c/M_{z_1}^2; \qquad p'_{z_2}=c/M_{z_2}^2; \qquad p'_{z_3}=c/M_{z_3}^2.$$

Вес положения точки A принимают равным

$$p'_A=p'_{z_1}+p'_{z_2}+p'_{z_3},$$

а среднюю квадратическую ошибку ее положения в первом приближении —

$$(M_A^2)'=c/p'_A.$$

Аналогично для узловой точки B из первого приближения будем иметь

$$p'_B=p'_{z_3}+p'_{z_4}+p'_{z_5}; \qquad (M_B^2)'=c/p'_B.$$

Во втором приближении ошибки исходных данных в узловых точках A и B принимают равными величинам (M_A) и (M_B), полученным из первого приближения. Тогда для A —

$$p''_{z_1}=p'_{z_1}=c/M_{z_1}^2; \qquad p''_{z_2}=p'_{z_2}=c/M_{z_2}^2; \qquad p''_{z_3}=c/[M_{z_3}^2+(M_B^2)'];$$

$$p''_A=p''_{z_1}+p''_{z_2}+p''_{z_3}; \qquad (M_A^2)''=c/p''_A.$$

Аналогично для точки B:

$$p''_{z_3}=c/[M_{z_2}^2+(M_A^2)']; \qquad p''_{z_4}=p'_{z_4}=c/M_{z_4}^2; \qquad p''_{z_5}=p'_{z_5}=c/M_{z_5}^2;$$

$$p''_B=p''_{z_3}+p''_{z_4}+p''_{z_5}; \qquad (M_B^2)''=c/p''_B.$$

В третьем приближении в качестве ошибок исходных данных принимают ошибки узловых точек A и B, полученные во втором приближении. Вычисления продолжают вплоть до сходимости результатов в смежных приближениях.

Слабое место в достаточно сложной сети полигонометрии будет находиться примерно в середине хода, расположенного между узловыми точками с наибольшими величинами ошибок $M_н$ и $M_к$. Ошибку в самом слабом месте сети подсчитывают по формуле

$$M_{сл}^2 = M_{исх}^2 + M_{хода}^2 = \frac{M_н^2 + M_к^2}{2} + M_{хода}^2,$$

где $M_н$ и $M_к$ — средние квадратические ошибки положения пунктов в начале и конце хода.

Измерения в полигонометрических ходах выполняют согласно требованиям инструкций [18, 20]. Углы в ходах полигонометрии 4 класса измеряют теодолитами типа 2Т2 шестью приемами, в ходах 1 и 2 разряда — теодолитами типа 2Т2 — двумя приемами, а теодолитами типа 2Т5 — тремя приемами в полигонометрии 1 разряда и двумя — в полигонометрии 2 разряда.

Линии измеряют светодальномерами. В связи с широким внедрением в производство светодальномеров в массовых топографо-геодезических изысканиях такие методы полигонометрии, как траверсная, короткобазисная, створно-короткобазисная полигонометрия следует считать, по-видимому, мало перспективными. То же самое относится и к применению для измерения линий различных оптических дальномеров двойного изображения (Редта 002, ОТД). Широкое использование светодальномеров определило также предпосылки к созданию одноразрядных полигонометрических сетей.

Плановые сети съемочного обоснования создают в зависимости от характера местности путем построения сетей микротриангуляции или теодолитных ходов. Средние ошибки в положении точек планового съемочного обоснования относительно ближайших пунктов геодезической сети более высокого порядка не должны превышать в открытых районах — 0,1 мм в масштабе плана и 0,15 мм — в лесных районах.

В пересеченной открытой местности съемочную сеть можно создавать построением микротриангуляции, основные характеристики которой в зависимости от масштаба съемки представлены в табл. 8.

Углы в треугольниках измеряют теодолитами типа Т15, 2Т30 двумя приемами с перестановкой лимба между ними на 90°. Расхождения в значении углов из разных приемов не должны превышать 45″. Невязки в треугольниках не должны быть более 1,5′.

Отдельные точки съемочной сети могут быть определены прямыми, обратными и комбинированными засечками. Прямые засечки выполняют не менее чем с трех точек геодезической сети. Углы между смежными направлениями на определяемой точке должны быть $30 < \alpha < 150°$.

Таблица 8

Показатель	Масштаб съемки			
	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
Число треугольников между базисами	20	17	15	10
Углы в треугольниках не менее, градус	20	20	20	20
Невязка в треугольниках не более, мин.	1,5	1,5	1,5	1,5
Длины сторон треугольников не менее, м	150	150	150	150
Относительная ошибка измерения базиса	1:10 000	1:5000	1:5000	1:5000

Таблица 9

Масштаб съемки	Предельные длины ходов между пунктами геодезической сети (км) для территории		Предельная удаленность узловых точек от пунктов геодезической сети, км	Предельные длины висячих ходов (м) количество точек поворота для территории	
	застроенной	незастроенной		застроенной	незастроенной
1:5000	4	6	3	350/3	500/2
1:2000	2	3	1,5	200/3	300/2
1:1000	1,2	1,8	1	150/3	150/1
1:500	0,8	0,9	0,7	100/3	150/1

Обратные засечки выполняют не менее чем по четырем пунктам плановой геодезической сети. Определяемая точка при этом не должна находиться вблизи окружности, проходящей через три исходных пункта.

В закрытой местности съемочное обоснование развивают теодолитными и тахеометрическими ходами. Теодолитные ходы 1 разряда прокладывают с относительной ошибкой не грубее 1 : 2000, ходы 2 разряда — 1 : 1000, тахеометрические ходы — 1 : 500. Допускается проложение небольших висячих теодолитных ходов с числом сторон не более трех. В табл. 9 даны основные характеристики теодолитных ходов в зависимости от масштаба съемки.

Предельные длины теодолитных ходов между исходными пунктами и узловыми точками или между узловыми точками уменьшаются на 30% по сравнению с данными в табл. 10.

При съемках в масштабах 1 : 5000 — 1 : 2000 в теодолитных ходах длиной до 250 м и при съемках в масштабах 1 : 1000 — 1 : 500 — до 150 м допускаются следующие абсолютные величины невязок:

масштаб съемки . .	1:5000—1:2000	1:1000	1:500
величина невязки, м .	0,25	0,15	0,10

Углы в теодолитных ходах измеряют теодолитами Т15, 2Т30 одним приемом с перестановкой лимба на 90° между полуприемами. Линии можно измерять стальными лентами, рулетками, оптическими дальномерами (ОТД, ДН-06). Однако все же удобнее и производительнее измерять линии малыми топографическими светодальномерами, электрооптическими или электронными тахеометрами.

Высотное обоснование съемок территории при топографо-геодезических изысканиях создают в виде сети нивелирования IV класса, опирающейся на реперы нивелирования более высоких классов. Ходы нивелирования должны, в основном, охватывать пункты триангуляции и полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов.

Оценку точности нивелирной сети IV класса можно выполнить строгим методом или методом последовательных приближений. При этом ошибку каждого хода подсчитывают по формуле

$$M_{z_i} = \mu\sqrt{L_i} = 6{,}8\sqrt{L_i} \text{ мм},$$

где L_i — длина хода в км.

В качестве съемочного высотного обоснования служат обычно ходы технического нивелирования, совмещенные, как правило, с теодолитными ходами. Средние квадратические ошибки высот точек съемочного обоснования относительно ближайших пунктов (реперов, марок) опорных геодезических сетей не должны превышать в равнинных районах 1/10, а в горных и предгорных районах — 1/5 высоты сечения рельефа. Допустимые длины ходов (км) технического нивелирования представлены в табл. 10.

Таблица 10

Характеристика хода	Длина хода при сечении рельефа		
	0,25	0,5	1 и более
Между двумя исходными пунктами	2,0	8	16
Между исходным пунктом и узловой точкой	1,5	6	12
Между двумя узловыми точками	1,0	4	8

Допустимые невязки в ходах технического нивелирования не должны превышать $f_{доп} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$ км, а на местности с большими углами наклона, когда число станций на 1 км хода более $25 - f_h = 10\,n$ мм, где n — число штативов в ходе.

Нивелирование IV класса выполняют нивелирами типа Н3, техническое — нивелирами типа Н10.

Применение нивелиров с компенсаторами при нивелировании на 12—15% обеспечивает повышение производительности труда. Для автоматизации обработки данных геометрического нивелирования на станции и в секции предназначен РИМ-Н (регистратор информации микро-

процессорный), разработанный в Научно-исследовательском институте прикладной геодезии (НИИПГ). Это устройство позволяет регистрировать данные на машинный носитель для последующей передачи в ЭВМ. Ввод информации (результатов измерений на станции) — ручной. РИМ-Н работает от аккумуляторов (без перезарядки в течение 16 ч) в диапазоне температур от —10 до +45 °С. Габариты регистратора 270×
×140×80 мм, масса — 3 кг. При нивелировании соблюдают требования инструкции [17, 20].

В отдельных случаях для создания съемочного высотного обоснования применяют тригонометрическое нивелирование. Вертикальные углы измеряют теодолитом одним полным приемом. Колебание «места нуля» на станции не должно превышать 1. Высоты прибора и вех измеряют с ошибкой не более 1 см.

Допустимые невязки в ходах тригонометрического нивелирования не должны превышать $0{,}4\ Sn$, где $S=[S]/n$ — средняя длина линии в сотнях метров, n — число линий в ходе или полигоне. Расстояние от прибора до рейки не должно превышать 150 м. Расхождение между прямым и обратным превышениями для одной и той же линии хода не должно быть более $0{,}04\ S$, где S — длина линии, выраженная в сотнях метров.

Закрепление пунктов триангуляции (полигонометрии) 4 класса, 1 и 2 разрядов, пунктов нивелирования IV класса осуществляют согласно требованиям инструкций [18, 20].

Точки съемочной геодезической сети закрепляют, в основном, временными знаками (металлическими костылями, штырями и трубками, деревянными столбами и кольями, гвоздями, вбитыми в пни и столбы). Если съемочная геодезическая сеть является самостоятельной геодезической основой, пятую часть точек сети закрепляют постоянными знаками по типу грунтового полигонометрического центра 1 и 2 разрядов или стенного репера.

4.3. ВИДЫ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

В зависимости от размеров снимаемой территории, характера рельефа, растительного покрова, ситуации могут применяться различные виды крупномасштабной съемки (рис. 23). Съемки выполняют в соответствии с требованиями инструкции [20].

Стереотопографическая съемка. Это наиболее прогрессивный способ съемки с относительно минимальным объемом полевых работ. Различают два варианта технологических схем стереотопографической съемки: дифференциальный (рис. 24) и универсальный (рис. 25). Полевые работы при обеих схемах — одинаковые. По дифференциальной схеме работы по созданию контурной части и рисовке рельефа осуществляют раздельно. Контурную часть создают на основе фотопланов, а рисовку рельефа производят на стереометрах. Применяют сочетание полевого и камерального дешифрирования.

При универсальной схеме камеральные работы по составлению контурной части и рисовке рельефа выполняют совместно на универсаль-

Рис. 23. Виды крупномасштабных топографических съемок

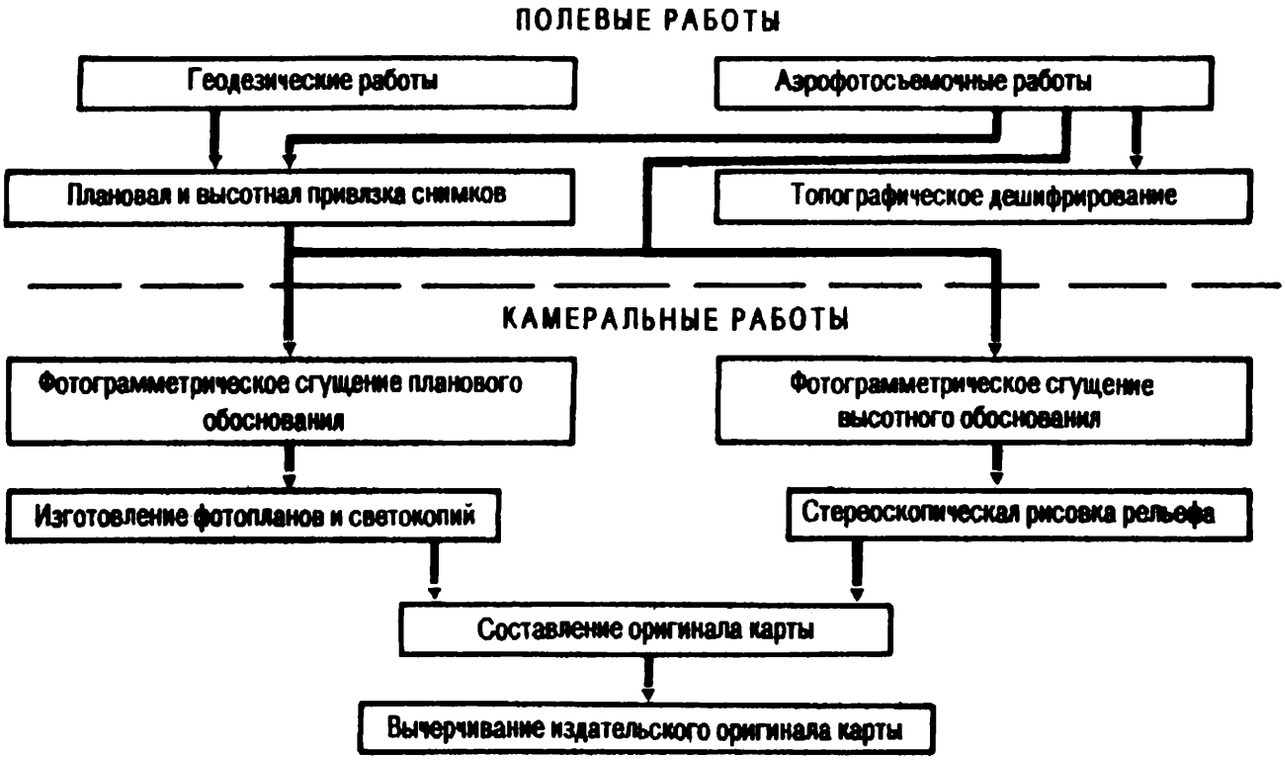


Рис. 24. Дифференциальный вариант технологической схемы стереотопографической съемки

ных фотограмметрических приборах, а дешифрирование выполняют камерально и в поле на аэрофотоснимках и фотосхемах. Дифференциальный метод применяют реже, чем универсальный.

Стереотопографическая съемка в масштабе 1 : 5000 или 1 : 2000 равнинной территории с малоэтажной застройкой отличается необходимостью полевой доработки камерального дешифрирования и досъемки не изобразившихся на аэроснимках контуров и объектов застроенной территории. Технологическая схема такой стереотопографической съемки дана на рис. 26. Дешифрирование застроенной территории, включая полевое, можно выполнять по увеличенным снимкам. В этом случае возникает дополнительный процесс переноса отдешифрированных контуров со снимков на фотоплан.

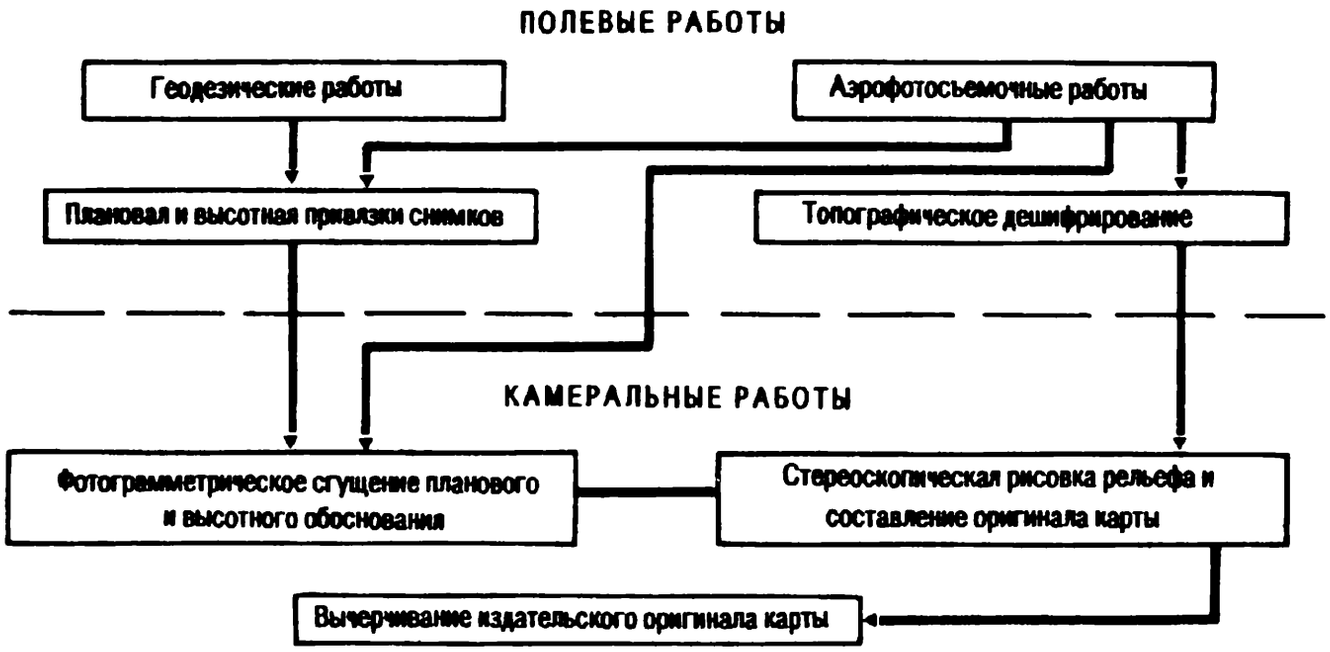


Рис. 25. Универсальный вариант технологической схемы стереотопографической съемки

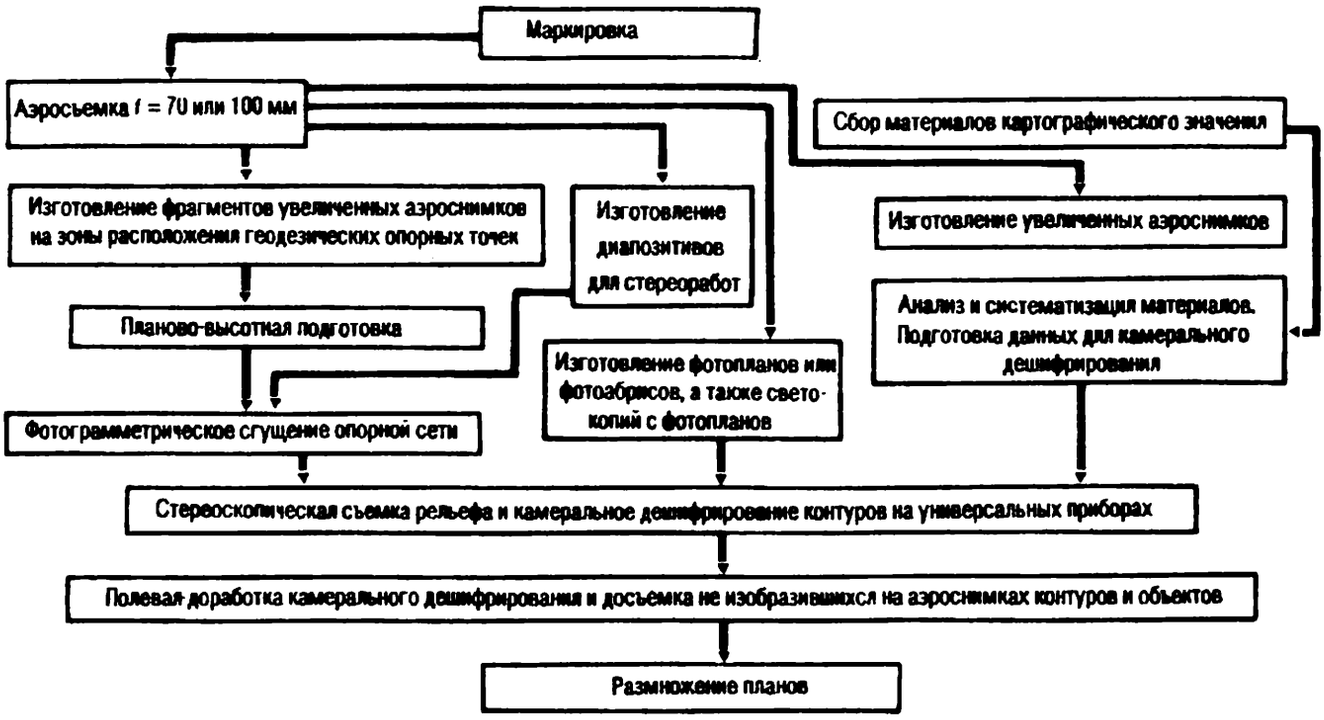


Рис. 26. Технологическая схема стереотопографической съемки в масштабах 1:5000 и 1:2000 равнинной территории с малоэтажной застройкой

Стереотопографическая съемка включает следующие виды полевых работ: маркировка опознаков, аэрофотосъемка, планово-высотная привязка опознаков, дешифрирование.

Маркировку проводят, по возможности, непосредственно перед аэрофотосъемкой. Маркируемые планово-высотные опознаки не должны закрываться на снимках высокими предметами или их тенями. Для маркировки нужно применять дешевые материалы. На темном фоне (траве,

пашне и т. д.) оптимальный цвет маркировочного знака — белый или желтый, на светлом фоне (песок) маркировочный знак должен быть темным. Маркировочные знаки делают в форме квадрата, круга, креста с разрешением не менее 0,2 мм в масштабе аэроснимка.

Плановые опознаки располагают в зоне поперечных перекрытий через 7—8 базисов. Высотные опознаки проектируют через 3—4 базиса при $h=1$ м. При $h=0{,}5$ м выполняют сплошную высотную привязку, обеспечивая каждую стереопару 6-ью опознаками.

Аэрофотосъемку выполняют в соответствии с «Основными техническими требованиями к аэрофотосъемке для создания топографических карт» (ОТТ-62). Для выполнения аэрофотосъемочных работ организации ежегодно заключают договоры со специализированными предприятиями гражданской авиации, организованными по территориальному признаку. Договоры определяют границы участков, масштаб залета, стоимость и сроки выполнения работ.

Крупномасштабную аэрофотосъемку выполняют в масштабе, который в несколько раз меньше масштаба создаваемого плана. Масштаб аэросъемки зависит от масштаба составляемого плана, требований проектировщиков, фокусного расстояния камеры и от приборов, на которых обрабатывают снимки.

Высота фотографирования $H_ф$ зависит от масштаба создаваемого плана $M_с$ и фокусного расстояния $f_к$ объектива камеры —

$$H_ф = M_с f_к.$$

Базис фотографирования B (расстояние между центральными точками снимков маршрута на местности) определяют по формуле

$$B = \frac{l}{100}\ \frac{(100-p)}{100} M,$$

где l — длина снимка, см; p — продольное перекрытие, %; M — знаменатель масштаба.

Расстояние D между осями маршрутов на местности вычисляют по формуле

$$D = \frac{l}{100}\ \frac{(100-q)}{100},$$

где q — поперечное перекрытие, %.

Продольное и поперечное перекрытия устанавливают в зависимости от высоты фотографирования $H_ф$, наибольшего превышения h точек местности относительно средней плоскости снимаемого участка и масштаба фотографирования (табл. 11).

Отдельные населенные пункты, городские кварталы должны, по возможности, располагаться в пределах одного аэрофотоснимка. В равнинной местности применяют камеру АФА с фокусным расстоянием 70—100 мм, в застроенных и всхолмленных районах — 140—200 мм.

Наилучшим временем выполнения аэрофотосъемки является ранняя весна или поздняя осень при отсутствии или небольшой высоте растительного покрова.

Таблица 11

Масштаб аэрофотосъемки	Расчетное перекрытие, %	
	продольное	поперечное
1:2000—1:5000	$65+50h/H_ф$	$40+60h/H_ф$
1:5000—1:10 000	$64+50h/H_ф$	$36+64h/H_ф$
1:10 000—1:15 000	$62+38h/H_ф$	$34+66h/H_ф$

При съемке городов с многоэтажной застройкой аэрофотосъемку лучше выполнять при сплошной высокой облачности или при легкой облачности верхнего яруса, когда тени сильно ослаблены из-за рассеянного света.

Лучше аэрофотосъемку выполнять в ранние утренние или поздние часы, когда тени наиболее прозрачны.

Плановую привязку опознаков выполняют различными методами: прямыми и обратными угловыми засечками, полярными и линейными засечками при помощи светодальномеров, построением аналитических сетей, проложением теодолитных ходов. Для привязки опознаков методами обратной угловой засечки иногда используют сборно-разборные металлические штативы высотой 5—6 м, телескопические вышки.

Для высотной привязки прокладывают ходы технического нивелирования. Ошибка положения плановых опознаков относительно пунктов геодезической основы или ошибка взаимного положения их при съемке малых площадей не должна превышать в открытых районах 0,2, а в лесных — 0,3 мм в масштабе плана. Ошибки в отметках высотных опознаков не должны превышать 1/10 принятой высоты сечения рельефа горизонталями.

В зависимости от количества и сложности контуров выполняют сплошное полевое, маршрутное или камеральное дешифрирование.

Сплошное полевое дешифрирование применяют в населенных пунктах и на объектах важного народнохозяйственного значения (промышленные, транспортные, гидротехнические сооружения). Маршрутное дешифрирование проводят вдоль дорог, линий связи и ЛЭП, рек и т. д. В лесных районах маршрутное дешифрирование выполняют в пределах полосы шириной 0,25 км, а в открытых — 0,5—1,0 км. Особое внимание уделяют сбору и установлению названий географических объектов. Все названия заносят в ведомости и обязательно заверяют в районных Советах народных депутатов.

При камеральном дешифрировании используют стереометры, стереоскопы, стереоочки, измерительные лупы и другие приборы.

Наряду с достоинствами у стереотопографического метода съемки имеются и недостатки. Он не очень оперативен, так как связан с аэрофотосъемочными работами. Из-за неблагоприятных погодных условий, малой продолжительности в ряде районов благоприятного периода, аэрофотосъемочные работы могут сильно затягиваться. К тому же применение стереотопографической съемки исключено в залесенных райо-

нах, на открытых территориях со слабо выраженным рельефом, а также при съемках для целей мелиорации территорий, сплошь покрытых травянистой высокой растительностью, так как в этих случаях не обеспечивается требуемая точность рисовки рельефа. Проведение же аэрофотосъемки в короткие периоды минимального развития растительности, как правило, проблематично. К тому же именно на этот период падает небольшое количество дней, благоприятных для аэрофотосъемки. Правда, имеется опыт выполнения аэрофотосъемки при сплошной облачности для создания крупномасштабных карт — это дает большой экономический эффект.

Комбинированная съемка. Этот вид съемки применяют в закрытых и полузакрытых растительностью районах. Она предусматривает сочетание мензульной съемки с аэрофотосъемкой и фотограмметрическими методами обработки снимков. Основными процессами при комбинированной съемке являются:

1) аэрофотосъемка местности;
2) плановая привязка аэрофотоснимков;
3) фотограмметрическое сгущение планового обоснования;
4) составление фотопланов или ортофотопланов;
5) дешифрирование и досъемка контуров на фотоплане;
6) построение высотного съемочного обоснования;
7) полевая съемка рельефа на фотоплане.

Первый вариант технологической схемы (рис. 27) предусматривает изготовление фотопланов с последующей мензульной съемкой на них рельефа и дешифрирования контуров. Рабочий оригинал топографической карты, по существу, создают непосредственно в поле. Второй вариант технологической схемы комбинированной съемки (рис. 28) применяют при сокращенном сроке полевого периода. Мензульную съемку рельефа и дешифрирование производят на ортофотопланах и фотопланах. Контурную часть и рельеф затем в камеральных условиях переносят

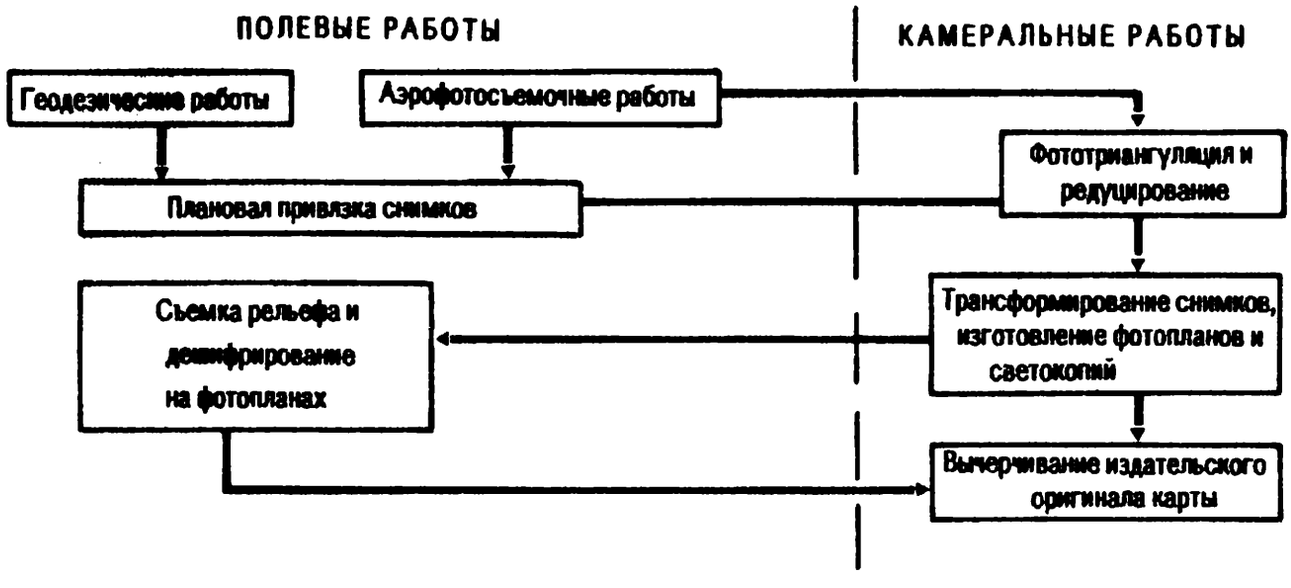


Рис. 27. Технологическая схема комбинированной аэрофототопографической съемки (первый вариант)

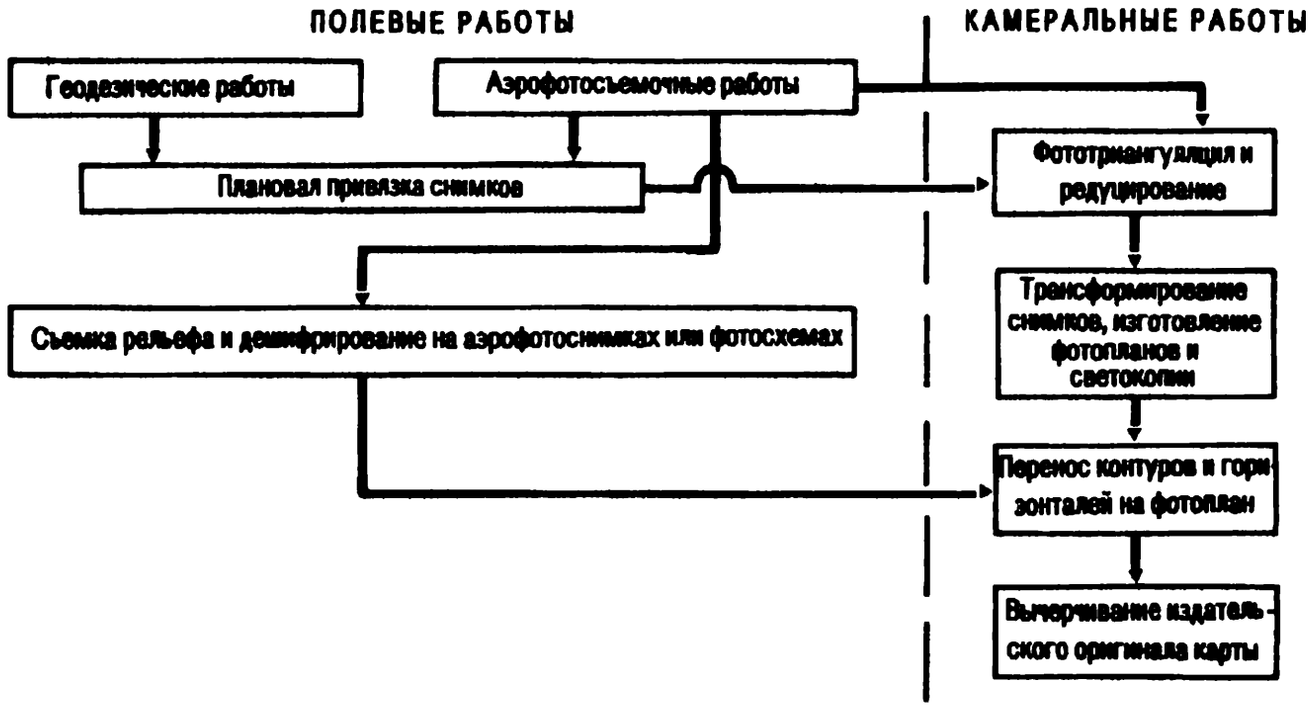


Рис. 28. Технологическая схема комбинированной аэрофототопографической съемки (второй вариант)

на фотопланы с помощью универсальных стереофотограмметрических приборов. Следовательно, оригинал карты в этом случае создают в камеральных условиях.

Для уменьшения влияния искажений, вызванных рельефом местности, аэрофотосъемку в этом методе производят со значительной высоты, используя камеру АФА с большим фокусным расстоянием (200, 350, 500 мм). На рис. 29 представлена технологическая схема комбинированной съемки в масштабе 1 : 500—1 : 2000 с малыми высотами сечения рельефа территорий, покрытых высокой растительностью. Предусматривается использование аэроснимков для получения контурной части плана в виде фотопланов и графических планов. Съемку рельефа выполняют в поле. Фотопланы составляют как на равнинные, так и на всхолмленные районы, а также на равнинные районы с мелкой малоэтажной застройкой. Графические планы составляют на застроенные территории с сильно расчлененным рельефом или на территории с крупной многоэтажной застройкой.

Высотное обоснование при комбинированной съемке развивают ходами технического нивелирования, совмещая высотные точки с опознанными на аэрофотоснимках контурами.

Наземная фототопографическая съемка. Наземную фототеодолитную съемку применяют, как правило, в высокогорной и горной открытой местности со сложными формами рельефа, а также при инженерных изысканиях (съемка транспортных узлов, карьеров, надземных коммуникаций и др.).

При проектировании фототеодолитной съемки важной задачей является размещение базисов фотографирования, обычно, с двумя фотостан-

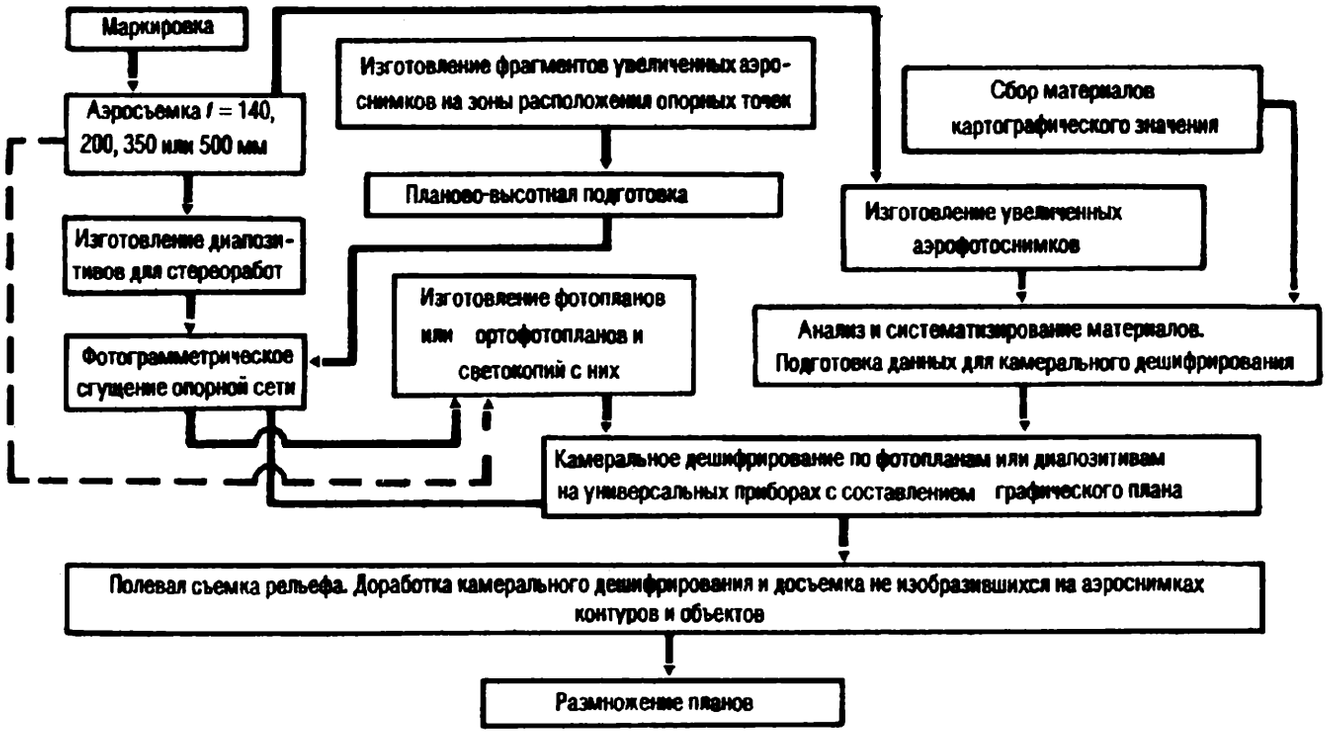


Рис. 29. Технологическая схема комбинированной аэрофототопографической съемки масштабов 1:2000—1:500 территорий, покрытых высокой растительностью

циями, выбор контрольных точек и схемы их геодезической привязки. Обычно стремятся иметь по возможности меньшее число базисов. Базисы размещают параллельно общему направлению горизонталей рельефа. Длины базисов зависят от масштаба съемки и удаленности объектов.

Фотостанции размещают на возвышенных местах или на имеющихся на местности высоких и устойчивых искусственных сооружениях, или на переносных телескопических вышках. Уклоны базисов не должны быть более 10°. Между концами базисов должна быть взаимная видимость. Длины базисов должны быть измерены с ошибкой 1/2000—1/5000.

Съемка должна быть выполнена при минимальном количестве «мертвых зон». Смежные стереопары снимают с перекрытием 20—50% в зависимости от сложности рельефа. Минимально допустимую длину базиса рассчитывают по формуле

$$B_{\min} = \frac{y^2 m_p}{f_k m_\tau M t_{\min}},$$

где

$$t_{\min} = \cos\varphi - \left| \frac{x_{\max}}{f_k} \sin\varphi \right|;$$

y — расстояние до дальней границы съемки, м; m_p — средняя квадратическая ошибка определения продольного параллакса ($m_p = 0{,}01$ мм); f_k — фокусное расстояние фототеодолита, мм; m_τ — средняя квадратическая ошибка определения положения контурной точки в плане относительно ближайших пунктов геодезического обоснования (в равнин-

ной местности $m_т = 0{,}4$ мм, в горной — $m_т = 0{,}7$ мм); M — знаменатель масштаба съемки; l_{min} — коэффициент, зависящий от вида съемки; φ — угол отклонения оптической оси камеры от нормали к базису, угл. градус; x_{max} — наибольшее значение фотокоординаты x в пределах рабочей части стереопары.

Каждая стереопара должна быть обеспечена контрольными точками, используемыми при камеральной обработке. Контрольные точки выбирают на дальнем плане съемки: одну пару в центре и две по краям в зоне перекрытий соседних стереопар. Контрольные точки должны быть совмещены с характерными контурами местности или замаркированы контрастными знаками. Размеры маркировочных знаков выбирают в зависимости от дальности от фотостанции так, чтобы их изображение на фотоснимках было не менее 0,1—0,2 мм [20].

Рекомендованы следующие максимальные дальности съемки [20, 34] для различных масштабов:

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Дальность съемки, м . . .	300--500	600—1000	1000—2000	до 3000

Фотосъемку производят при солнечной или слегка облачной погоде в направлении освещенности местности (солнце сзади). За время съемки с одного базиса освещенность должна мало изменяться.

Полевое дешифрирование производят при обходе по намеченным маршрутам или при обзоре местности с фотостанций. Собирают количественные и качественные характеристики на дешифрируемые объекты. Одновременно инструментально производят досъемку мертвых зон и неизобразившихся контуров и сооружений.

Камеральную обработку фототеодолитных снимков производят в соответствии с действующими инструкциями по фотограмметрическим работам. При камеральной обработке на стереокомпараторе измеряют координаты точек снимков. Получив координаты точек снимка, определяют фотограмметрические координаты точек местности, отнесенные к левой стороне базиса. По известным геодезическим координатам левой точки базиса и дирекционному углу базиса перевычисляют фотограмметрические координаты в геодезические.

Топографические планы местности составляют на универсальных приборах (стереопланиграфах, стереоавтографах, стереометрографах). Сравнение фотограмметрических координат контрольных точек стереопар, полученных в камеральных условиях, с геодезическими, полученными в поле, позволяет проконтролировать точность съемки и при необходимости ввести поправки в фотограмметрические данные.

Тахеометрическая съемка. Тахеометрическую съемку выполняют при изысканиях небольших площадок и вытянутых полос (линейных сооружений).

Плотность пунктов съемочного обоснования должна обеспечивать возможность проложения тахеометрических ходов, требуемые параметры которых даны в табл. 12, в которой приведены также технические требования к съемке в различных масштабах.

Таблица 12

Характеристика	Масштаб съемки и сечение рельефа, м								
	1:500		1:1000		1:2000		1:5000		
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	2,0
Максимальная длина хода, м	200	200	300	300	600	600	1200	1200	1200
Максимальная длина линий, м	100	100	150	150	200	200	300	300	300
Максимальное число линий в ходе	2	2	3	3	5	5	6	6	6
Максимальное расстояние между пикетами, м	15	20	20	30	40	50	60	80	100
Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке рельефа, м	100	150	150	200	200	250	250	300	350
Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке контуров, м	60	60	80	80	100	100	150	150	150

Угловые невязки в тахеометрических ходах не должны превышать $\delta_\beta = 1'\sqrt{n}$, где n — число углов в ходе. Линейные невязки не должны превышать $f_S = S/(400\sqrt{n})$, где S — длина хода, м. Высотные невязки не должны превышать $f_h = 0{,}04\ (S/\sqrt{n})$.

Съемку выполняют тахеометрами 2ТН, ТД, ТВ, Дальта 010 и другими или, как исключение, теодолитами. При съемке в целях контроля рекомендуют определять с каждой станции несколько пикетов, определенных с соседних станций. Параллельно с полевым журналом на каждой станции ведется абрис.

Основной недостаток тахеометрической съемки по сравнению, например, с мензульной заключается в том, что план составляют обычно в камеральных условиях, и поэтому возможны пропуски отдельных контуров и обобщение деталей рельефа.

При тахеометрической съемке с применением столиков Карти 250 снимают отдельные участки местности, размеры которых в масштабе съемки не больше размеров чертежных столиков.

В последнее время возможности тахеометрической съемки значительно расширились благодаря внедрению электронно-оптических тахеометров. Электронные тахеометры сделали номограммные тахеометры морально устаревшими. Благодаря высокой точности и оперативности, при съемке электронными тахеометрами значительно расширяются пределы расстояний от прибора до рейки. Кроме того, при использовании электронных тахеометров меняется технология съемки. Исполнитель может перемещаться с отражателем, что обусловливает повышение качества съемки и ведения абриса. Автоматизированный процесс измере-

ний допускает использование рабочего при эксплуатации электронного тахеометра.

Результаты измерений могут быть введены в полевой накопитель информации. Основные данные (номер прибора, дата и тип съемки, номера точек, высоты прибора и визирных целей, эксцентриситет прибора и отражателя, результаты измерений расстояний, горизонтальных и вертикальных углов, температуры, давления и др.) могут кодироваться и передаваться в память современных микроЭВМ и в картотеку, образуя банк данных. МикроЭВМ преобразует полярные координаты съемочных пикетов в прямоугольные и управляет работой графопостроителя, при помощи которого в соответствии с заказом могут быть вычерчены различные схемы и планы в нужном масштабе.

Например, в НИИПГ разработано устройство РИМ-Т (регистратор информации микропроцессорный топографический). РИМ-Т обеспечивает сбор данных тахеометрической съемки на машинный носитель. При использовании тахеометров Та 3М, Рекота регистрация данных осуществляется в автоматическом режиме. При использовании для тахеометрической съемки оптических теодолитов и редукционных тахеометров регистрацию данных выполняют вручную. В устройстве обеспечена возможность просмотра информации, записанной в электронную память. Для подключения регистратора к любому персональному компьютеру используется стандартный интерфейс. Емкость памяти устройства — 32 Кбайт, время хранения информации — 750 ч, питание от аккумуляторных батарей (до 16 ч. без перезарядки), диапазон рабочих температур от $-10°$ до $+45$ °С, габариты регистратора — $260\times20\times90$ мм, масса — 3 кг.

В НИИПГ разработано также полевое автоматизированное рабочее место топографа ПАРМ-Т, выполненное на основе персонального компьютера, портативного планшетного графопостроителя и универсального программного обеспечения. ПАРМ-Т непосредственно в полевых условиях выполняет полную первичную обработку информации, преобразование данных в цифровую модель местности и ее оперативное графическое отображение. Система смонтирована в едином корпусе, удобном для переноски одним человеком, но может быть установлена на легковом автомобиле. Ввод данных в ПАРМ-Т осуществляется автоматически с электронных тахеометров типа Рекота, Та 3М или с регистратора РИМ-Т. Для работы в режиме алфавитно-цифрового и графического дисплеев к устройству может быть подключен бытовой телевизор, а также бытовой кассетный магнитофон для хранения программ и данных, накопитель на минидискетах. В устройстве использован язык программирования Бейсик.

Для передачи метрической и семантической информации с мест установки электронного тахеометра и отражателей в миниЭВМ можно использовать радиоканал связи.

Заслуживает внимания блочный метод электронной тахеометрии, особенно для съемки застроенных территорий (рис. 30). Он основывается на полярной съемке со свободным станционированием и предполага-

ет, что съемочная станция 1, и охватываемые с нее в плане и по высоте съемочные точки, образуют одну независимую единицу. Координаты точек на каждой станции определяются в частной системе, как и в одиночной модели в аэрофототриангуляции. На краях каждого блока имеются связующие со смежным блоком точки 2. При этом прямая видимость между смежными свободными станциями может отсутствовать. Связующие точки позволяют определить по специальной программе на ЭВМ координаты всех съемочных станций в единой системе. Блочный метод позволяет сократить на 20 % съемочное время (Kohlstock P. Topographische Vermessung durch electronische Tachymetric unter Anwendung des Blockverfahrehs/Allg. Vermess.— Nachr.— 1986, 93, № 7, 264—273). Точность метода существенно зависит от расположения связующих точек.

Мензульная съемка на чистой основе. При изысканиях на небольших территориях очень часто применяют мензульную крупномасштабную съемку в случае экономической нецелесообразности использования аэрофототопографической съемки.

Съемку выполняют на планшетах с прямоугольной разграфкой. За основу разграфки принимают лист карты масштаба 1 : 5000 (рис. 31).

Съемочная сеть создается с помощью аналитических методов и может сгущаться проложением небольших мензульных ходов и построением переходных точек. Длина мензульного хода для съемки масштаба 1 : 500 допускается до 200 м с двумя сторонами; 1 : 1000 — до 250 м с тремя сторонами; 1 : 2000 — до 500 м с пятью сторонами. Проложение висячих мензульных ходов не допускается.

Плотность пунктов съемочного обоснования может быть на 20—30% меньше, чем при тахеометрической съемке. Взаимное расстояние между пикетными точками также увеличивают и допускают при высоте сечения рельефа 0,5 до 20 м при съемке в масштабе 1 : 500, 30 м — 1 : 1000, 50 м — 1:2000, 75 м — 1:5000; при высоте сечения рельефа 1,0 м расстояния соответственно равны 20, 40, 50 и 100 м.

Относительная невязка в мензульном ходе должна быть не более 1/300, линейная невязка — 0,8 мм в плане. Высоты точек мензульного хода определяют методом тригонометрического нивелирования кипрегелем или теодолитом. Допустимая высотная невязка в ходе не должна превышать при сечении рельефа $h=0{,}25$ м — 0,08 м; $h=0{,}5$ м — 0,15 м; $h=1{,}0$ м — 0,20 м; $h=2{,}0$ м — 0,50 м; $h=5{,}0$ м — 1,0 м.

Съемку рельефа и контуров производят с помощью мензулы и кипрегелей типа КН, КА-2, МА-5 и др. При съемке ситуации ошибка спрямления контуров не должна превышать в плане 0,4 м. При сечении рельефа $h=0{,}5$ м отметки пикетов вычисляют и подписывают до 0,01 м, при $h=1$ м и более отметки пикетов вычисляют до 0,01 м, а подписывают до 0,1 м.

Нивелирование поверхности. При высоких требованиях съемки рельефа на небольших равнинных площадках применяют нивелирование по квадратам для съемки масштаба 1 : 500 — 20×20 м; 1 : 1000 — 30×30 м; 1 : 2000 — 40×40 м. Съемочное обоснование строят

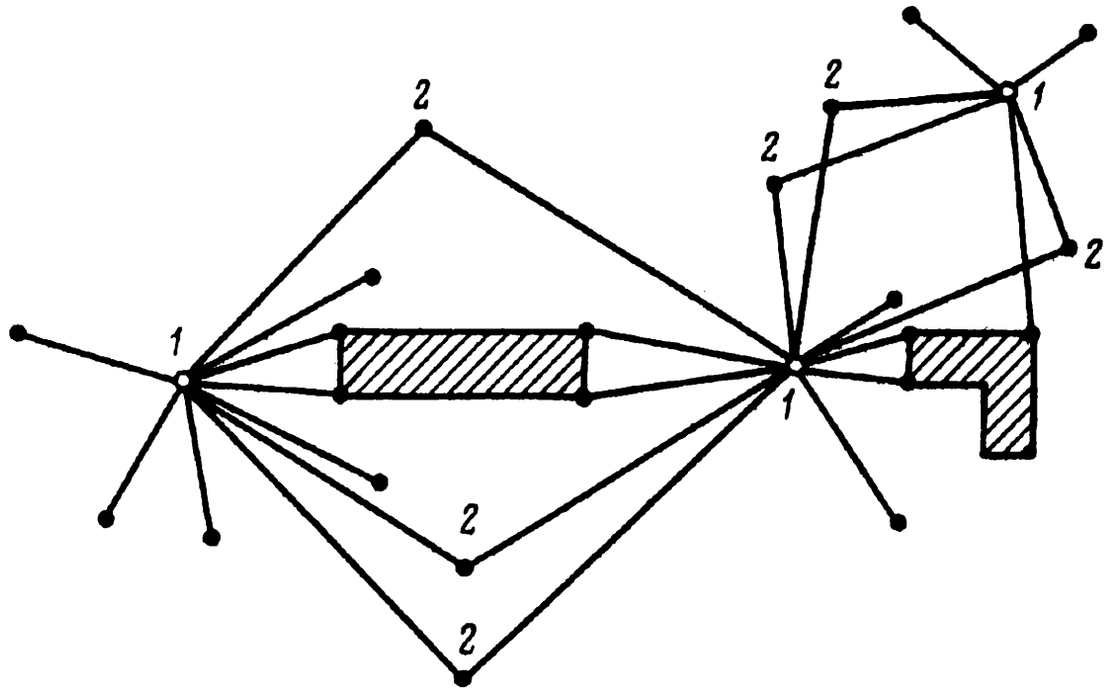


Рис. 30. Схема блочного метода электронной тахеометрии

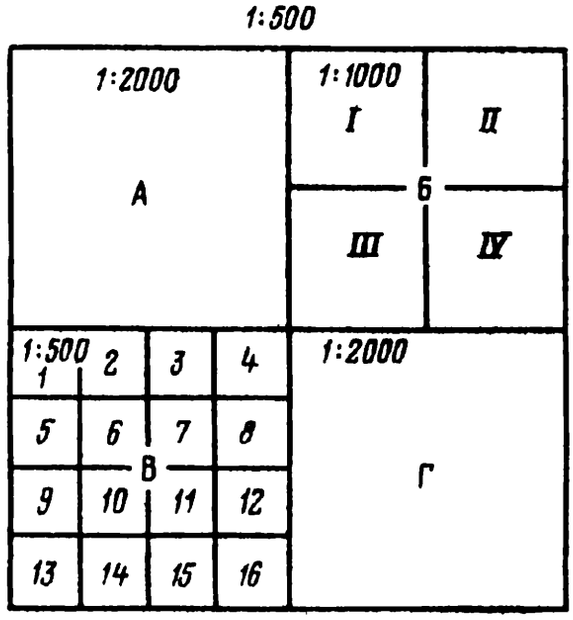


Рис. 31. Разграфка крупномасштабных карт

в виде сетки квадратов со сторонами 200—400 м проложением теодолитных ходов, стороны которых равны: 30, 40, 60, 100 м, и нивелирных ходов. Затем путем линейных промеров строят детальную (пикетажную) сетку, закрепляя точки кольями. Нивелирование точек пикетажной сетки выполняют с одной установки нивелира, установленного внутри каждого квадрата; одновременно ведут съемку ситуации. Вместо сетки квадратов иногда строят систему створов.

Автоматизированные системы крупномасштабного картографирования. В НИИГП разработана автоматизированная система крупномасштабной съемки местности АСК-1, которая обеспечивает автоматизированный сбор первичной топографической информации, полученной геодезическими и фотограмметрическими методами, ее кодирование, классификацию и обработку на ЭВМ и графо-

построителе, формирование цифровых моделей местности и цифровых карт (Лисицкий Д. В. Автоматизированная система крупномасштабного картографирования местности / НИИ прикл. геод.— М.: 1982, № 6, с. 57—68). Система сочетает автоматизированные и ручные процессы.

В ЦНИИГАиКе разработана автоматизированная топографическая система АТОС, предназначенная для съемок в масштабе 1 : 2000 и 1 : 5000 с высотой сечения рельефа 0,5 и 1,0 м территорий, покрытых растительностью не выше 4—5 м, и доступных для движения автотранспорта (Галкин Ю. С., Нежданов Н. Н., Побединский Г. Г., Рязанов Н. В., Втюрин А. Н. Автоматизированная топографическая оперативная система и результаты ее полевых испытаний / В сб. науч. тр. ЦНИИГАиК — 1985, № 239, с. 3—14). Полевой автоматизированный комплекс, содержащий устройство определения пространственного положения и вычислительно-управляющее устройство, располагается на транспортном средстве.

За рубежом разработаны различные автоматизированные системы. Например, подвижная обрабатывающая система *MAS* — 80 предназначена для сбора измерительной информации, ее обработки и графического представления в полевых условиях (Wohlgemuth J. Mobiles Auswerte — System MAS — 80/Vermessungsingenieur 1985, № 3, 36). Система включает микроЭВМ, печатающее устройство, высокоточный графопостроитель, установленные на автомашине. При кабельном подключении к электронному тахеометру, при помощи которого производится съемка, результаты съемки выводятся на дисплей для предварительной коррекции и анализа. Система исключает необходимость ведения полевых журналов, обеспечивает быстроту и непрерывность обработки информации вплоть до графического ее представления.

Известно предложение использовать для автоматизации топографической съемки серийно выпускаемые системы СКП-1 и САУЛ-1 в комплекте со специальными фоторейками.

4.4. КРУПНОМАСШТАБНАЯ СЪЕМКА ПРОМПЛОЩАДОК, ГОРОДСКИХ И ПОСЕЛКОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, МОДЕРНИЗАЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВА

Съемки территорий промышленных предприятий обычно выполняют при коренных модернизациях или расширении, когда исполнительные генеральные планы, выполненные геодезистами строительной организации или службы генплана предприятия в процессе прежнего строительства, устарели. Параллельно на территории расширения предприятия также производят крупномасштабную съемку (если она ранее не производилась) и инженерно-геологические изыскания, подлежащие геодезическому обслуживанию (разбивке и привязке скважин, шурфов и др.).

Съемки территорий промышленных предприятий выполняют в масштабе 1 : 500, реже 1 : 1000. Ни мензульную, ни тахеометрические съемки не выполняют. Плановую съемку выполняют методом горизонтальной

теодолитной съемки, высотную — методом геометрического нивелирования.

При съемке промышленного предприятия выполняют следующий комплекс геодезических работ.

1. Анализируют топографо-геодезические материалы прошлых лет.

2. Создают планово-высотное обоснование на предприятии, обеспечивающее плановое и высотное координирование разных точек с точностью, соответствующей съемке в масштабе 1 : 500. На территориях большинства предприятий бывает достаточно построить сети (обычно свободные) полигонометрии 1 и 2 разрядов, сгущаемые теодолитными ходами. На площадях предприятий до 2,5 км^2 можно ограничиться только сетью теодолитных ходов.

Сети геометрического нивелирования III и IV классов или только IV класса для территорий до 2,5 км^2 должны обеспечивать точность съемки самотечной канализации. Полигонометрические и теодолитные ходы целесообразно прокладывать параллельно линиям застройки, что создает условия для получения при съемке большого числа створных точек. Пункты полигонометрии и нивелирования закрепляют грунтовыми и стенными знаками, точки теодолитных ходов — металлическими штырями, забетонированными или просто вбитыми в землю или асфальт. Места закладки грунтовых и стенных знаков обязательно согласовывают со службами главного энергетика и механика.

3. Выполняют горизонтальную съемку территорий способами прямоугольных координат, полярных, угловых и линейных засечек. Необходимо определять координаты основных углов капитальных зданий и сооружений (не менее трех), стационарных емкостей, центров круглых по форме наземных и подземных сооружений (башен, резервуаров, газгольдеров, градирен и др.), точек пересечений осей и углов поворота сетей подземных и надземных коммуникаций, центров колодцев, точек пересечения осей проездов, вершин углов поворота железнодорожных путей, центров стрелочных переводов (ЦСП), точек НК (начало кривой) и КК (конец кривой), упоров тупиковых путей и т. д. На рис. 32 дан абрис горизонтальной съемки участка промплощадки, выполняемой методом полярных координат и различными промерами. Особо удобно и эффективно для этих целей на застроенных территориях использовать электронные тахеометры.

С соответствующими службами предприятия уточняют номера и назначение зданий и сооружений, номера железных и автомобильных дорог, вершин углов поворота, центров стрелочных переводов.

Производят обмер всех капитальных зданий и сооружений. Разность между значением, вычисленным по координатам углов зданий, и полученным непосредственным измерением, характеризует точность работ. Для зданий длиной от 50 до 100 м предельное расхождение не должно быть более 10 см, а до 50 м — 5 см.

На железнодорожных путях дополнительно определяют марку крестовин стрелочных переводов по формуле $1/N = в/а$, где $а$ — расстояние от математического центра крестовины (МЦК) до ее хвоста (сердечни-

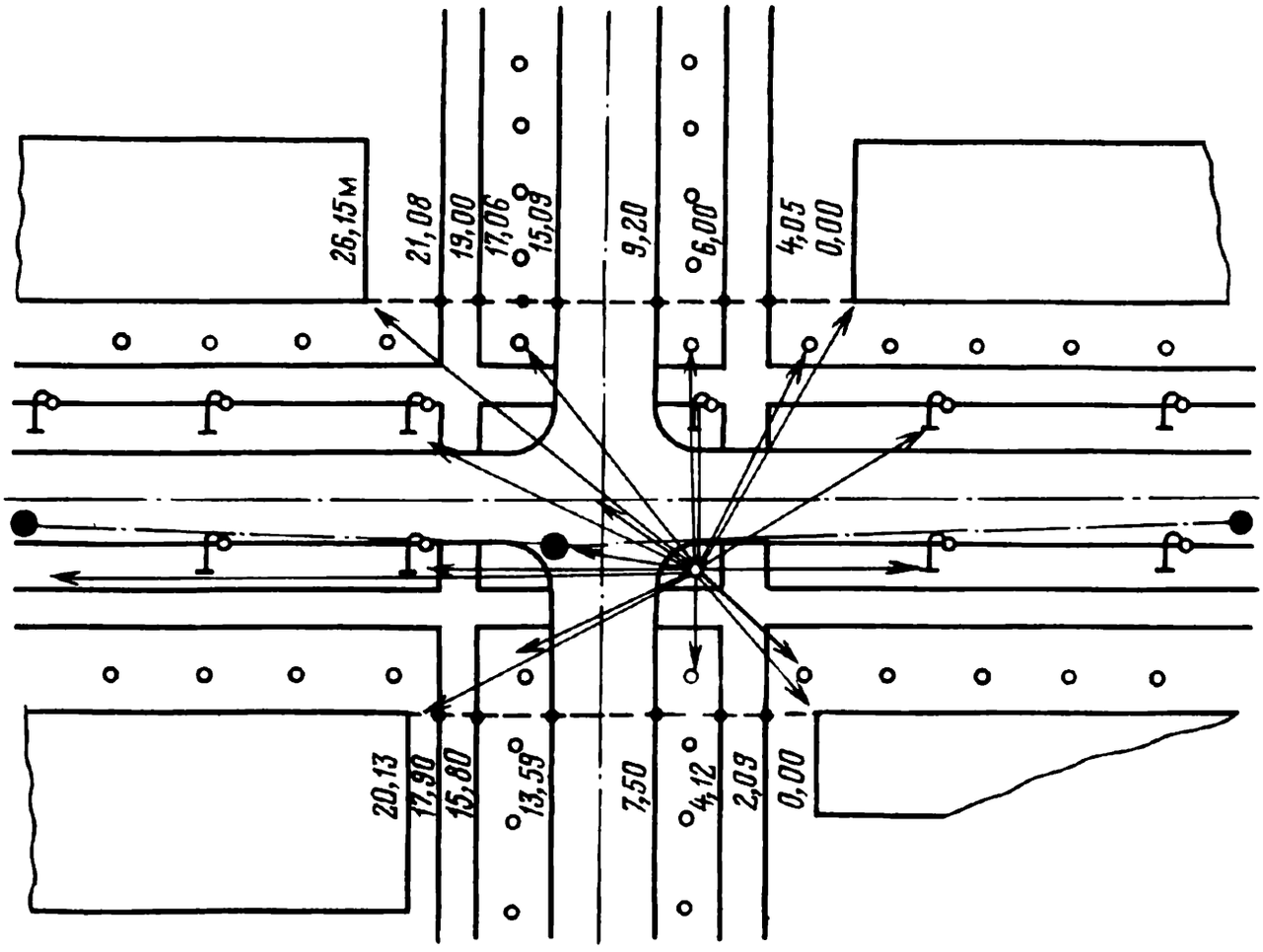


Рис. 32. Абрис горизонтальной съемки участка промплощадки

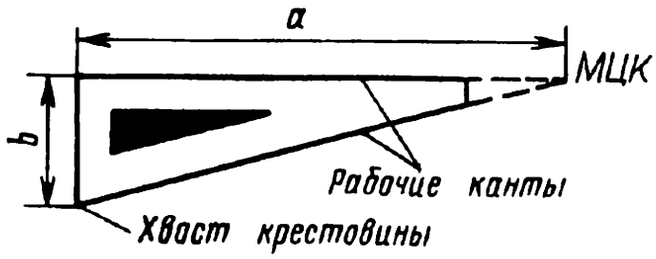


Рис. 33. Крестовина стрелочного перевода

ка); *в* — расстояние между рабочими кантами в хвосте крестовины (рис. 33). МЦК выносят в натуру при помощи нитей или струн. Тип рельсов определяют по специальным таблицам, используя данные измерений металлической линейкой ширины подошвы рельса и его высоты. Центр стрелочного перевода, являющийся точкой пересечения осей прямого и бокового путей, легче всего определять вешением. Определение начала (НК) и конца (КК) кривой производят визуально при вешении по рельсу путем наблюдения момента схода вешки, передвигаемой по рельсу.

На прямом участке пути у наружной грани головки рельса в точках *1* и *2* устанавливают тонкие вешки. Наблюдатель встает на точке *1* (рис. 34) и следит за третьей вешкой, последовательно устанавливаемой в точках *3, 4, 5*. При перемещении вешки в точку *5* становится заметно искривление пути. Тогда эту вешку передвигают назад, внимательно

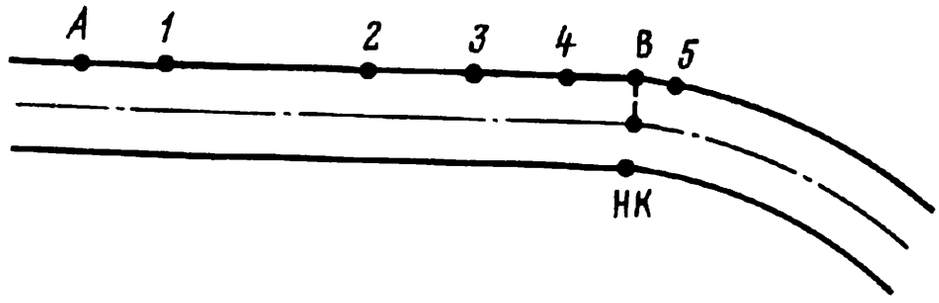


Рис. 34. Схема определения начала кривой

следя за моментом ее установки в створе *1—2*, т. е. в точке *B*. Точки НК и КК, располагающиеся по оси пути, закрепляют в натуре металлическими штырями. Вершину угла поворота кривой (ВУ) определяют вешением, как точку пересечения осей прямолинейных участков, расположенных по разные стороны от кривой.

На промышленных предприятиях встречаются сложные кривые, состоящие из нескольких кривых, сопряженных между собой. Чаще всего съемку таких участков железнодорожных путей ведут путем координирования большого числа точек оси пути. Координаты ЦСП, ВУ, КК, НК и других точек удобно определять полярным способом при помощи электронных тахеометров с точек планового обоснования или проложением по ним теодолитного хода. Горизонтальной съемке подлежат также габаритные столбы, светофоры и т. д.

Съемку положения дорог, тротуаров, насаждений производят путем промеров рулеткой от зданий по соответствующим створам.

Обследование сетей подземных коммуникаций выполняют с представителем предприятия по каждому виду отдельно. По каждому виду коммуникации составляют схему с указанием нумерации колодцев. Нумерация проводится таким образом, чтобы нельзя было спутать виды коммуникаций (1—199, 200—399 и т. д.). Повороты, не обозначенные колодцами, отыскивают при помощи трубокабелеискателей ТПК-I, ТКИ-2, ВТР-IV, ВТР-V, ИП-7-ГКИ, ИПКТ-69, ИПК-2М. Технические характеристики некоторых трубокабелеискателей даны в табл. 13.

Точность определения положения и глубины заложения коммуникации в сантиметрах составляет 10% глубины для всех типов приборов.

Максимальная глубина прослушивания трубокабелеискателями типа

Таблица 13

Показатель	ТКИ-2	ТПК-I	ВТР-IV	ВТР-V
Длина участка прослушивания с одного подключения, км	1	3	2	3
Рабочий диапазон температур, °С	−30 ÷ +40	−20 ÷ +40	−30 ÷ +40	−50 ÷ +40
Масса комплекта, кг	7,4	10,14	26	26

ТПК-I, ВТР-IV, ВТР-V для кабелей и труб составляет 10 м, трубокабелеискателями типа ТКИ-2 для кабеля — 6 м, для труб — 3 м.

Для съемки линий подземных коммуникаций, уложенных из бетонных, асбоцементных или керамических труб, которые не могут быть обнаружены при помощи трубокабелеискателей, может быть применен радиоволновой метод (Крумелис В. А., Задериголова М. М. Новый способ съемки подземных неметаллических коммуникаций. Астрономические и геодезические исследования/Тр. 7-го съезда Всес. астрон.-геод. о-ва/Геод. и картография — М.: 1982, с. 69—72). Метод заключается в выявлении аномалий электромагнитного поля, создаваемого генератором высокой частоты, возникающих над имеющимися в земле неоднородностями. Для этого могут быть использованы разработанные в СССР радиогеодезические устройства РРК-1, 76; РПК, РАП-1 и РГС-79.

Вскрытие коммуникаций шурфами разрешается лишь в местах, не подлежащих поиску другими средствами. Определение положения компенсаторов теплотрасс наилучшим образом выполняется глубокой осенью при выпадении первого снега. Составляют разрезы колодцев и проходных коммуникационных тоннелей. На рис. 35 представлены разрезы колодца трассы теплофикации. При помощи трубокабелеискателей (реже шурфованием) отыскивают кабельные трассы.

Координаты всех элементов сетей подземных коммуникаций определяют наряду с общей горизонтальной съемкой. В аварийных случаях для быстрейшего отыскания кабельные трассы не координируют, а делают их привязку, используя промеры рулеткой к местным предметам: углам зданий, колодцам, осям дорог и т. д.

Съемку надземных коммуникаций выполняют аналогичными методами. Определяют основные параметры воздушных сетей, в частности, вертикальные габариты над автомобильными и железными дорогами, положение столбов и др. Для этих целей можно успешно применять фототеодолитную съемку.

4. Вертикальную съемку выполняют обычно нивелирами после горизонтальной съемки или одновременно с ней. Расстояние между пикетами должно составлять в среднем 20 м. Дополнительно определяют отметки входов в здания и полов первого этажа, земли или отметок по углам зданий, ободков люков колодцев и земли около них, оснований опор надземных трубопроводов, бровок и дна лотков, кюветов, выемок, подошв и верха насыпей. Кроме того производят нивелирование головок рельса (на кривых — головок внутреннего рельса). Нивелируют головки по пикетажу, разбитому через 40 м, начиная от ЦСП. Обязательно кроме пикетов определяют отметки характерных перегибов профиля земли, начала и конца мостов и других искусственных сооружений, остряков и ЦСП, примыкания веток и тупиков, осей переездов и тупиковых упоров, осей в местах ввода путей в цехи.

Выполняют техническое нивелирование осей автодорог по пикетажу, разбитому через 20—40 м для каждой дороги отдельно, начиная с нулевого пикета в месте пересечения осей дорог. Через каждые 40—80 м нивелируют поперечники в пределах красных линий застройки для полного

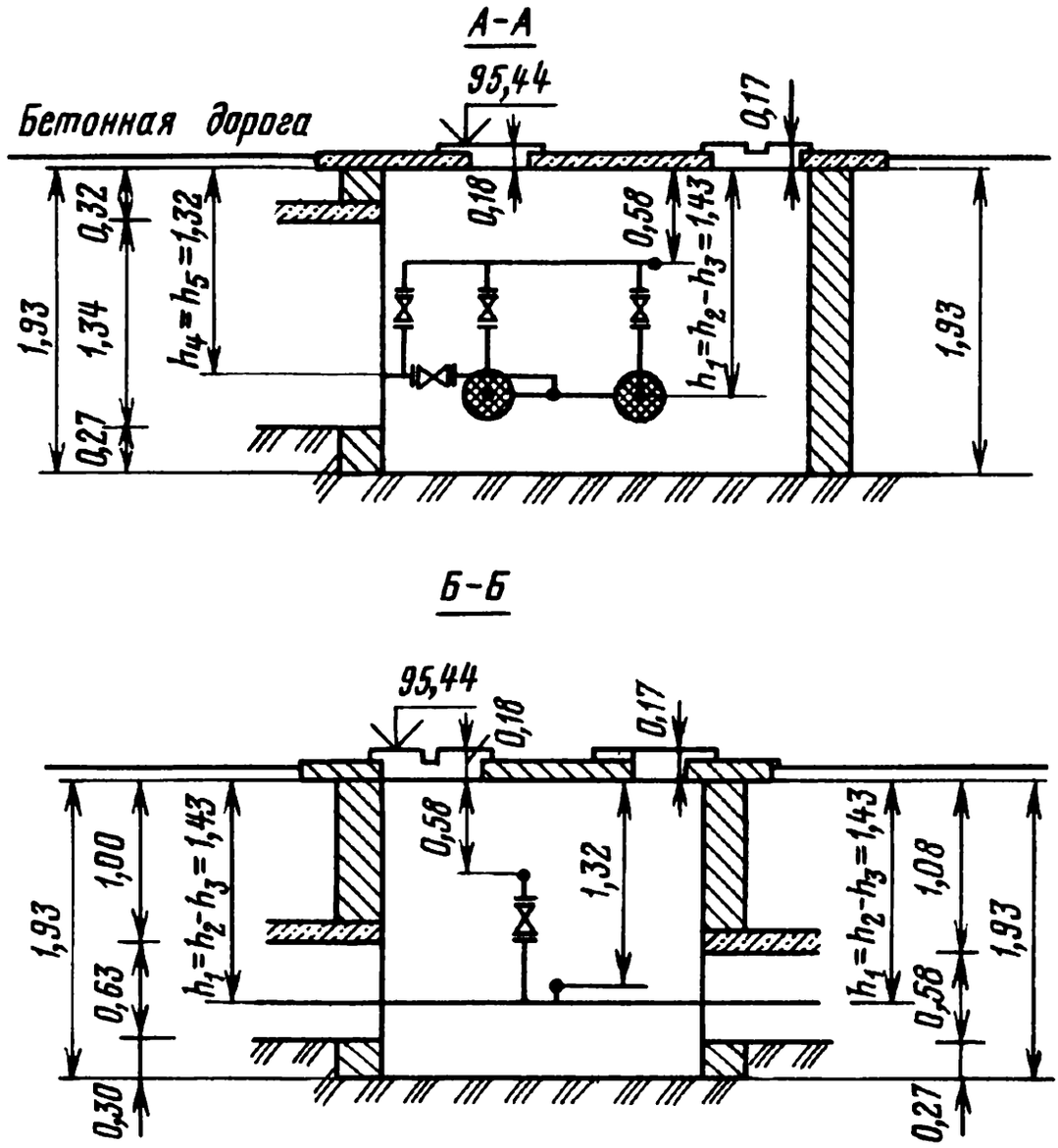


Рис. 35. Разрез колодца трассы теплофикации

отражения всех точек перелома полотна дороги и рельефа местности. Обычно определяют отметки точек фасадных линий, верха бордюрного камня тротуара, низа лотков и оси проезда. Для территорий предприятий с плотной застройкой пикетажа не разбивают и поперечники располагают, в основном, в створах зданий. Попутно констатируют тип покрытия автодорог и его состояние, наличие бордюрных камней и т. д.

В качестве отчетной документации крупномасштабных съемок предприятий являются: план в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000 с вертикальной планировкой; план подземных и надземных коммуникаций в масштабе 1 : 200—1 : 500; альбомы обмеров зданий; альбомы разрезов колодцев и схем подземных сетей коммуникаций по каждому виду отдельно; альбомы трасс кабельных сетей; альбомы трасс железных и автомобильных дорог и др.

На плане с вертикальной планировкой представляют рельеф в отметках, насыпи и выемки по дорогам, отметки полов зданий, данные по благоустройству: асфальтированные или бетонные дороги и площадки, зеленые насаждения и памятники, отмостки у зданий, пожарные водоемы.

Приводят данные по автодорогам, проездам, железнодорожным путям, ограждению предприятия, координаты осей проездов и автодорог, габаритных столбов, центров стрелочных переводов, характерных точек ограждения предприятия. Указывают ширину проезжей части проездов, приводят в отметках высотные поперечники по автодорогам и проездам, а по железным дорогам — все необходимые высотные отметки.

На плане подземных и надземных коммуникаций показывают все здания и сооружения, подземные и надземные инженерные сети, установки, градирни, газгольдеры, этажерки, емкости, проезды и подъездные дороги, колодцы и их номера, опоры эстакад материалопроводов и т. д.

В альбомах обмеров зданий контур каждого здания и сооружения показывают на отдельной форматке. Все детали здания должны быть четко видны и легко читаемы. Приводят номера или индексы зданий и сооружений в соответствии с экспликацией, координаты всех основных углов зданий, отметки полов в характерных местах. Выписывают отдельные и общие размеры элементов зданий.

Схемы (спецпланы) по конкретному виду коммуникаций составляют обычно в масштабах 1 : 500—1 : 1000. На них, в зависимости от вида коммуникаций, показывают колодцы, камеры и их номера, направление сброса вод, уклоны между колодцами, материал и диаметры труб, расстояния между колодцами, полученные натурными линейными промерами, расстояния от углов зданий до ввода в цех или сооружения, координаты люков колодцев, отметки земли у колодца, люка, безколодезные углы поворота и т. д.

По проходным или непроходным кабельным каналам и по электрокабельным эстакадам на схемах (спецпланах) показывают в виде отдельных выносок разрезы и размеры каждого канала и типы электрокабельных опор, отметки земли и верха канала, расстояния между опорами и т. д. На спецпланах каналы показывают по координатам их осей.

Для сетей сигнализации и телефонной связи составляют единый спецплан. Дополнительным материалом по всем схемам (спецпланам) коммуникаций являются эскизы колодцев, выполненные в трех проекциях, разрезы проходных каналов, эстакад и т. д.

Технология крупномасштабной съемки территорий городов и крупных поселков, в основном, аналогична описанной. При съемке поселков иногда применяют графоаналитический метод, в котором координаты углов кварталов и капитальных зданий определяют аналитически, а детали ситуации и рельеф местности снимают с помощью мензулы.

4.5. ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Основным конечным продуктом топографо-геодезического производства до настоящего времени являлась графическая информация о местности в виде карт и планов различных масштабов. Интенсивное исполь-

зование электронно-вычислительной техники в последние десятилетия создало предпосылку для хранения и использования информации о местности в цифровом виде взамен или в дополнение к традиционным графическим документам.

Усложнение задач инженерно-геодезических изысканий, непрерывный рост объемов крупномасштабных съемок и других инженерно-геодезических работ вызвало необходимость создания цифровых моделей местности (ЦММ). Графическая точность обычных карт и топопланов составляет примерно 0,5 мм в плановом отношении, а по высоте — одну треть высоты сечения, что для многих современных задач становится недостаточным. Кроме того, густота нанесения горизонталей, контуров, пояснительных надписей существенно ограничена условиями удобства работы с графическим документом, технологией графического исполнения и другими факторами.

Способы цифрового и аналитического представления информации о местности в основном свободны от этих недостатков и ограничений. Точность плановых координат и высот определяется лишь методами получения первичной информации. Объем памяти современных оперативных и внешних запоминающих устройств позволяет хранить информацию о контурах, ситуации и топографических объектах с любой густотой их расположения на местности.

Однако в широкой постановке создание цифровых и аналитических способов представления информации о местности является чрезвычайно сложной научно-технической проблемой. Поэтому технико-экономическая целесообразность перехода к цифровому представлению топографической информации может проявиться лишь при комплексной автоматизации всех видов работ и разработке систем автоматизированного проектирования. Переход к новой технологии, видимо, будет осуществляться постепенно, последовательно дополняя и заменяя образно-графические формы представления топографической информации цифровыми.

В проектно-изыскательском деле традиционная документация в виде крупномасштабных топографических планов не потеряет своего значения, изменится лишь характер ее использования при проектировании. Топографические планы, с нанесенными на них элементами проектируемых объектов, ввиду своей наглядности, являются пока удобной формой отчетной документации. Они удобны также для анализа при контроле и экспертизе качества проектных решений.

Переходя к цифровому представлению топографической информации, следует помнить, что она включает в себя различные характеристики, увязанные на планах и картах общей координатной основой — рельеф местности, гидрография, населенные пункты, сеть дорог и коммуникаций и т. д. При переходе к цифровому представлению топографической информации все эти характеристики должны быть взаимоувязаны и выражены в цифровой форме, а совокупность моделей этих характеристик может быть определена как цифровая топографическая модель местности. Термин «цифровая модель местности» является базовым понятием.

В конкретных ситуациях рассматривают отдельные составные части ЦММ.

Рельеф является одной из основных количественных характеристик местности. В связи с этим — методам построения цифровой модели рельефа (ЦМР) уделяется значительное внимание. Считается, что достаточно густая сеть точек с известными плановыми координатами и высотами может обеспечить адекватное представление о рельефе. Сложность вопроса состоит в определении необходимой плотности расположения этих точек и оптимальных затрат для построения такой сети.

Методы построения ЦМР отличаются структурной организацией первичной исходной информации. Здесь выделяют четыре основных категории:

модели с расположением опорных точек в узлах регулярных сеток, которые могут представлять собой совокупность квадратов, прямоугольников, равносторонних треугольников;

полурегулярные модели в виде систем взаимопараллельных профилей;

структурные модели с расположением точек в местах локальных экстремумов и перегибов рельефа;

модели с хаотическим расположением точек.

Исходной информацией для построения ЦМР могут служить данные, полученные из фотограмметрических измерений аэрофотоснимков, полевых топографических работ, обработки топографических планов и карт.

Математическая обработка первичной информации ЦМР сводится в основном к интерполированию между опорными точками. Во многих случаях по результатам этого интерполирования требуется с помощью автоматических координатографов вычертить соответствующие горизонтали. Общие принципы, позволяющие решить задачу автоматической рисовки горизонталей с помощью ЭВМ и автоматического координатографа, можно сформулировать на основе кусочно-полиномиальной модели рельефа. Конструирование горизонталей на основе этой модели позволяет составить компактный алгоритм. Достоинство данной методики — универсальность — позволяет использовать ее как с хаотическими, так и с регулярными моделями. Моделирование земной поверхности можно осуществить и с помощью поликвадратических функций, вид которых зависит от отметок опорных точек. Исследования показали, что использование поликвадратических функций может обеспечить точность получения высот порядка 1/3—1/4 высоты сечения для однородных и слаборасчлененных склонов.

Цифровая модель ситуации (ЦМС) создается обычно на городские и промышленные территории. Все здания, сооружения и другие элементы ситуации задаются координатами характерных точек (центров, углов, пересечением осей и т. д.), определяющими положение ситуации на местности. В настоящее время многие крупные города промышленно развитых стран превратились в мегаполисы. Этим термином обозначаются городские комплексы, образовавшиеся путем фактического слияния крупного города с его пригородами и другими близлежащими населен-

ными пунктами. Комплексы могут занимать огромную территорию, стоимость земли в пределах которой является чрезвычайно высокой, поэтому ее необходимо охватить сплошными крупномасштабными съемками в единой системе координат. Полное решение этой задачи с помощью традиционных методов картографирования практически невозможно ввиду большой густоты расположения различных объектов и сложности их технических, кадастровых и других характеристик. Сложность ситуации требует иногда создания раздельных ЦМС наземного пространства и ЦМС подземных коммуникаций и сооружений.

ЦМС содержит метрическую, синтаксическую, семантическую и служебную информацию. Семантическая и служебная информация может быть получена в основном только наземными методами. Для хранения семантической и служебной информации используются специальные цифровые или алфавитно-цифровые коды.

Важным элементом ЦММ является цифровая модель топографических объектов, задача создания которой непосредственно связана с проблемой формирования банков цифровых топографо-геодезических данных. Фотограмметрические построения являются наиболее эффективным средством получения метрической информации о плановых координатах и высотных характеристиках объектов. Путем топографического и тематического дешифрирования можно определить некоторые качественные и физические характеристики. Другие важнейшие физические, биологические, социальные свойства топографо-геодезических объектов должны быть определены наземным путем.

Создание ЦММ, формирование банка цифровых топографо-геодезических данных, выдача информации по требованию потребителя в графическом виде связано с использованием современных ЭВМ, преобразователей аналоговой информации в цифровую (дигитайзеров), оптических читающих машин, автоматических координаторов и другого оборудования [4].

Дигитайзеры позволяют преобразовывать графическое изображение карт, фотопланов и других документов в цифровую форму в виде координат точек, составляющих элементы местности. Основные элементы дигитайзера — чертежный стол и обводное устройство. Движение обводного устройства фиксируется механическим, электрическим и другими способами в виде плоских координат и регистрируется в ЭВМ. Дигитайзеры по способу координирования делят на обводные, сканирующие и оптические читающие машины.

В обводных дигитайзерах точки линии координируются через определенный интервал. Сканирующие дигитайзеры последовательно развертывают изображение плана в одну строчку, преобразуя двумерное пространство в одномерное, координаты которого известны.

Оптические читающие машины позволяют читать страницы с машинописным текстом.

Дигитайзеры могут регистрировать только координаты, координаты и коды линий, номера контуров. Известны различные виды дигитайзеров: «Дигитрон» (б.ГДР), «Харомат» (Бельгия), «Аристогрид — 8970»

(ФРГ), «Бенсон» (Франция), «ПАСГИ» (СССР), «Дигиграфид» (Швейцария).

Недостатком большинства дигитайзеров является необходимость участия оператора при наведении марки на точки или отслеживания линии. От этого недостатка свободно электронное устройство «Фотоглаз», автоматически перемещающееся вдоль линии. Но и в нем появляется необходимость вмешательства оператора при пересечении отслеживаемой линии с другими элементами карты (плана, фотоплана) и при острых углах поворота линии.

Автоматические координатографы используют для получения графических документов из банка цифровых данных, заложенных в ЭВМ. Система автоматического координатографа (АК) состоит из координатографа, вычислительной машины, вспомогательного оборудования в виде пульта управления и устройство ввода и вывода информации, исполнительных инструментов в виде чертежных перьев и гравировальных резцов.

По принципу действия координатографы делят на аналоговые, шаговые и квазианалоговые. Аналоговые координатографы воспроизводят плавную линию в любом направлении. Каретка шаговых координатографов (графопостроителей) перемещается плавно только по определенным векторам, по всем остальным направлениям она перемещается «шагами». В квазианалоговых координатографах (графопостроителях) использованы шаговые электродвигатели, работающие с переменной скоростью. Поэтому число направлений с плавным движением каретки увеличено по сравнению с шаговыми координатографами.

Автоматические координатографы (графопостроители) разделяют на высокоскоростные, среднескоростные и низкоскоростные со скоростью перемещения каретки соответственно 750, 300—750, до 300 мм/с. По точности их разделяют на высоко-, средне- и низкоточные с ошибкой воспроизведения рисунка соответственно 0,03, 0,05 и 0,1 мм. Автоматические графопостроители имеют формат основы менее 1,0; 1,0—2,0 и более 2 м^2.

По принципу воспроизведения рисунка координатографы делят на чертежные, печатающие и с выводом на экран дисплея.

У чертежных координатографов воспроизведение рисунка осуществляется чертежным или гравировальным путем. У печатающих координатографов изображение рисунка впечатывается распылением окрашенной жидкости. Имеются координатографы со световой головкой, воспроизводящие изображение на микрофильме.

К наиболее используемым зарубежным автоматическим координатографам следует отнести «Кораграф ДС-2» (Швейцария), «Картимат Ш» (б.ГДР), «Сисскэн» (Норвегия), «Дигиграф» (ЧСФР), «Ксинетикс» (ФРГ).

В СССР разработаны и выпускаются серийно несколько классов автоматических графопостроителей, различающихся по способу программного управления, методу обработки входных данных, принципу действия исполнительного механизма, конструктивным особенностям.

К классу автоматических относят графопостроители механического

типа (Вектор 1301, Атлас, электромеханический координатограф Б-800, строчно-регистровый графопостроитель СМ-6403.

К классу автономных относят планшетные электромеханические координатографы «Контур», и «ЭМ-712», комплексы ПВД-2-01 и ПВД-2-02, электро- и оптико-механический координатограф планшетного типа КПА-1200.

К классу универсальных относят планшетные графопостроители ЕС-7051, АП-7251, ПАГ-500, рулонные графопостроители ЕС-7052, ЕС-7053, АП-7252, АП-7253, серию электромеханических графопостроителей планшетного, рулонного и барабанного типов Итекан-2М, Итекан-6, Итекан-3, Итекан-4 (Мительман Е. Я., Лимонтов Л. Я. Современные отечественные графопостроители и их использование в топографо-геодезическом производстве/Экспресс-информация — М.: ЦНИИГАиК ГУГК СССР, 1987, вып. 12).

В НИИ прикладной геодезии (СССР) разрабатывается автоматизированная система получения топографической информации (АСПТИ), служащая для сбора полевых и камеральных материалов, обработки; хранения информации и выдачи цифровой и графической геодезической документации. Цифровая информация после обработки хранится в банке геодезических данных.

В б. НРБ разрабатывается информационная система (ИС) — автоматизированный кадастр. Сбор информации осуществляется на дигитайзере ISOT с использованием аналоговой фотограмметрии и ортофотопланов.

В ЧСФР разрабатывается интегральная информационная система геодезии и картографии (ИСГК), технической основой которой является ЭВМ ЕС-1030 и автоматический координатограф «Кораграф».

Во Франции разрабатывают и используют несколько видов информационно-поисковых систем (ИПС), использующих данные топографической съемки и аэрофотосъемки.

В б. ФРГ разработаны разные системы, предназначенные для цифрования и хранения топографо-геодезической информации, составления крупномасштабных планов.

Аналогичные системы разрабатываются и используются в США, Великобритании, Австрии, Канаде, Нидерландах, Бельгии (Бойко А. В. Автоматизация наземных топографических съемок.— М.: МИИГАиК, 1986). В них использованы различные марки ЭВМ (*PDP*-8, «Hewlett Packard — 2116 B», «*PDP*-11/45», *IBM* — 360/50 и др.), дигитайзеров, автоматических графопостроителей, накопителей на магнитных дисках и лентах.

5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, ИХ СВОЙСТВА

В процессе инженерно-геологических изысканий изучают виды и свойства пород, залегающих на площадках проектируемых сооружений. В инженерной геологии, и особенно в строительстве, вместо термина

«горные породы» чаще используют термин «грунты», под которым понимают среду, в которой возводят основания различных сооружений.

Грунты делят на два больших класса — с жесткими связями и без жестких связей. Каждый из этих классов в свою очередь делят на группы и подгруппы. Общая инженерно-геологическая классификация грунтов представлена в табл. 14. [21].

Магматические породы произошли при остывании расплавленной магмы.

Таблица 14

Группа	Подгруппа	Главные виды пород
	Породы с жесткими связями	
I. Магматические	1. Глубинные (интрузивные)	Граниты; диориты; сиениты; габбро и др.
	2. Излившиеся (эффузивные)	Базальты; диабазы; пемза; порфириты и др.
	3. Пиропластические сцементированные	Туфы; шлаки, туффиты
II. Метаморфические	1. Регионально-метаморфические	Кварциты; мраморы; слюдистые, глинистые сланцы и др.
	2. Контактно-метаморфические	Кристаллические, узловатые сланцы и др.
	3. Тектониты	Тектонические брекчии и др.
III. Осадочные	1. Обломочные сцементированные	Кремнистые, карбонатные, железистые, мергелистые, глинистые конгломераты; различные песчаники, туфы и др.
	2. Химические и биохимические (органогенные)	Известняки; доломиты; бокситы; мергели; ракушечники; мелы; гипсы; лимониты; кремнистые туфы и др.
	3. Глинистые и пылеватые	Мергелистые глины; аргиллиты и др.
	Породы без жестких связей (дисперсные породы)	
I. Осадочные	1. Глинистые и пылеватые	Глины, суглинки; супеси; лессовидные породы; илы и др.
	2. Обломочные несцементированные	Крупноблочные каменистые; валунные; щебенчатые; галечниковые; гранитные; песчаные крупно-, мелко- и среднезернистые и др.
II. Почвы	1. Зональные	Тундровые; дерновоподзолистые; болотные; песчаные; суглинистые; глинистые и др.
	2. Интразональные	Черноземы; солонцы; солончаки и др.
III. Искусственные	1. Культурные перемещенные, наносные, насыпные слои	Разделяются по литологическому составу исходных грунтов
	2. Созданные в процессе производственно-хозяйственной деятельности	Шлаки; золы; строительный мусор; бытовые отходы

Метаморфические породы являются продуктами переработки магматических и осадочных пород под воздействием давления, температуры, водяных паров и газов. Часто сохраняя структуру первичных пород, они приобретают и свою типичную метаморфическую структуру.

Осадочные породы образовались путем осаждения минеральных частиц из воды, воздуха, тающих льдов, а также путем выпадения солей из океанов, морей, озер. В земной коре они представлены морскими и континентальными отложениями. Для осадочных пород характерна слоистость.

Свойства скальных пород определяют свойства породообразующих минералов. Наибольшее значение имеет трещиноватость — она присуща большинству скальных пород. Трещиноватость ослабляет породу, от нее зависит водопроницаемость, термические и механические свойства породы.

Другой физико-механической характеристикой скальных пород является прочность, зависящая от характера структурных кристаллизационных связей.

Скальные породы характеризуются жесткими связями между отдельными минеральными зернами, обеспечивающими высокие прочностные качества и большую несущую способность, поэтому скальные породы пригодны для строительства всех видов сооружений. По характеристике деформационных свойств скальных пород принимают во внимание модуль упругости и модуль деформации, показатели одноосного сжатия.

Осадки и сдвиги сооружений на скальном основании происходят в основном за счет уплотнения и деформации трещин или общего прогиба плит основания, и не превышают нескольких десятков миллиметров.

Слоистые скальные породы обладают также различными свойствами по разным направлениям (анизотропностью), в частности, различной сопротивляемостью к сдвигу в разных плоскостях. Это нужно учитывать при проектировании строительства плотин, мостов и других сооружений, подверженных действию боковых усилий.

К физико-механическим свойствам дисперсных грунтов относят: зерновой состав, плотность, пористость, влажность, пластичность, набухание, усадку, размокание, сжимаемость, сцепление.

Под зерновым составом понимают содержание по массе групп частиц грунта различной крупности по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта. Для определения зернового состава анализ производят путем разделения (например, путем просеивания) пород на ряд фракций, отличающихся диаметром.

Плотность породы определяется отношением массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему.

Пористость представляет собой пустоты или свободные промежутки между частицами. Она определяется в виде процентного отношения объема пустот к общему объему породы.

Влажностью породы называют отношение массы воды, содержащейся в порах, к массе сухой породы (высушенной при $t = 105\ ^\circ C$ в течение 8 ч).

Пластичностью называют способность породы изменять свою форму без разрыва сплошности под действием сил давления и сохранять полученную форму, когда действие давления прекратилось.

Набуханием называют способность глинистых пород увеличивать свой объем при насыщении водой. Различные глины могут увеличивать свой объем на 20—80%.

Усадкой называют уменьшение объема породы под влиянием высыхания. Чем больше влажность — тем больше усадка.

Размокание определяет способность глинистых пород в соприкосновении со стоячей водой терять связность и превращаться в рыхлую массу с частичной или полной потерей несущей способности. При испытании породы определяют время и характер размокания.

Сжимаемость обусловлена смещением под воздействием нагрузки частиц породы относительно друг друга и соответствующим уменьшением объема пор, вследствие деформации частиц породы, воды и газа. Иногда сжатие происходит со скоростью приложения нагрузки, но чаще сжатие происходит в течение определенного времени.

Сцепление грунтов характеризует сопротивление их сдвигу. Сцепление является важным прочностным свойством породы при анализе таких явлений, как оползание откоса, выпирание грунта из-под сооружения и т. д. Сцепление в значительной степени зависит от минерального состава грунтов. Например, пески с содержанием слюды, талька имеют пониженное сцепление.

Сыпучие породы — достаточно прочное основание для средних сооружений, но в силу своих высоких фильтрационных свойств они не пригодны для строительства водоудерживающих сооружений. Осадка песчаных грунтов под действием нагрузок происходит быстро и быстро затухает.

Осадки сооружений, построенных на глинистых грунтах, могут быть значительными, неравномерными, и долго не затухающими по причине высокой пористости грунтов. Медленное отжатие воды из пор ведет к затяжному характеру осадок сооружений. Мел, ил, торф, лесс мало пригодны для строительства значительных сооружений.

5.2. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Вода присутствует в горных породах в различной форме и находится с ними в тесном взаимодействии. Практически нет горной породы, в особенности рыхлой, которая не содержала бы того или иного количества воды в той или иной форме в агрегатном состоянии — жидком, газообразном и твердом. Различные формы воды переходят друг в друга, изменяя при этом инженерно-геологические свойства пород.

Подземные воды делят в основном на атмосферные (водозные), ювенильные и реликтовые. Имеется еще так называемая связанная вода, содержащаяся в горных породах в разных видах и формах. Связанная вода удерживается внутри минералов, слагающих породы, и на их поверхности силами, значительно превышающими силу тяжести.

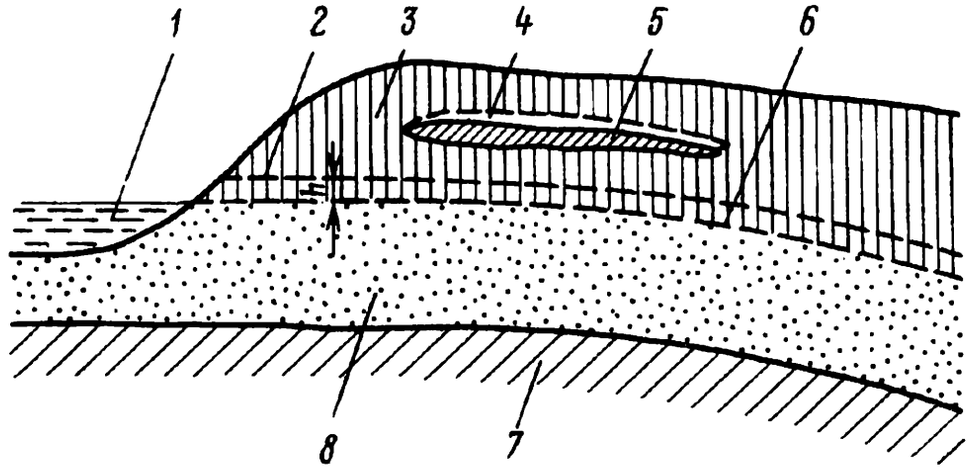


Рис. 36. Верховодка и грунтовые воды:

1 — водоем; *2* — уровень капиллярного поднятия; *3* — зона аэрации; *4* — верховодка; *5* — водоупорная линза; *6* — депрессионная кривая поверхности (зеркала) грунтовых вод; *7* — водоносный горизонт; *8* — водоупор

Атмосферные подземные воды наиболее тесно связаны с практической деятельностью человека. Они образуются из атмосферной и поверхностной воды, просачивающейся в землю, и распределяются соответственно геологическим условиям.

Глубинные ювенильные (девственные) воды являются продуктом взаимодействия кислорода и водорода и выделяются из расплавленных и медленно застывающих горных пород.

Реликтовые (ископаемые) воды сохранились в толще пород с древних геологических эпох.

Типы атмосферных инфильтрационных подземных вод определены условиями их залегания [40]. К первому типу относят слои и линзы верховодки, имеющей обычно ограниченное по площади распространение (рис. 36). Режим верховодки непостоянен и зависит от количества выпадающих осадков. В засушливое время и в период зимних холодов верховодка может полностью исчезать. Наличие верховодок на площадках строительства надо обязательно учитывать при проектировании глубины заложения и конструкции фундаментов. У многих зданий и сооружений, особенно промышленного типа, значительное количество различного оборудования может быть размещено в подвальных помещениях. Не учтенный при проектировании режим верховодки может привести к серьезным последствиям при эксплуатации зданий и сооружений.

Ко второму типу относят грунтовые воды, являющиеся первым от земной поверхности постоянным водоносным горизонтом. Этот горизонт залегает на первом водоупоре (см. рис. 36) и имеет свободную поверхность. Водоносными породами являются слои галечника, гравия, песка. Водоупорами являются глины, суглинки, скалистые дороды. Питание грунтовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также от рек, озер и других водоемов. Уровень грунтовых вод колеблется под воздействием сезонных факторов. Глубина залегания грунтовых вод может быть от 2 до 40 м от земной поверхности.

Грунтовые воды имеют свободную поверхность — зеркало, существующее длительное время (в течение многих лет) и занимающее горизонтальное или наклонное положение, обычно совпадающее с направлением наклона рельефа. В последнем случае наблюдается движение грунтовых вод, скорость которого зависит от уклона и водопроницаемости грунтов. Наибольшей водопроницаемостью обладают слои гравия и галечника, хорошей — слои песка (особенно крупнозернистого), слабой — слои супесей и суглинков. Глины практически водонепроницаемы.

В грунтовых водах наблюдается эффект капиллярного поднятия на величину h (см. рис. 36). Капиллярно поднятая вода расположена непосредственно выше уровня грунтовой воды. Положение ее уровня зависит от уровня грунтовой воды. При понижении уровня грунтовой воды снижается верхняя граница зоны капиллярной воды, и наоборот. Высота капиллярного поднятия h зависит от размера минеральных частиц и увеличивается при уменьшении их диаметра. Свойства воды в капиллярной зоне отличны от свойств грунтовой воды. Эти свойства являются как бы переходными между свойствами связанной и свободной воды. Так, например, в своем движении капиллярная вода не подчиняется закону силы тяжести. Она не вытекает свободно в горные выработки. В то же время сила связи ее с поверхностью минеральных частиц значительно меньше, нежели связанной воды.

Замерзает капиллярная вода при температуре ниже 0°. Чем меньше диаметр капиллярных пор, тем ниже температура ее замерзания. Так при капиллярных порах диаметром 0,06 мм температура замерзания этой воды — 19 °С. При проектировании инженерных сооружений и мероприятий необходимо учитывать явления капиллярного поднятия — знать максимальную высоту и скорость капиллярного поднятия. При строительстве дорог следует учитывать, что капиллярная вода увлажняет полотно дороги и нередко вызывает при замерзании образование пучин. Заложение фундаментов зданий в зоне капиллярного поднятия сопряжено с появлением сырости в подземных и цокольных помещениях, а при агрессивности воды — с постепенным разрушением фундаментов.

Неправильное ведение поливного хозяйства в районах орошаемого земледелия, особенно в условиях жаркого климата, может приводить к быстрому испарению капиллярной воды и сильному засолению почвы.

Химический состав грунтовых вод зависит от состава горных пород, климатических условий, глубины залегания, интенсивности их движения, обусловливающей обменные химические реакции.

К третьему типу подземных вод относят межпластовые воды, заполняющие водопроницаемые породы ниже первого водоупорного слоя, которым подстилаются грунтовые воды. Межпластовые воды находятся между двумя водоупорными пластами. Их питание происходит только в тех случаях, где они выходят на поверхность. Эти воды могут быть напорными и безнапорными. Напорными они становятся в случае полного заполнения водоносного слоя, безнапорными — в случае частичного заполнения. К напорным водам относят артезианские. При вскрытии их скважиной, в последней устанавливается пьезометрический уровень

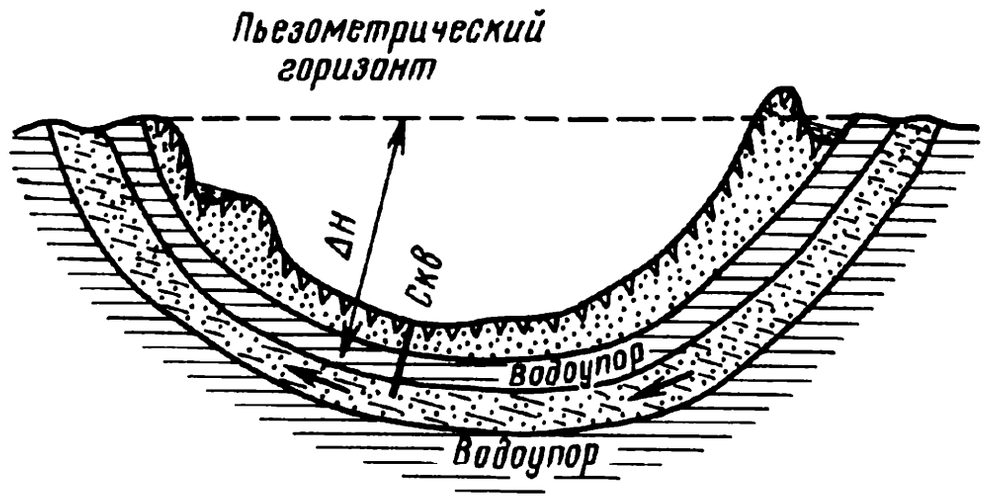


Рис. 37. Артезианский бассейн

выше уровня водоносного слоя (рис. 37). При сильном напоре вода из скважины может фонтанировать.

К особым типам подземных вод относят напорные и безнапорные трещинные, карстовые, болотные воды и воды вечной мерзлоты. Трещинные воды находятся в трещиноватых скальных и полускальных магматических и метаморфических породах. Карстовые воды располагаются в полостях и пустотах растворимых горных пород. Болотные воды встречаются в торфяниках и илах.

Воды вечной мерзлоты подчинены в основном температурному режиму. Их разделяют на надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Надмерзлотные воды разделяют на воды деятельного слоя — залегающие на глубине около 0,5 м и имеющие небольшую мощность, и воды таликов — образующиеся на участках талых пород высокой водопроницаемости. Мерзлотные воды, заключающиеся в толще многолетней мерзлоты, питаются за счет вышележащих надмерзлотных или подмерзлотных напорных вод. Подмерзлотные воды располагаются под толщей многолетнемерзлотных пород и питаются посредством инфильтрации атмосферных осадков.

Под режимом подземных вод понимают изменение их уровня, расхода, температуры и химического состава во времени под влиянием естественных (природных) или искусственных факторов. К естественным факторам относят изменение количества выпадающих атмосферных осадков, условий питания и разгрузки, влияние паводков и наводнений. К искусственным факторам относят возведение плотин, ирригационных каналов и дренажных канав, водозабор подземных вод, вырубку леса и т. д. Например, сооружение гидроузлов, водохранилищ, ирригационных каналов ведет к резкому повышению уровня и изменению химического состава грунтовых вод. Возведение промышленных и гражданских зданий также приводит к постепенному повышению уровня грунтовых вод за счет нарушения стока поверхностных вод, уменьшения испарения влаги вследствие устройства асфальтовых и мостовых покрытий, конденсации водяных паров под сооружениями в связи с перепадом температуры грунтов на открытом участке и под фундаментами, увеличения пита-

ния грунтовых вод вследствие утечки воды из водопровода и т. д. Интенсивная откачка воды из артезианских скважин приводит к депрессии и снижению уровня напорных вод.

Различают два типа режима грунтовых вод: сезонный и многолетний. Сезонный режим обусловлен сезонной ритмичностью метеорологических факторов (осадков, испарения, температуры, давления, влажности воздуха), колебаниями уровня поверхностных водоемов и водотоков, антропогенными факторами (на застроенных территориях). Амплитуда сезонных колебаний уровня грунтовых вод может изменяться от нескольких сантиметров в пустынных районах с глубоким залеганием водоносного горизонта до 10—15 м в галечниках горных рек. Наиболее характерна величина амплитуды от нескольких сантиметров до 2—3 м.

Изучение сезонного режима дает возможность установить причины изменения уровня грунтовых вод, увязать их режим и баланс, получить исходные данные для прогноза уровня.

Многолетний режим грунтовых вод проявляется в периоды продолжительностью свыше 10—15 лет. Он обусловлен многолетними ритмическими изменениями осадков, испарения, водоносности рек, озер и т. д. Амплитуда естественных многолетних колебаний уровня может в 2 раза и более превышать амплитуду естественных сезонных колебаний, а под влиянием антропогенных факторов эта разница может увеличиваться в десятки раз.

Многолетний режим исследуется с целью установления степени гидрогеологической опасности для строений и сооружений на исследуемой территории, для долгосрочного прогноза уровня.

5.3. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Физико-геологические процессы подразделяют на физико-химические, биохимические, гравитационные, аэродинамические, гидродинамические, теплофизические, сейсмические, тектонические. Эти процессы проявляют себя по-разному.

К группе физико-химических относят процессы механического, химического и термического разрушения и растворения горных пород. Физическое выветривание связано с механическими воздействиями на породы, возникающими вследствие перепадов температур, давления на породы утолщающихся корней деревьев, образованием кристаллов и т. д. Перепады температур вызывают растягивающие и сжимающие напряжения, в результате которых породы растрескиваются. Чем больше перепады температур, тем выше интенсивность растрескивания.

В пустынях выветривание пород выражается в явлении чешуйчатого шелушения. В холодных районах и высоко в горах наблюдается морозное выветривание пород, вызванное замерзанием воды в трещинах и порах.

Активными факторами химического выветривания являются вода, углекислый газ и органические кислоты. Процесс растворения и выщелачивания поверхностными водами приводит к образованию на поверх-

ности пород промоин, углублений, а подземными водами — карстовых пустот, каналов и пещер. Воды растворяют и выщелачивают в первую очередь растворимые породы: известняки, гипс, доломиты, мергель, каменную соль.

С биохимическими процессами связано органическое выветривание, вызванное жизнедеятельностью микроорганизмов и растений. Они поглощают из горных пород различные элементы и выделяют кислород и кислоты, которые активизируют процессы растворения. Биохимические процессы тесно связаны с физическими. В результате биохимических процессов образуются почвы, торфяники и болота.

Образование оползней, обвалов, осыпей, осов, лавин связано с гравитационными процессами.

Оползни представляют собой смещение на более низкую отметку части горных пород, слагающих склон, под действием силы тяжести. Особую роль в образовании оползней играют подземные и поверхностные воды. Они проникают в породы склона, утяжеляют их, обводняют отдельные горизонты, ослабляя силы сцепления в массиве породы, в том числе с поверхностью скольжения оползня.

Усилению оползневого процесса могут способствовать распашка склонов под сельскохозяйственные угодья, сброс хозяйственных вод, уничтожение растительности, нагрузка склонов отвалами грунта и другие факторы, связанные с деятельностью человека.

У оползня различают поверхность скольжения, базис оползания, глубину захвата оползнем склона, очертание тела оползня, оползневой цирк. Поверхность, по которой происходит скольжение оползня, устанавливают по буровым скважинам, шурфам и штольням. В одном оползневом массиве может прослеживаться не одна, а несколько поверхностей скольжения. При исследованиях важно выявить поверхность скольжения, так как это позволяет установить объем и форму оползневого тела.

Самое низкое положение кривой скольжения у подошвы склона называют базисом оползания. В некоторых случаях пересечение поверхности скольжения с поверхностью склона может быть на любой высоте — т. е. выше подошвы; в этом случае говорят о висячих оползнях. Поверхность скольжения может совсем не пересекаться с поверхностью склона и уходить ниже его подошвы; в этом случае оползни сопровождаются валами выпирания в основании склона.

Глубина захвата оползнем склона характеризует мощность оползневого тела. Ее измеряют по нормали от поверхности склона до поверхности скольжения. Глубина захвата используется в оценке устойчивости оползня, так как она может быть разная в верхней, средней и нижней его частях.

Оползневым телом называют массив оползших пород, в котором различают верхнюю часть («голову» оползня) и нижнюю часть («язык» оползня).

Оползневым цирком называют котловину в виде амфитеатра, образующуюся на крутом склоне среди несместившихся пород. Амфитеатр

представляет собой ряд дугообразных обрывов и площадок, поверхность которых часто наклонена к обрыву.

Признаками оползания склона являются деформации различных сооружений (появление трещин, перекосы дверных проемов), наклон столбов, наличие «пьяного леса», деревья которого хаотично наклонены.

Оползни после интенсивных подвижек могут прекратить свое движение, что связано с образованием в его подошве достаточно массивного контрфорса, обеспечивающего равновесное состояние сдвигающих сил с силами сопротивления сдвигу.

Обвалы характеризуются внезапным отделением масс горных пород на крутом склоне под углом, который больше угла естественного откоса. Обвалы происходят из-за потери сцепления в результате выветривания или потери опоры из-за эрозии и абразии в основании склона. Обвалы относят к гравитационным движениям без участия воды, их часто вызывают сейсмические толчки. В результате обвалов обрушившиеся массы горных пород скапливаются у подножия склонов и образуют завалы.

Осыпями называют накопления щебеночных обломков твердых пород, образующиеся при скатывании их со склонов. Осыпи образуются в результате выветривания горных пород. Обычно осыпи сосредоточиваются в балках и ложбинах, по которым они смещаются вниз, как по руслу. Движение осыпей имеет прерывистый характер. В процессе накопления щебенки из твердых пород осыпь становится все тяжелее, а угол откоса осыпи — все больше. Когда угол откоса становится больше угла, соответствующего порогу устойчивости, осыпь смещается и движется до тех пор, пока не наступит состояние равновесия.

В зависимости от формы коренного ложа осыпи бывают активные и пассивные, они могут располагаться рядом на одном и том же склоне. Масштабы осыпей различны в зависимости от высоты склонов и размеров ложа (ложбин и балок).

Осовами называют накопления щебеночного материала из смеси твердых и мягких пород, образующиеся при скатывании со склонов. В отличие от осыпей осовы движутся вследствие насыщения их водой. В отличие от оползней движение осов не носит характера пластического течения.

Лавины представляют собой обрушение снежных масс с горных склонов. Они периодически возникают в местах расположения горных ледников и при большом снегопаде в зимнее время. Лавины могут увлекать за собой и элементы горных пород.

Гидродинамические процессы делят на суффозийные, эрозийные, селевые и абразионные.

Суффозией называют рыхление породы под действием механического и химического выветривания частиц движущейся грунтовой водой. Выносу частиц породы особенно подвержены песчаные грунты, содержащие мелкозем, лессы и лессовидные суглинки. Интенсивность выноса зависит от размеров зерен, слагающих породу, и скорости грунтового потока.

Процесс разрушения горных пород на земной поверхности водным потоком при одновременном действии гравитационных сил называют

эрозией. Эрозия приводит к образованию долин путем механического размывания горных пород энергией потока, истирания дна русла водой и твердыми частицами, химического растворения горных пород. Различают эрозию плоскостную, заключающуюся в смывающей деятельности дождевых и талых вод, в сочетании с гравитационным перемещением на склонах, водоразделах и пр., и эрозию линейную, сосредоточенную в оврагах, долинах и т. д.

Селевые процессы вызваны явлением селевых горных потоков. От эрозионных селевые процессы отличаются внезапным возникновением в результате выпадения ливней или при быстром таянии снега на крутых склонах, лишенных растительности и покрытых рыхлыми элементами горных пород.

Абразией называют механическое разрушение морского берега волнами и течениями, в результате чего образуются платформы, пляжи, береговые валы, срезанные полосы берега, носы и т. д. Скорость абразии зависит от геологического строения берега и силы морских волнений. Абразионные процессы существенны на берегах искусственных водохранилищ, так как они развиваются (в отличие от морской, озерной абразии) в совершенно новой континентальной обстановке, и поэтому протекают часто интенсивнее.

К аэродинамическим процессам в первую очередь относятся ветровые навевания и развевания. Под действием этих явлений образуются многообразные формы рельефа.

С ветровым навеванием частиц связано образование барханов и дюн. Барханы образуются в пустынях и имеют форму серпа, концы которого загнуты в направлении движения ветра. Барханы и барханные цепи передвигаются путем перекатывания песка со склона к подножию. Дюны образуются на побережьях морей и озер и располагаются поперечно к направлению господствующего ветра.

С ветровым выдуванием частиц пород связано образование каменистых пустынь. С действием ветра связана коррозия скальных пород, вызванная истиранием и сверлением мелкими и крупными частицами, переносимыми ветром.

Теплофизические процессы обусловливают многообразные явления: многолетнюю мерзлоту, наледи, ледяные бугры, термокарстовые воронки, пучины и т. д.

Сейсмические явления связаны с землетрясениями — быстрыми приповерхностными деформациями горных пород, образующимися на границе земля — воздух, где имеет место резкий перепад градиента скорости упругих волн. Землетрясения связаны с разрядкой упругих напряжений, соударениями блоков земной коры, тепловыми взрывами в верхней зоне мантии, провалами пещер, горными обвалами, искусственными взрывами и т. д.

Тектонические явления происходят на больших глубинах земной коры и протекают медленно. Тектонические разрывы и смещения могут не достигать земной поверхности. Медленные тектонические процессы практически безопасны для строительства инженерных сооружений.

5.4. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Инженерно-геологические изыскания проводят на основе планов капитального строительства. Их основная задача — обеспечение проекта строительства качественной инженерно-геологической информацией.

В состав инженерно-геологических изысканий входят: 1) сбор и анализ существующих материалов на район изысканий; 2) инженерно-геологическая рекогносцировка; 3) инженерно-геологическая съемка; 4) инженерно-геологическая разведка.

Сбору и анализу подвергаются картографические материалы, имеющиеся климатологические, гидрогеологические, геологические данные на районы будущих изысканий. Это позволяет разработать рабочую гипотезу об инженерно-геологических условиях района, определить объем и методы дальнейших исследований. На основании этой работы и технического задания составляют программу изысканий.

Инженерно-геологическую рекогносцировку выполняют с учетом собранных данных об изученности района. Рекогносцировку производят наиболее квалифицированные инженеры-геологи и строители-проектировщики путем маршрутных наблюдений, применяют также аэрометоды. При рекогносцировке выявляют участки с неблагоприятными физико-геологическими процессами, проводят уточнение ранее собранных материалов, предварительный прогноз геологической среды под воздействием строительства и т. д. На основании рекогносцировочных работ планируют последующие инженерно-геологические работы.

Детальность инженерно-геологической съемки зависит от ее масштаба. Масштабы съемки устанавливают в пределах 1 : 1000—1 : 25 000 в зависимости от стадии проектирования, класса сооружения и сложности геологической обстановки. Инженерно-геологической съемкой масштабов 1 : 1000—1 : 2000 покрывают обычно створы высоких плотин и их береговые примыкания территории под здания гидростанций, водосливные и водосбросные сооружения. Крупномасштабные съемки выполняют также на участках месторождений строительных материалов.

Качество инженерно-геологической съемки определяется количеством точек наблюдений на 1 км^2 площади. Если естественных обнажений мало или они полностью отсутствуют, производят вскрытие пород посредством расчисток, канав, шурфов, штолен и буровых скважин. В табл. 15 приведено рекомендуемое количество точек наблюдений на 1 км^2 съемки в зависимости от масштаба.

Плановое и высотное положение точек наблюдений определяют по топографическим картам и планам, аэроснимкам, по контурам местности, визуально, полуинструментально и инструментально геодезическими методами.

По данным съемки составляют инженерно-геологические карты, основой для которых служат топографические карты. На рис. 38 представлен фрагмент инженерно-геологической карты.

На инженерно-геологических картах указывают границы слоев пород

Таблица 15

Масштаб съемки	Категория геологической сложности	Число точек	Число разведочных выработок при обнаженности		
			хорошей	удовлетворительной	плохой
1:100 000	I	1	0,02	0,1	0,35
	II	1,5	0,03	0,15	0,5
	III	2,2	0,05	0,22	0,7
1:50 000	I	2,3	0,05	0,3	0,9
	II	3,0	0,1	0,4	1,0
	III	5,3	0,5	1,0	1,6
1:25 000	I	6,0	1,0	1,5	2,0
	II	9,0	2,0	3,0	3,0
	III	12,0	3,0	4,0	4,0
1:10 000	I	25	4	6	9
	II	30	6	9	11
	III	40	8	12	16
1:5000	I	50	10	15	25
	II	70	17	26	35
	III	100	25	37	50
1:2000	I	200	50	75	100
	II	350	87	128	175
	III	500	125	187	250
1:1000	I	600	Количество точек устанавливают специальным расчетом		
	II	1150			
	III	1500			

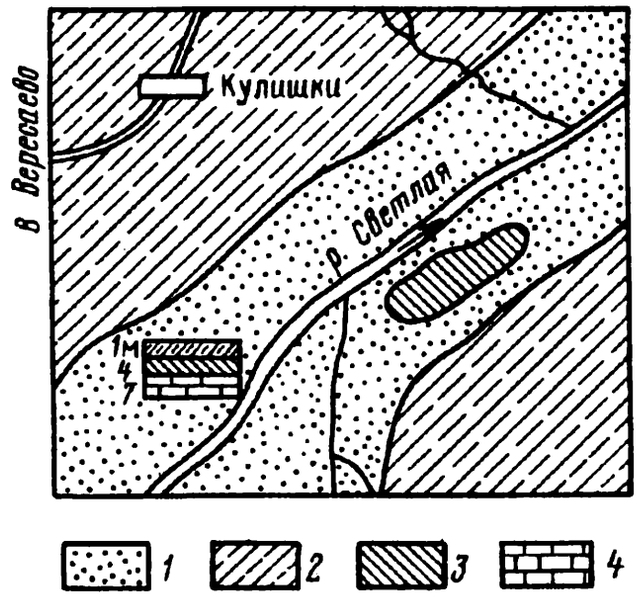


Рис. 38. Фрагмент инженерно-геологической карты:

1 — пески (alQ_2); *2* — суглинок пылеватый (glQ_2); *3* — суглинок (glQ_2); *4* — известняк (C_2m)

на земной поверхности, характер и глубину залегания слоев, литологический состав пород и их возраст, линии и зоны тектонических нарушений, условия залегания подземных вод, их режим и водообильность, физико-технические свойства пород и т. д. Объем информации растет с укрупнением масштаба карты. Физико-технические характеристики пород, характеристики грунтовых вод выносят за рамку карты.

Кроме инженерно-геологических карт составляют большое количество геологических разрезов, блок-диаграмм, моделей трещиноватости и других документов.

Инженерно-геологическая разведка представляет собой комплекс работ на завершающих этапах инженерно-геологических изысканий, когда окончательно определены местоположение сооружения и его конструктивные особенности.

В комплекс работ при инженерно-геологической разведке входят:

буровые и горно-проходческие разведочные работы;

определение показателей свойств грунта полевыми и лабораторными методами;

геофизические разведочные работы;

гидрогеологические и другие исследования.

5.5. БУРОВЫЕ И ГОРНО-ПРОХОДЧЕСКИЕ РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Буровые работы производят для определения последовательности залегания слоев пород, их мощности, состава, физико-технических характеристик. Бурение скважин выполняют по сетке с расстояниями между ними 100, 200 или 500 м в зависимости от сложности геологических условий площадки. Однако целесообразнее закладывать скважины по специальному проекту, учитывающему результаты инженерно-геологической съемки и положение ранее пробуренных скважин.

Если известно конкретное положение зданий и сооружений, разведочные скважины размещают по их осям и контурам. Число скважин назначают, исходя из размеров зданий и сооружений. Минимальное число скважин, с учетом ранее пройденных, равно трем. Расстояние между скважинами зависит от сложности инженерно-геологических условий: простой (50—100 м), средней (30—50 м), сложной (20—30 м). Глубина скважин определяется мощностью активной зоны и типом фундамента (табл. 16).

В случае применения свайных фундаментов скважины должны быть на 5—10 м глубже нижних концов висячих свай.

При изысканиях линий электропередач геологические выработки (чаще всего скважины) закладывают в среднем через 0,5—2,0 км. Глубину выработок принимают в среднем: для металлических опор — 5 м, для деревянных и железобетонных — 4 м, для опор на свайных фундаментах — 7—9 м, на площадках для объемных сооружений — 5—7 м.

На трассах для строительства кабельных линий связи выработки закладывают в среднем через 1,0—2 км на глубину 2 м. На площадках под сооружения выработки проходят на глубину 5—7 м.

На трассах магистральных трубопроводов геологические выработки на глубину 3—5 м и на 1 м ниже глубины заложения трубопровода закладывают в среднем через 0,25—0,5 км.

Геологические выработки для проектируемых трасс железных и авто-

Таблица 16

Фундамент на опорах		Фундамент ленточный	
Максимальная нагрузка на опору, кН	Глубина выработок от подошвы фундамента, м	Максимальная нагрузка на фундамент, кН (этажность, м)	Глубина выработок от подошвы фундамента, м
500	4—6	100 (1)	4—6
1 000	5—7	200 (2—3)	6—8
2 500	7—9	500 (4—6)	9—12
5 000	9—13	700 (7—10)	12—15
10 000	11—15	1000 (11—16)	15—20
15 000	12—18	2000 (более 16)	20—23
50 000	18—25		

мобильных дорог закладывают на 2 м ниже предполагаемой глубины выемки. Расстояние между выработками составляет в среднем 0,25—0,5 км. Глубокие скважины закладывают на участках мостов.

Почвенно-грунтовые исследования участков, намечаемых под взлетно-посадочные полосы на аэродромах, производят с помощью скважин глубиной 5—7 м и шурфов глубиной 2 м. Число скважин должно составлять 10—20% от числа шурфов. Скважины и шурфы закладывают на расстояниях 3—5 м от краев будущих жестких покрытий.

Применяют два вида бурения: механическое и ручное. Механическое бурение осуществляют колонковыми, ударно-вращательными, шнековыми и вибробуровыми установками.

Колонковое бурение применяют в крепких породах и выполняют при помощи колонковой трубы, к нижнему концу которой привинчивают кольцевую дробовую, алмазную коронку или коронку с зубьями из победита, вольфрама, твердой стали. При вращении колонковой трубы коронка разрушает породу, образуя забой в виде кольца с цилиндром цельной породы внутри, называемым керном. Колонковое бурение производят с промывкой забоя скважины водой или глинистым раствором. При этом во избежание разрушения керна применяют двойные колонковые трубы.

По кернам можно определить состав породы, плотность, трещиноватость, наличие пустот, углы наклона слоев, поверхности скольжения в теле оползней и т. д.

Ударно-вращательное механическое бурение используют в мягких породах (песках, галечниках и валунах, плывунах). При этом используют ударное долото, желонку, змеевик, ложку. Долото применяют для дробления валунов; желонку, имеющую клапан, применяют в водонасыщенных грунтах. Ложку используют в песках, змеевик — в глинах. При ударно-вращательном бурении извлекают нарушенные породы. Для отбора образцов с ненарушенной структурой используют грунтоносы.

Шнековое бурение относят к вращательным способам. Его используют для бурения в песчаных и глинистых породах. Ведут его наращиваемой шнековой колонной сплошным или кольцевым забоем. При шнековом бурении трудно сохранить целостность образца.

Вибробурение применяют в глинах, суглинках, илах, глинистых супесях. Виброзонд в виде трубы с продольными прорезями внедряют в грунт под действием вибрации и давления. Виброметод позволяет отобрать грунт с ненарушенной структурой.

Механическое бурение выполняют различными установками, технические характеристики основных из них даны в табл. 17.

Самоходные установки монтируют на автомобилях ЗИЛ-131, ГАЗ-66.

Ручное ударно-вращательное бурение выполняют в местах, где возникают трудности в доставке и установке механического станка. При ручном бурении для подъема и спуска оборудования применяют треноги. В скальных породах ручное бурение не применяют. По материалам бурения составляют колонки буровых скважин (рис. 39).

Когда требуется отобрать большие образцы пород с ненарушенной структурой, провести исследование их свойств и состояния в условиях их естественного залегания, разведку ведут при помощи таких горных выработок, как закопушки, расчистки, канавы, шурфы, шахты, штольни и т. д.

Закопушки применяют для вскрытия грунтов, расположенных под небольшим (до 0,6 м) слоем почвы или других перекрывающих отложений. Расчистки применяют для вскрытия грунтов, расположенных под слоем (до 1,5 м) почвы, делювия или осыпи. Канавы представляют собой горизонтальные открытые горные выработки. Их закладывают обычно по склонам речных долин вкрест простирания слоев. Ширина их по верху составляет 1—2 м, по дну — 0,3—0,7 м, глубина — до 3 м. Для крепления стенок глубоких канав применяют горбыли, доски.

Таблица 17

Техническая характеристика	ЗИФ-650А	ЗИФ-300М	СБУДМ 150-ЗИВ	УКС-22М	БУГ-100	УГБ-50М	БУК-75-2М	УБП-15М	УБП-30М	АВБ-1М
Глубина бурения, м	650	300	150	300	100	50	75	15	30	20
Начальный диаметр, мм	200	131	151	600	426	230	325	168	219	219
Мощность электродвигателя, кВт	54	48	48	20	40	48	13	6	6	25
Высота станка, м	2,26	1,82	3,44	2,80	2,20	2,00	1,18	—	—	7,3
Масса станка с двигателем, кг	4390	2335	8700	7600	2500	6000	2380	1600	1600	5300
Способ передвижения	стационарный самоход			на подкатных осях		самоход на подкатных осях		на одноосных прицепах		самоход

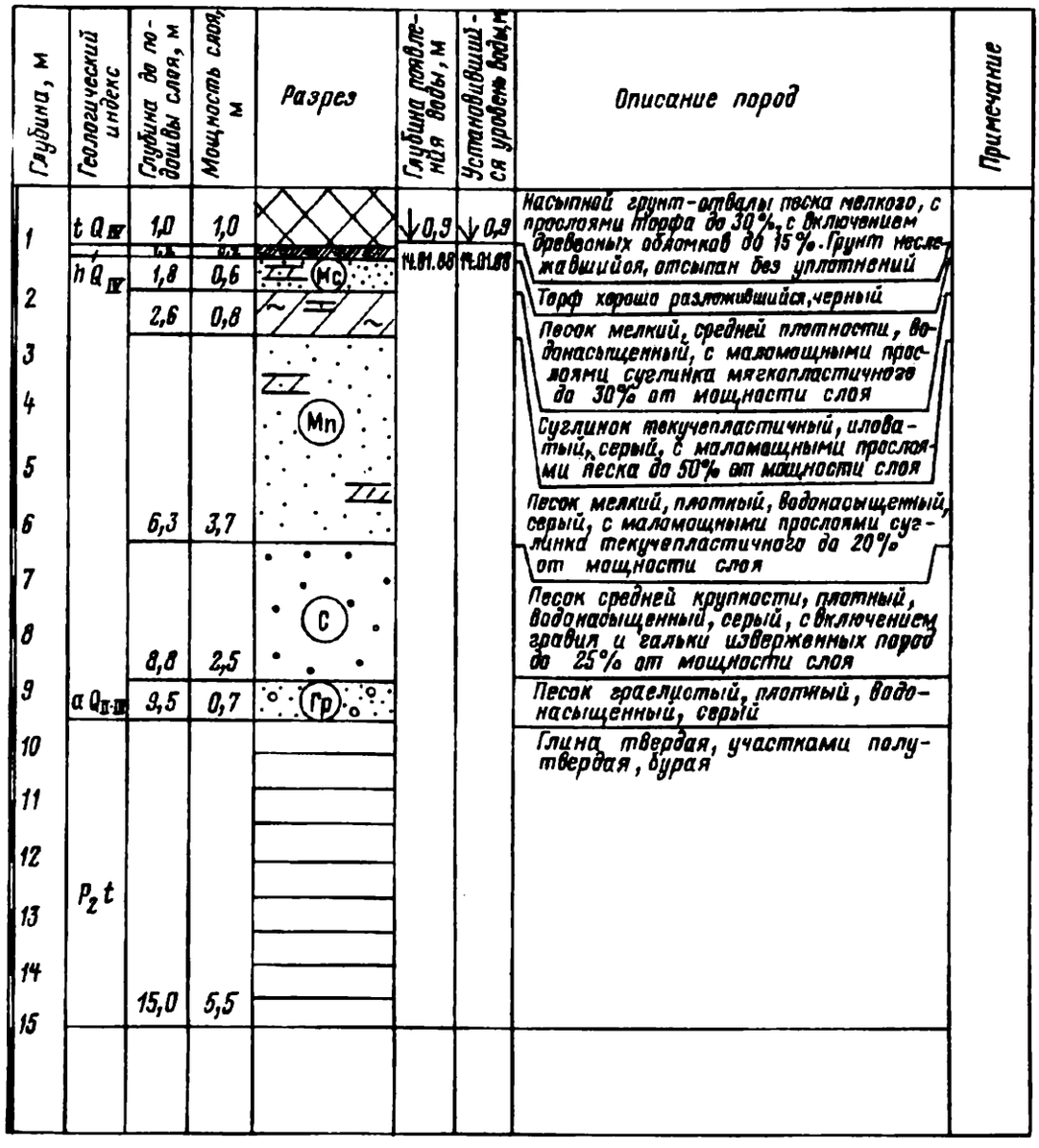


Рис. 39. Колонка буровой скважины

Шурфы представляют собой вертикальные горные выработки. Сечение шурфов при глубине 10 м обычно составляет 1,2—2 м. Крепление шурфов, в зависимости от устойчивости пород и их глубины, бывает распорное, венцовое, забивное. Проходку шурфов выполняют вручную или при помощи машин-шурфокопателей. Шурфы круглого сечения называют дудками. В устойчивых породах дудки иногда проходят до глубины 10 м без крепления. Максимальная глубина шурфов и дудок — 25 м.

Шахты представляют собой вертикальные горные выработки квадратного или прямоугольного сечения с размерами 2×2 м. При большой глубине шахты (до 100 м и более) размеры сечения составляют 2,5× ×2,5; 2×3 м.

Штольни представляют собой горизонтальные выработки, устье которых находится на дневной поверхности склона или обрыва. Поперечное сечение штолен составляет 1,5—2 м. Способ крепления штолен зависит от устойчивости пород.

Методы изучения физико-технических свойств грунтов делят на по-

левые и лабораторные. Полевые методы испытаний грунтов применяют для особо важных сооружений. Наиболее часто определяют сопротивление грунта сжатию и сдвигу. На сжатие испытание грунтов ведут чаще всего штампами в шурфах и скважинах. Нагрузку на штампы (плиты) осуществляют, например, при помощи гидравлического домкрата (рис. 40). При испытании определяют характер осадка образца породы во времени, величину критической нагрузки.

Испытания слоев грунта на большой глубине выполняют штампами в скважинах, однако такие испытания считают менее достоверными, чем в шурфах.

Определение сопротивления грунта сжатию выполняют также при помощи динамического и статического зондирования. При динамическом зондировании осуществляют забивку молотом в грунт штанг со специальным коническим наконечником. Во время работы фиксируют величину погружения зонда в грунт при определенном числе ударов. По этим данным строят график, показывающий сопротивления грунта внедрению зонда. При статическом зондировании погружение зонда осуществляют не ударами, а вдавливанием при помощи домкрата.

Испытание грунта на сдвиг ведут в шурфах и котлованах путем создания при помощи домкрата бокового сдвигающего усилия на породу (рис. 41). При этом фиксируют момент, когда сдвигающее усилие преодолевает силу трения и сцепления в грунте.

В комплекс лабораторных исследований свойств горных пород входят определения: плотности грунта, естественной влажности, зернового состава, числа пластичности, границы текучести, границы раскатывания, относительного набухания, относительной просадочности, засоленности,

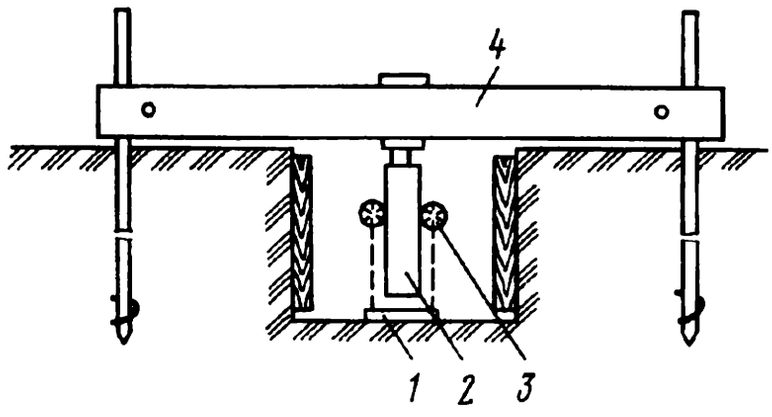


Рис. 40. Схема испытания грунта штампом:

1 — штамп; *2* — гидравлический домкрат; *3* — индикаторное устройство; *4* — балка

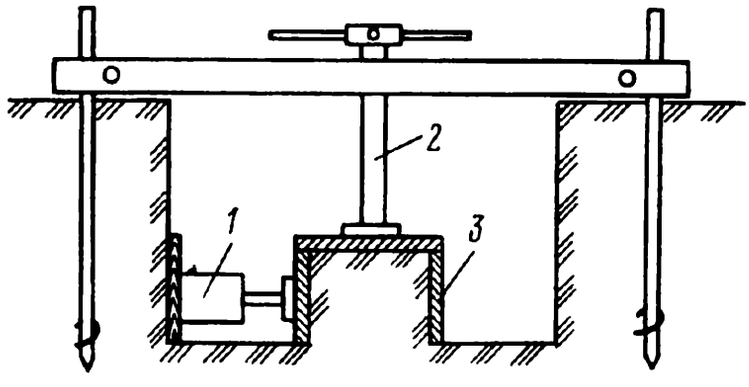


Рис. 41. Схема испытания грунта на сдвиг:

1 — горизонтальный домкрат; *2* — вертикальный домкрат; *3* — упорная плита

коэффициента фильтрации, модуля деформации, сопротивления сдвигающему усилию, сопротивления сжатию и т. д.

Для производства лабораторных исследований в полевых условиях отбирают образцы проб пород с соблюдением необходимых правил хранения, консервации и транспортировки.

Пробы подземной и поверхностной воды исследуют с целью установления степени минерализации, химического состава, агрессивности к бетону и другим строительным материалам. Все указанные исследования грунтов и вод выполняют в специальных грунтовых лабораториях изыскательских и проектно-изыскательских организаций.

5.6. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ

Геофизические методы достаточно широко используют при инженерно-геологических исследованиях. Они ускоряют инженерно-геологическую съемку и повышают ее качество, позволяют обнаружить крупные аномалии (пустоты, зоны трещин) строения земной поверхности, выявить геологическое и гидрологическое строение пород, оценить их пористость, трещиноватость, водонасыщенность, упругие свойства.

В инженерной геологии нашли применение сейсмические, электрические, магнитные, гравиметрические, радиационные, термометрические методы.

Сейсморазведку применяют для установления границ между слоями пород до глубины 50 м, выявления зон тектонических нарушений и трещиноватости, определения уровня грунтовых вод. Сейсмические методы основаны на регистрации скорости распространения упругих колебаний, специально возбуждаемых в горных породах с помощью взрывов или ударов. При акустических исследованиях в качестве источника используют специальные датчики высокочастотных колебаний.

Скорость распространения упругих волн в грунтах зависит от минерального состава и структуры пород. Разведку выполняют методом отраженных или преломленных волн. Для регистрации волн используют сейсмоприемники, расположенные на сейсмических профилях. Источник взрыва при этом может также располагаться на профиле или в стороне от него. Профили могут образовывать систему параллельных маршрутов, расположенных друг от друга на расстоянии 20—100 м и более.

По известному времени распространения упругих волн и расстоянию от сейсмоприемника до места взрыва строят кривые, вид которых зависит от глубины залегания пород, их наклона и свойств [21]. На основе этих кривых строят сейсмические разрезы.

Электроразведочные работы проводят путем выявления особенностей распространения в грунтах естественных или искусственно создаваемых электромагнитных волн. Так как одним из основных параметров горной породы является ее удельное электрическое сопротивление, то измеряя его, можно получить геоэлектрический разрез, имеющий прямую связь с геологическим разрезом пород.

Естественные электрические поля возникают в грунтах, например,

под воздействием Солнца. Искусственное электрическое поле создают при помощи двух забитых в грунт электродов.

Применяют методы вертикального электрозондирования и электропрофилирования. Методы вертикального электрозондирования определяют положение границ между геологическими слоями, различающимися удельным электрическим сопротивлением ρ_i (рис. 42) и полярностью. При этом способе последовательно увеличивают разнос электродов *A*, *B* на профиле (положения 1, 2, 3), увеличивая при этом глубину проникновения электрического тока в грунт (положения 1′, 2′, 3′). Расстояния между исследуемыми точками, расположенными на профилях, составляют обычно около 20 м. Расстояния между профилями бывают 10—200 м.

При методе электропрофилирования электроустановку с постоянным разносом электродов и, следовательно, постоянной глубиной зондирования *h* (рис. 43) переносят последовательно по профилю в точки *1—2, 2—3, 3—4* и т. д. При этом регистрируют изменение удельного электрического сопротивления ρ, которое может означать появление нового пласта пород в пределах данной глубины *h* зондирования (на рис. 43 на участке *3—4*).

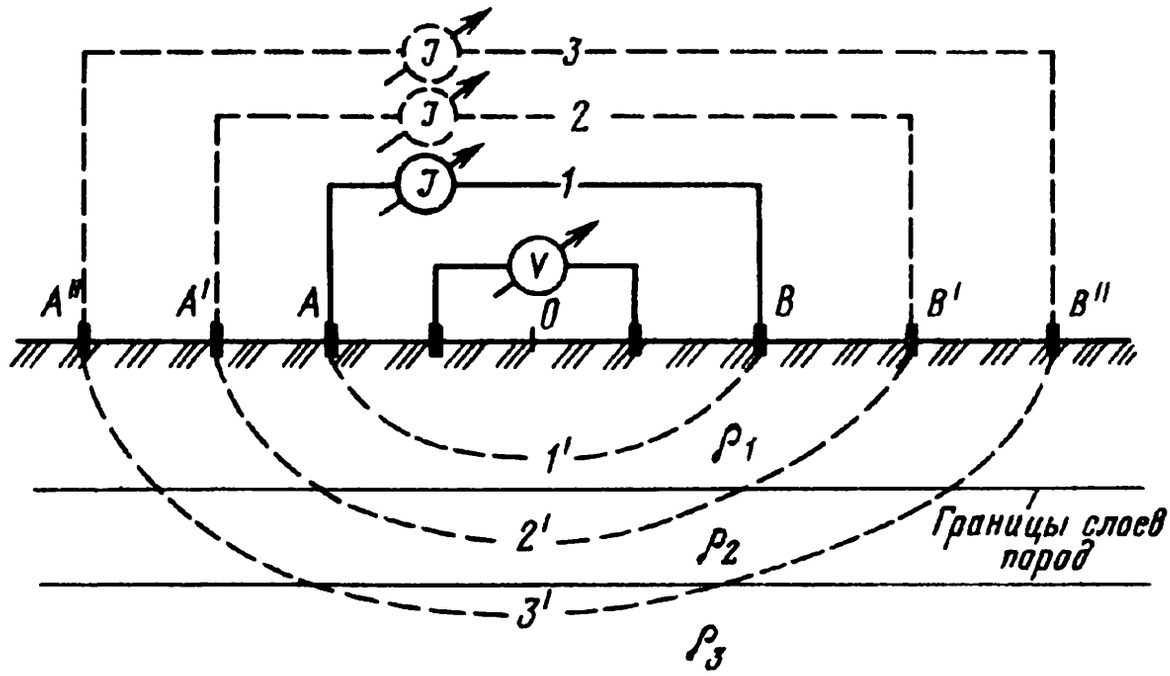


Рис. 42. Схема вертикального электрозондирования

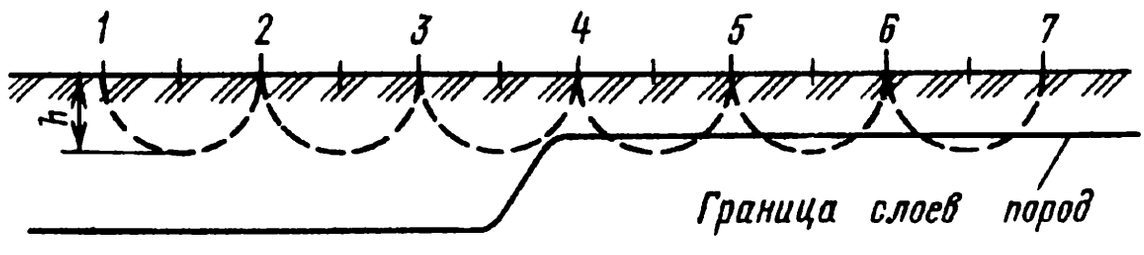


Рис. 43. Схема электропрофилирования

Для определения характера пород в буровых скважинах и их водоносности применяют электрический каротаж.

Метод магнитной съемки основан на измерении геомагнитного поля и его элементов, а также их производных на земной поверхности, в воздухе, в горных выработках. В магниторазведочных работах при помощи магнитометров измеряют относительные изменения напряженности магнитного поля и, в частности, величины изменения его вертикальной составляющей. Наземные магнитные съемки производят по маршрутам или профилям. Маршруты прокладывают по дорогам, просекам, тропам, рекам.

Широко используют при геофизических и геологических изысканиях на больших площадях аэромагнитные измерения.

В инженерно-геологических изысканиях применяют микромагнитную съемку по сеткам размером 10×10 или 50×50 м, расположенным на характерных участках или равномерно на изучаемой территории. В пределах каждой сетки измерения производят по квадратам со сторонами 5×5 м.

Гравиметрическую съемку при инженерных изысканиях применяют сравнительно редко. Эту съемку производят в сочетании с другими методами исследований; она основана на измерении силы тяжести гравиметрами. По гравиметрическим аномалиям возможно выявить структуру, местоположение пород с аномальными плотностями. Для самых ответственных инженерных сооружений, например, крупных ускорителей заряженных частиц, гравиметрическую съемку в процессе изысканий выполняют с целью изучения возможного влияния гравитационных сил на точность установки технологического оборудования.

В процессе изысканий используют радиоизотопные методы. Метод поглощения γ-излучения применяют для определения плотности грунтов. При исследованиях источник излучения и детектор закладывают в параллельных скважинах. Показания считывают по радиометру.

Влажность грунта можно определить методом нейтронного излучения. В основе метода лежит эффект замедления атомами водорода воды движения быстрых нейтронов, выпускаемых источником.

Термометрические методы находят применение при изучении физико-геологических процессов и явлений в районах многолетней мерзлоты. По данным термометрических наблюдений в скважинах и горных выработках устанавливают границы мерзлоты, прогнозируют термокарстовые процессы и т. д.

Наиболее достоверные данные о геологических условиях площадок дает применение комплекса геофизических методов в сочетании с инженерно-геологическими исследованиями.

5.7. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе изысканий для строительства сооружений, наряду с инженерно-геологическими исследованиями площадок, ведутся и инженерно-гидрогеологические исследования и съемка.

Гидрогеологическая съемка ведется для составления гидрогеологических карт, разрезов и описаний. Съемка ведется маршрутами или площадями. В ходе съемки на карту наносят и дают описание поверхностных водоемов, рек, родников, мочажин, таких искусственных выработок, как колодцы, шахты. На исследуемых площадках бурят специальные наблюдательные скважины.

Выбор конструкций наблюдательных гидрогеологических скважин зависит от литологического состава пород, мощности водоносных горизонтов, водопроницаемости водонасыщенных пород, глубины залегания и амплитуды колебания уровня грунтовых вод. В песчаных грунтах применяют конструкции с фильтрами на сальнике и на сплошной колонне труб. В глинистых грунтах используют устройство песчано-гравийной обсыпки на забое скважины, фильтры из керамических блоков и др. Фильтры должны обеспечивать быструю реакцию уровня воды в скважине на изменение уровня воды в грунте.

Если на площадке ведут наблюдения за двумя и более водоносными горизонтами, наблюдательная сеть включает в себя, так называемые, парные или тройные скважины, расположенные группами на расстояниях 2—4 м друг от друга. Фильтры этих скважин располагают в различных водоносных горизонтах.

Перед сдачей наблюдательных скважин в эксплуатацию выполняют их планово-высотную геодезическую привязку. Один раз в год или после каждого повреждения скважины высотную привязку повторяют.

Режимную сеть гидрогеологических наблюдений разбивают в виде сетки квадратов (например 250×250 м на застроенной или подлежащей застройке территории). За пределами застройки и на склонах речных долин режимную сеть разбивают по створам на всех геоморфологических элементах (пойме, террасах, коренном берегу, водоразделе). Расстояния между скважинами могут быть 25—300 м.

В случае предположения гидравлической связи подземных вод с поверхностными, по линии створов устанавливают гидрометрические посты для наблюдений за колебаниями горизонтов воды в реках, каналах, озерах, болотах и т. д. При заведомом отсутствии влияния рек на режим грунтовых вод, створы протягивают до ближайших оврагов, балок и других естественных понижений.

Режим подземных вод изучают путем регистрации изменения уровня, физических свойств, химического состава воды в скважинах, шурфах или колодцах, а также уровня воды в открытых водоемах, водотоках и расходов воды источников. Гидрогеологические наблюдения выполняют в течение года и более. Наиболее полную характеристику водоносного горизонта можно получить только из многолетних наблюдений.

На основании режимных наблюдений определяют гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, выясняют причины подъема уровней грунтовых вод, корректируют гидрогеологические прогнозы, устанавливают очередность выполнения и эффективность мероприятий по борьбе с подтоплением.

В условиях подтопления наблюдение за уровнем грунтовых вод в пе-

риод весеннего и осеннего паводков выполняют ежедневно, в остальное время — 1 раз в 10 дней. На других территориях сроки наблюдений устанавливают особо.

Замер уровня производят с точностью менее 1 см при помощи хлопушки (полого металлического стакана, опрокинутого вверх дном, и привязанного к измерительному тросу или рулетке), свистка или электроуровнемера.

Скорость подземного потока обычно измеряют, используя две и более скважин, расположенных на расстоянии 1—20 м друг от друга по направлению движения потока. В одну из скважин (верхнюю) пускают индикатор (краску или раствор хлористого натрия). В нижней скважине берут пробу, фиксируя момент, когда в скважине обнаружится максимальная концентрация индикатора. Зная время движения индикатора и расстояние между скважинами, можно вычислить скорость потока.

Высоту капиллярного поднятия грунтовой воды определяют путем непосредственного наблюдения за увлажнением породы выше уровня грунтовых вод в шурфах, канавах, расчистках и других выработках. Максимальную высоту и скорость капиллярного поднятия можно определить в лабораторных условиях путем непосредственного наблюдения за поднятием капиллярной воды в стеклянных трубках, заполненных породой, или в специальных приборах — капилляриметрах. Капиллярную влагоемкость породы (количество воды в капиллярной зоне) определяют путем специального изучения влажности образца.

Характеристиками физических свойств грунтовой воды являются температура, цвет, прозрачность, вкус, запах, электропроводность, радиоактивность. Температуру воды в скважинах, шурфах измеряют специальными инерционными («ленивыми») ртутными или электрическими термометрами. Остальные физические параметры определяют, в основном в лабораторных условиях.

Химический состав подземных вод целесообразно изучать совместно с изучением уровня и температуры. При неглубоком залегании грунтовых вод производить отбор проб из колодцев и шурфов не рекомендуется. В таких наблюдательных точках под влиянием колебаний температуры воздуха происходит сравнительно быстрое изменение температуры воды и ее химического состава. Рекомендуют брать пробы только из скважин. Химический состав воды важно знать при проектировании подземной части фундаментов. Вода может быть агрессивной к бетону и металлу. Агрессивная вода может разрушить фундамент, выщелачивая бетон, что ведет к образованию пустот и раковин. Зная химический состав воды, можно при проектировании предусмотреть соответствующую марку бетона, применить защитные покрытия и т. д. Химический состав воды определяют в лабораторных условиях.

В результате режимных стационарных наблюдений и гидрогеологической съемки составляют гидрогеологические карты различных видов, на которых показывают распространение водоносных горизонтов, четвертичных или коренных отложений, водоупорные породы, минерализацию подземных вод.

На базе топографических карт составляют карты гидроизогипс. На этих картах точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности грунтовых вод соединяют гидроизогипсами. Масштаб карт колеблется от 1 : 10 000 до 1 : 200 000 с высотой сечения 1—5 м. Карты изогипс, составленные по сезонам, дают хорошее представление о динамике подземных вод. По карте можно определить направление движения грунтовых вод, величину уклона, области питания и разгрузки грунтовых вод, глубину их залегания, связь грунтовых вод с поверхностными и т. д.

Для напорных подземных вод составляют карты изопьез. Изопьезы — это линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками пьезометрического уровня. В отличие от карт гидроизогипс, при построении карт изопьез можно пользоваться замерами уровней, которые производились в разное время, поскольку напорные воды характеризуются обычно относительно постоянным режимом. Карты изопьез составляют в масштабах 1 : 25 000—1 : 200 000.

Карта гидроизобат — это карта глубин залегания грунтовых вод. Гидроизобаты — линии равных глубин. Их строят по данным замеров глубин в скважинах. Нулевая гидроизобата совпадает с линией пересечения уровня грунтовых вод с дневной поверхностью в местах выхода родников, в болотах и т. д.

На гидрохимических картах показывают изменение минерализации, химических типов подземных вод, жесткости, агрессивности и т. д. Эти карты позволяют установить закономерность изменения химического состава и общей минерализации подземных вод в горизонтальном и вертикальном направлениях.

5.8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Состав и точность геодезических измерений зависит от вида инженерно-геологических работ и от этапа проектирования сооружения.

На начальном этапе изысканий и проектирования комплексно изучают значительный участок территории проектируемого строительства путем проведения инженерно-геологической съемки. Для ее проведения нужно иметь топографическую карту или план в масштабе, равном масштабу геологической съемки, или крупнее. Поэтому в этот период в состав геодезических работ входит сбор и систематизация топографических карт и планов, материалов аэрофотосъемки, а в случае их отсутствия — выполнение топографической съемки территории в требуемом масштабе. Метод выполнения такой съемки (стереотопографический, мензульный, комбинированный, тахеометрический и др.) зависит от размеров снимаемой территории, характера местности и экономических соображений.

На этапе выбора участка расположения проектируемого сооружения требуются топокарты 1 : 10 000 и мельче или аэрофотоснимки в масштабах 1 : 15 000—1 : 30 000, а на отдельные, например, оползневые участки — 1 : 5 000—1 : 10 000.

На выбранных строительных участках для геологической съемки обычно требуются топографические планы в масштабах 1 : 2000 или 1 : 5000. На выбранных участках месторождений строительных материалов необходимы топографические планы в масштабах: 1 : 2000 — для карьеров песков, гравия, суглинков; 1 : 500 или 1 : 1000 — для карьеров строительного камня.

На территориях вновь проектируемых заводов для инженерно-геологической съемки требуются топографические планы в масштабах 1 : 1000—1 : 2000, а на территориях расширения существующих заводов — 1 : 1000—1 : 500.

В процессе инженерно-геологической съемки производят геодезическую привязку объектов геологических наблюдений (выходы горных пород на поверхность; разведочные выработки: канавы, расчистки, шурфы, буровые скважины; карстовые воронки, не отраженные на планах, и т. д.).

Ошибки нанесения на карту или план обнажений, расчисток, линий технических нарушений не должны превосходить в плановом отношении 1 мм в масштабе карты или плана, а в высотном — 1/2 принятого сечения рельефа. Плановое и высотное положение точек геологических наблюдений, в зависимости от масштаба топографического плана и инженерно-геологической съемки, а также характера местности, определяют глазомерно относительно контуров местности или геодезических пунктов, полуинструментально — с применением простых геодезических приборов, инструментально — при помощи линейных и угловых засечек, путем проложения теодолитных, тахеометрических, нивелирных ходов.

На территориях заводского строительства обычно инженерно-геологическую съемку выполняют путем бурения скважин. В этом случае геодезическими способами с ошибкой 1—3 м в плане производят предварительную разбивку сетки скважин по предварительному проекту, а затем выполняют привязку фактически выполненных выработок.

На следующем этапе изыскательских работ, когда окончательно устанавливают места расположения отдельных сооружений объекта, производят детальные горно-буровые инженерно-геологические работы, данные которых необходимы для окончательного проектирования.

По заранее составленному техническому заданию, проекту (в отдельных случаях — при участии геолога) выполняют геодезическую разбивку положения горно-буровых выработок под фундаменты зданий, оси линейных сооружений, на геологических профилях и т. д. Разбивку выполняют путем промеров от капитальных зданий и сооружений на застроенной территории или с точек геодезического обоснования полярным способом, способом линейных и угловых засечек, створно-линейным способом, а также проложением теодолитных и тахеометрических ходов. Средняя квадратическая ошибка выноса в натуру горно-буровых выработок (скважин, шурфов и т. д.) должна обычно составлять 1—2 м в плане. Такая величина ошибки сравнительно легко достижима указанными геодезическими способами, и в то же время, она не влияет на точ-

ность геологических работ, так как на таких расстояниях геологическое строение грунтов и пород основания практически остается неизменным.

Вынесенные в натуру точки горно-буровых выработок закрепляют на местности кольями со сторожками, на которых указывают номер выработки. После выполнения горно-буровых выработок осуществляют планово-высотную их привязку геодезическими методами. Плановой привязке подлежат точки центров отверстий скважин, точки центров или углы шурфов и шахт. У расчисток и канав, имеющих протяженность более двух метров, привязке подлежат оба конца выработки. Средняя квадратическая ошибка плановой привязки выработок не должна превышать 1 м.

Обычно геометрическим и тригонометрическим нивелированием определяют отметку земли около устья выработки со средней квадратической ошибкой около 5 см относительно ближайших реперов высотной основы.

Для установления глубины заложения фундаментов, проектирования подвальных помещений зданий очень важно иметь достоверную гидрогеологическую картину площадки. В этом случае для длительного наблюдения за уровнем и режимом грунтовых вод в скважинах после бурения оставляют обсадные трубы. Отметки верхов этих труб, от которых производят измерение уровней грунтовых вод, должны быть определены со средней квадратической ошибкой 1—2 см относительно ближайших реперов Такая точность обеспечивает возможность изображения на карте гидроизогипс и вычисление уклонов горизонтов подземных вод. Выбор класса нивелирования для достижения этой точности зависит от конкретных условий площадки, удаленности исходных реперов и т. д.

По результатам геодезических привязок составляют и передают геологам каталог координат и высот горно-буровых выработок.

5.9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАЗВЕДКАХ

Топографо-геодезические работы по обеспечению геологоразведочных и геофизических работ выполняют организации МИНГЕО СССР.

Целью этих работ является создание топографических планов и карт, являющихся основой для составления геологических и других специальных карт, а также перенесение в натуру и определение фактического положения в плане и по высоте объектов геологоразведочных и геофизических наблюдений.

Объемы геодезических работ при наземных геолого-геофизических съемках очень велики. Например, общая протяженность высотно-теодолитных ходов, прокладываемых ежегодно организациями МИНГЕО СССР, составляет более 1 млн. км, а визирок при их прокладке ежегодно прорубается около 200 тыс. км.

Развитие геодезических сетей сгущения, создание геодезического съемочного обоснования, топографические съемки в масштабах 1 : 10 000 и крупнее, составление топографических основ отчетных геологических

и других карт выполняют в соответствии с требованиями общеобязательных нормативных документов ГУГК.

Топографическую основу отчетных геологических и специальных карт нужно создавать в том же масштабе или крупнее. Оформление топографической основы должно соответствовать требованиям инструкции [21].

Точность перенесения в натуру проектного положения объектов геологических наблюдений (скважин, горных выработок, расчисток и т. д.) обосновывается в техническом задании или проекте. В зависимости от требований точности вынос осуществляют визуально, полуинструментально или инструментально от твердых контуров местности, используя топографические или аэрофотосъемочные материалы, инструментально — от пунктов планово-высотного геодезического обоснования.

Требования к точности определения (привязки) планового и высотного положения исполненных объектов геологических наблюдений относительно исходных пунктов приведены в табл. 18, где в скобках указаны ошибки определений в пустынных, залесенных и горных районах.

В плановом отношении объекты гидрогеологических наблюдений привязывают согласно требованиям табл. 18, в высотном — со средней квадратической ошибкой, равной 0,5 принятого сечения гидроизогипс отчетной карты, но не более удвоенных значений, приведенных в табл. 19.

Особые требования установлены для определения планового и высотного положения устьев скважин при поиске и разведке нефтяных и газовых месторождений (табл. 19).

Для достижения указанных в табл. 18 и 19 точностей, в зависимости от конкретной местности, масштабов имеющихся топографических карт и густоты геодезического обоснования, разрабатывают проекты геодезических работ.

Следует отметить, что большинство привязок может быть осуществлено простыми геодезическими способами от контуров местности или пунктов геодезического обоснования (способами засечек, полярным,

Таблица 18

Геологоразведочные работы	Средняя квадратическая ошибка определения положения объектов, м	
	в плане	по высоте
Геологическая съемка, глубинное геологическое картирование, общие поиски с составлением отчетных карт масштабов		
1:100 000 и мельче	80	10
1:50 000	40	5
1:25 000	20	2
Детальные поиски и предварительная разведка с составлением отчетных карт масштаба 1:10 000	5	1
Предварительная и детальная разведка с составлением отчетных карт масштаба 1:5000 и крупнее	2	0,5

Таблица 19

Вид скважины	Предельная ошибка, м		
	перенесения проекта в натуру	определения в плане	определения по высоте
Одиночные опорные и параметрические скважины	150	100	5,0
Структурные и поисковые скважины на площадях и профилях	50	30	1,0
Разведочные скважины	25	12	0,5
Эксплуатационные скважины	10	4	0,3
Скважины на акваториях	20	10	0,5

проложением теодолитных и тахеометрических ходов, ходов барометрического, гидромеханического и тригонометрического нивелирования).

В последние годы в геологических исследованиях используется космическая съемка с применением разных методов дистанционного зондирования. Материалы космической съемки используют для составления обзорных геологических карт, при прогнозировании и общих поисках различных видов полезных ископаемых. Особенно эффективно применение дистанционного зондирования для обнаружения трудновыявляемых месторождений и выявления скрытых и погребенных структур.

Требования к точности выноса в натуру и определения фактических координат точек наблюдений при гравиметрических, сейсмических, электроразведочных и магнитометрических съемках несколько различаются, поэтому рассмотрим их раздельно.

Геодезическое обеспечение гравиметрической съемки. Основной задачей геодезических работ при гравиметрической съемке является разбивка точек стояния приборов и определение их координат и отметок относительно исходных пунктов с ошибками, приведенными в табл. 20.

Обычно точки наблюдений располагают по профилям, равномерно покрывающим территорию, подлежащую гравиметрической съемке. Положение профилей задается непосредственно в поле геофизиком или показывается по топографической карте. Для выноса профилей в натуру создают сеть теодолитных ходов $z_1 — z_5$ (рис. 44). Параметры ходов зависят от масштабов отчетных документов (табл. 21).

Конечные поворотные точки A профилей (рис. 44) привязывают к соответствующим точкам теодолитных ходов. Магистральные теодолитные ходы можно прокладывать по некоторым профильным линиям. Расстояния между профилями зависят от масштабов съемки и составляют 250 м и более. Решение профильных линий по заданному направлению выполняют глазомерно по буссоли или теодолитом. Углы поворота профилей (если они имеются) измеряют теодолитом одним приемом. По оси профиля разбивают пикеты через 50—100 м и более, в зависимости от детальности съемки. Профильные линии должны удовлетворять требова-

Таблица 20

Масштаб отчетной гравиметрической карты	Сечение, мГл		Средняя квадратическая ошибка положения точек наблюдений, м			
			в плане		по высоте	
	Равнина	Горные районы	Равнина	Горные районы	Равнина	Горные районы
1:1 000 000	5	5	200	—	5,0	—
1:200 000	2	2	100	100	2,5	3,0
1:100 000	1	1	80	100	1,2	1,8
1:50 000	0,5	1,0	40	50	0,7	1,6
	0,25	0,5	—	—	0,35	0,9
1:25 000	0,25	0,5	20	25	0,35	0,9
	0,20	0,25	—	—	0,25	0,45
1:10 000	0,20	0,50	4	5	0,20	0,25
	0,10	0,20	—	—	0,10	—
1:5 000	0,10	0,10	2	—	0,10	0,12
	0,05	—	—	—	0,05	—

Таблица 21

Показатель теодолитного хода	Масштаб отчетной карты		
	1:50 000, 1:25 000	1:10 000	1:5 000 и крупнее
Точность хода	1:500	1:500—1:1 000	1:1 000—1:2 000
Длина хода, км:			
между твердыми пунктами	20	5—10	5—10
между узловыми точками	15	3—8	3—8
Длина линий, м	40—500	20—500	20—500

ниям табл. 22. Интервалы между пикетами измеряют нитяным дальномером, мерной лентой, рулеткой или мерным шнуром (тросом) в одном направлении. При разбивке пикетов ведут пикетажный журнал. В нем отмечают точки поворота и излома профиля, пересечения с ранее проложенными профилями, с дорогами, реками, просеками и т. д.

Отметки точек наблюдений определяют в зависимости от требуемой точности (см. табл. 21) путем проложения ходов барометрического, гидромеханического, технического нивелирования.

Геодезическое обеспечение сейсмической и электроразведки. Инструкцией [21] установлено, что средняя квадратическая ошибка привязки пунктов наблюдения (точек взрыва и сейсмоприемников) в плановом отношении должна быть 0,8 мм в масштабе отчетной карты, а по высоте — 2—5 м.

Требования к точности определения точек электроразведочных наблюдений относительно исходных геодезических пунктов приведены в табл. 23.

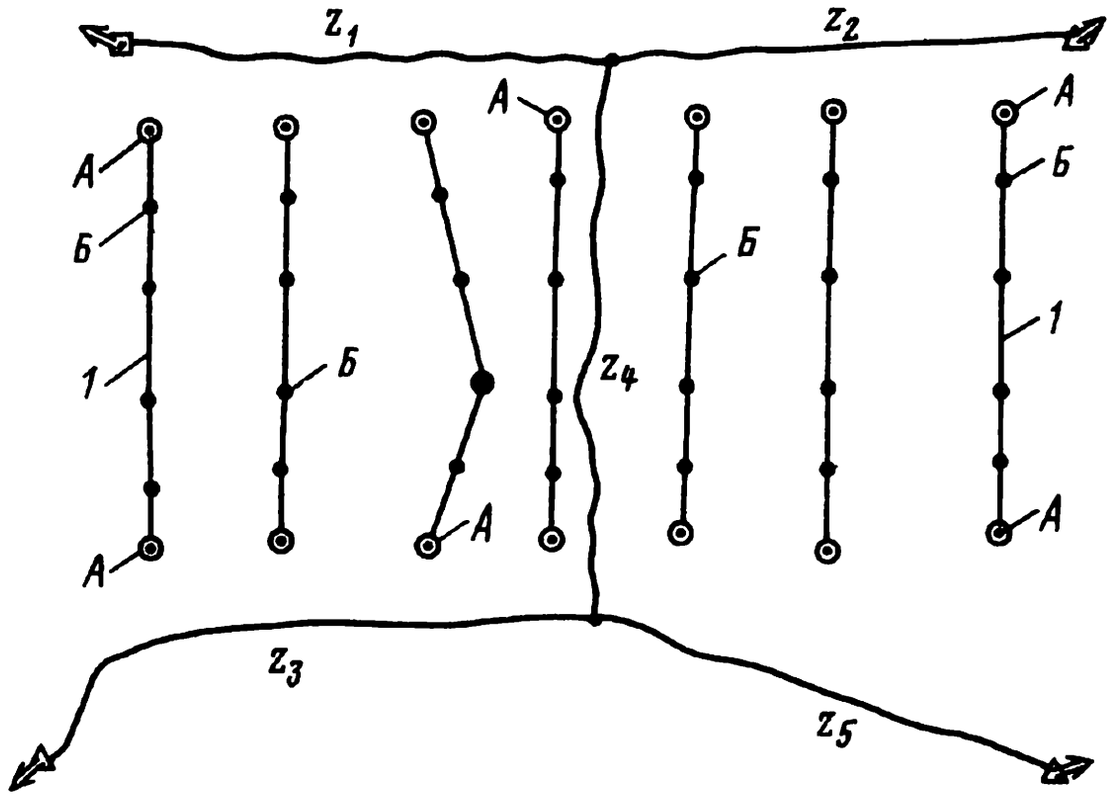


Рис. 44. Схема профилей гравиметрической съемки

Таблица 22

Показатель	Масштаб отчетной карты			
	1:50 000	1:25 000	1:10 000	1:5 000 и крупнее
Точность линейных измерений	1:300	1:300	1:300	1:500
Ошибка вешения, угл. мин.	10	10	4	2
Допустимые длины профилей, км				
между геодезическими пунктами сгущения	10	7	4	2
между точками съемочного обоснования	7	5	3	1,5
между контурными точками, опознанными на карте	3	2	—	—

Методика разбивки профильных линий аналогична описанной выше.

Геодезическое обеспечение магниторазведки. Геодезическую привязку наземных точек магнитной съемки (точек установки магнитометров) осуществляют простыми методами, как правило, только в плановом отношении. Высоты точек магнитной разведки определяют лишь по специальному заданию.

Маршрутную магнитную съемку выполняют по дорогам, берегам рек, просекам и т. д. При наличии карты или аэрофотоснимков привязку точек по маршруту производят к ближайшим четко опознаваемым кон-

Таблица 23

Метод электроразведочных работ	Масштаб отчетной карты	Средние квадратические ошибки определения положения пунктов наблюдений, м		
		в плане		по высоте
		Равнина	Горные районы	
Естественного поля вызванной поляризации, электропрофилирования и др.	1:5 000	4	5	5
	1:10 000	8	10	5
	1:25 000	20	25	10
	1:50 000	40	50	10
Теллурических токов и др. *	1:50 000	40	50	1/50 от глубины опорного горизонта, но не более 1,5 м
	1:100 000	80	100	
	1:200 000	160	200	

* Для методов становления электромагнитного поля и вертикального, дипольного, частотного, электромагнитного зондирования численные показатели те же, что и для метода теллурических токов — за исключением средней квадратической ошибки в электромагнитном зондировании, величина которой определяется проектом.

турам. Ошибка привязки не должна превышать 1—2 мм на отчетной карте. На местности, бедной контурами, при выполнении маршрута магнитной съемки можно прокладывать между геодезическими пунктами или надежно опознаваемыми четкими контурами или предметами местности буссольный ход, в котором расстояния измеряют с точностью порядка 1 : 50 шагами или по спидометру транспортного средства.

При площадной магнитной съемке маршруты прокладывают по створам, равномерно покрывающим всю территорию. Створы располагают примерно параллельно. Привязку створов и точек магнитной съемки на них также производят инструментально или полуинструментально к ближайшим геодезическим пунктам или при наличии хороших топографических карт (аэрофотоснимков) к твердым контурам. Могут быть выполнены контрольные промеры между смежными точками разных створов преимущественно в их серединах.

Для плановой привязки точек магнитной съемки на отдельных маршрутах и створах с успехом могут быть использованы топопривязчики.

При детальной микромагнитной съемке сетки квадратов (5×5 м) могут быть разбросаны по исследуемой территории участками размером 100 или 2500 м^2. Разметка сетки квадратов осуществляется при помощи теодолита, эккера, рулетки или ленты. Каждую сетку квадратов привязывают при помощи геодезических построений (теодолитными ходами, линейными, угловыми засечками и т. д.) к пунктам геодезического планового обоснования.

При аэромагнитной съемке проложение маршрута самолета контролируют по ориентирным контурам и предметам местности на аэрофотоснимках и топографических картах. Положение самолета можно опре-

делять угловыми засечками (теодолитами) с пунктов геодезического обоснования методом хотя и простым, но трудоемким, и требующим постоянного напряжения исполнителей даже при применении кодовых теодолитов и современных портативных вычислительных средств.

Определение координат самолета обычными геодезическими способами и проложение курса встречают большие трудности или оказываются невозможными, например, в случаях проведения аэромагнитной съемки в безориентирной местности, или при детальных съемках на небольших высотах полета, когда невозможно использовать материалы аэрофотосъемки, а также на территории с разреженной опорной геодезической сетью, сгущение которой обычными геодезическими способами требует больших затрат средств и времени. В этом случае применяют радиогеодезические методы привязки — радиогеодезические (РГС) и радионавигационные (РНС) системы.

Помимо определения плановых координат радиогеодезический метод позволяет осуществить:

вывод самолета с геодезической аппаратурой в заданную точку;

вождение самолета по заданным маршрутам.

Радиогеодезические системы, как средство плановой привязки аэромаршрутов, обладают рядом ценных качеств, которые делают их незаменимыми при выполнении съемки: относительно высокая точность, непрерывность измерений, техническая простота получения координат, значительная экономическая эффективность. Радиогеодезические системы являются перспективными по меньшей мере на ближайшие 15—20 лет, т. е. необходимо дальнейшее совершенствование аппаратуры и методики использования систем.

Выбор РГС диктуется в основном необходимой точностью получения планового положения летательного аппарата. РГС, в зависимости от их назначения, типа и методики использования позволяют определять плановое положение летательного аппарата с точностью от 2—3 до нескольких сотен метров. Таким образом, в зависимости от требуемой точности производят выбор РГС и методики ее использования.

Радиогеодезическая система представляет собой комплекс радиотехнических устройств, устанавливаемых на пунктах с известными координатами (наземные радиостанции) и на подвижном объекте (бортовая аппаратура), координаты которого определяют с требуемой точностью по результатам радиогеодезических измерений.

РГС классифицируют на импульсные, фазовые и импульсно-фазовые. Импульсные РГС используют для непосредственного измерения расстояний по времени прохождения импульсов радиоволн в прямом и обратном направлениях вдоль измеряемой линии. При использовании фазовых РГС производят измерения фаз принимаемых радиоволн. Импульсно-фазовые РГС основаны на измерении как временных, так и фазовых соотношений электромагнитного поля.

По геометрическому типу, т. е. в зависимости от измеряемых величин, РГС подразделяют на круговые, гиперболические, эллиптические и различные их сочетания.

В круговых системах измеряемыми величинами являются расстояния (радиодальномер) и приращения расстояний (радиолаг), в гиперболических системах — разности расстояний и приращения разностей расстояний (для фазовых РГС — фазовый зонд), в эллиптических системах — суммы расстояний и приращения сумм расстояний. Наиболее распространенными являются круговые и гиперболические системы.

Одной из наиболее современных среди имеющихся в СССР РГС является РДС (радиодальномер самолетный). По массе, габаритам, точности, эксплуатационным данным эта аппаратура не уступает лучшим зарубежным образцам.

РДС является высокоточной фазовой радиодальномерной системой, предназначенной для радиогеодезических определений с самолета. Наземные станции устанавливают на пунктах с известными координатами. Положение самолета определяется методом линейной засечки по двум или трем измеренным расстояниям (рис. 45).

При геофизических съемках для определения текущих координат самолета и его направленного вождения по маршрутам используют фазовые РДС «Поиск». Работа таких систем осуществляется на частотах диапазона 1,5—2,2 Мгц. Дальность их действия составляет в среднем 100 км. Площадь съемочных работ, которая может быть обеспечена радиогеодезической привязкой при одной расстановке наземных радиостанций, составляет в среднем 10 000 км^2. На практике такие параметры системы часто являются недостаточными, особенно при проведении съемок в районах с плохой проводимостью почвы, где дальность действия системы, по сравнению с дальностью действия в обычных условиях, сокращается до 50 км. Это вызывает необходимость последовательных перестановок наземных радиостанций, что связано порой с большими организационными трудностями и удорожанием работ.

В комплект системы «Поиск» входят три базисные РС-1, РС-2, РС-3, одна ретрансляционная РС-4 и бортовая приемно-измерительная аппаратура, рассчитанная на возможность одновременной работы трех подвижных объектов. Для повышения точности самолетовождения в системе «Поиск» используется автоматический курсопрокладчик.

На этапе проектирования определяют схему расстановки наземных станций РГС. При использовании гиперболической РГС возможны различные схемы расстановки станций: «крест», «веер», «звезда» (рис. 46).

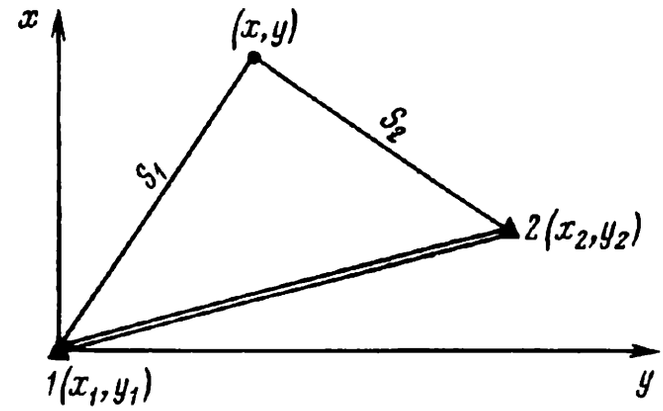


Рис. 45. Схема линейной засечки самолета

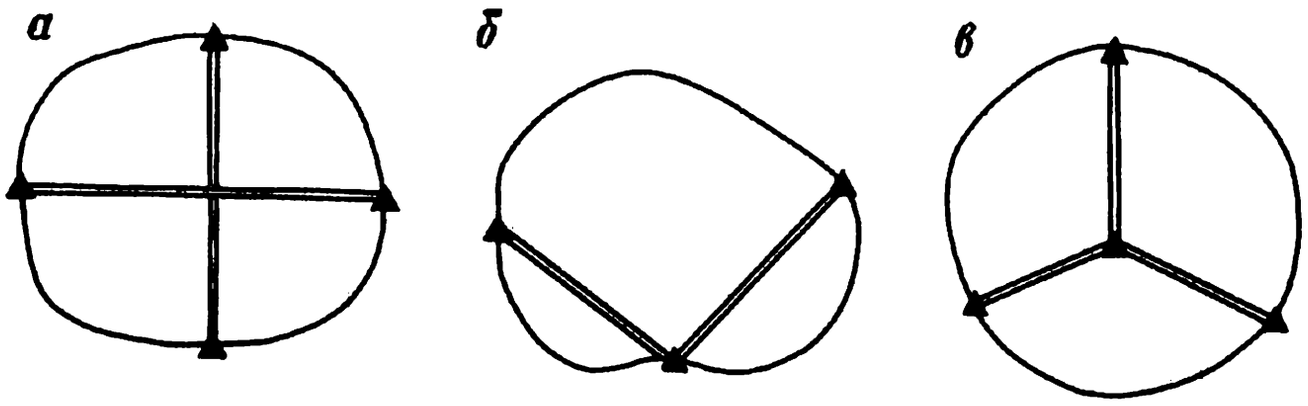


Рис. 46. Схема расположения наземных станций гиперболической РГС:
а — крест; *б* — веер; *в* — звезда

При расстановках станций по схемам «крест» и «звезда» требуется дополнительная станция. При расстановке по схеме «веер» центральная станция является совмещенной для *1* и *2* каналов измерений, поэтому схема «веер» является наиболее оптимальной и употребительной расстановкой наземных станций.

Для облегчения геодезической привязки наземных станций их, по возможности, располагают вблизи опорных геодезических пунктов. Одним из основных условий является требование расположения наземных радиостанций таким образом, чтобы участок съемки находился в рабочей зоне РГС как по дальности действия (S_{min} и S_{max}), так и по точности определения координат точек. В табл. 24 представлены технические данные некоторых радиотехнических систем.

Таблица 24

РГС (страна-изготовитель)	Дальность действия, км	Точность измерения, м
Лоран С (США)	2 500	50—200
Мир (СССР)	80	5—10
РДС (СССР)	50	3—5
Поиск (СССР)	400	10—50
Изумруд (СССР)	250	1+1 мм/км

Использование РГС дает возможность не только фиксировать точки фактически проложенных маршрутов, но и осуществлять с высокой точностью вождение самолета по заданным маршрутам: линиям положения РГС — окружностям или гиперболам, или с помощью радиогеодезического автоматического курсопрокладчика. Радиогеодезический курсопрокладчик обеспечивает возможность точного вождения самолета по маршрутам любой формы. Вождение самолета с помощью курсопрокладчика осуществляется путем графической записи прокладываемого маршрута по изображению проектного маршрута на той же карте, на которой велась эта запись.

Масштаб магнитной съемки и отчетной карты определяются требованиями, указанными в техническом проекте на проведение геофизи-

ческих работ. Требования, предъявляемые к точности привязки маршрутов аэрогеофизических съемок, представлены в табл. 25.

Таблица 25

Масштаб съемки	Расстояние между маршрутами, м	Ошибка определения плановых координат (предельная), м	Отклонение линии полета от проектной (предельное), м
1:100 000	1 000	100—200	200—400
1:50 000	500	50	100
1:25 000	250	25	50

Допустимую протяженность маршрутов устанавливают расчетным путем, но она не должна быть более 50 км.

Особо актуальной проблемой становится автоматизированное получение точной навигационно-геодезической информации при проложении равномерной сети с прямолинейными маршрутами через 100—200 м на высоте полета 25—100 м. Так как штатные бортовые навигационные средства не обеспечивают надлежащей точности, в СНИИГГИМС разработана автоматизированная радиогеодезическая система (АРГС) для обеспечения аэрогеофизических съемок масштабов 1 : 10 000 и 1 : 25 000.

Система работает в дециметровом диапазоне радиоволн и состоит из одной автоматизированной трехканальной подвижной станции с бортовой микроЭВМ и трех наземных базисных станций, телеуправляемых с борта носителя.

АРГС обеспечивает определение на борту самолета или вертолета текущих прямоугольных координат точек местоположения, выдачу значений бокового уклонения пройденного пути от заданной прямой линии полета, оценку точности координат и т. д. Информация передается на индикаторы летно-съемочному экипажу для проложения системы параллельных прямолинейных маршрутов заданного направления. Рабочая площадь системы составляет 4 000 км^2 для одной расстановки наземных станций. При исчезновении ответных сигналов наземных станций в зонах тени бортовая станция работает в режиме экстраполяции. Предусмотрена возможность распечатки навигационно-геодезической информации на цифропечатающем устройстве.

Для определения плановых координат и отметок объектов геологических и геофизических наблюдений часто используют сравнительно редкие в обычной геодезической практике методы и приборы.

Использование барометрического нивелирования. Метод барометрического нивелирования нашел широкое применение в практике проведения геодезических работ в геофизических и геологических объединениях, благодаря своей мобильности и удовлетворительной точности. Разность высот двух точек на местности, по измеренным давлениям P_1 и P_2, можно определить,используя полную барометрическую формулу [47, 48]:

производства работ могут обеспечить ошибку измерения высоты точек 0,2 м.

Из зарубежных приборов наиболее известны микробарометр Св-5 фирмы «Аскания» (ФРГ), прецизионный барометр-анероид «Паулин» (США), микробарометр фирмы «Техас Инст.» (США). Последний прибор является наиболее точным из зарубежных барометров, его чувствительность 0,003 мбар, а точность измерения высоты точки — 0,3 м.

Фирмой «Хьюлетт — Паккард» (США) также разработан прибор, выполненный на основе чувствительного элемента пьезорезонансного датчика.

Существует несколько способов производства барометрического нивелирования, из которых основные следующие [35, 41]:

1) способ ходов с опорой на одну временную барометрическую станцию (ВБС); с опорой на две ВБС; замкнутых полигонов с опорой на одну ВБС (способ петли); без ВБС; 2) способ нескольких опорных станций (опорных треугольников); 3) натуральных барических коэффициентов; 4) передвижной станции; 5) скачущей станции; 6) способ створа; 7) синхронизированных рейсов без ВБС при одновременном измерении давления, температуры и влажности воздуха на двух соседних точках хода; 8) независимых треугольников; 9) повторных наблюдений; 10) барометрического нивелирования с одновременным вертикальным зондированием атмосферы; 11) одинарного барического базиса; 12) двойного барического базиса; 13) способ пространственного треугольника. Наиболее употребительными способами являются три первые, они и рекомендованы инструкцией [21].

ВБС следует располагать на открытых местах с плавными формами рельефа. Не следует располагать их на остроконечных вершинах, в глубоких и узких долинах, на бровках обрывов.

На барометрических станциях и определяемых точках измеряют температуру воздуха с ошибкой 0,5 °С на высоте 2,0 м над поверхностью земли и атмосферное давление с точностью, указанной в табл. 26.

Сверку станционных и рейсовых приборов между собой выполняют в начале и в конце рейса.

Таблица 26

Средняя квадратическая ошибка определения высоты, м	Средняя квадратическая ошибка измерения изменений атмосферного давления, мПа		Интервалы времени между измерениями атмосферного давления и температуры воздуха на барометрических станциях, мин	
	на определяемых точках	на барометрических станциях	Равнина	Горные районы
0,35	0,015	1,0	10	10
0,5	0,020	1,5	10	10
1,0	0,05	3,0	15	10
2,5	0,15	5,0	20	15
5,0	0,30	10,0	30	20

Оценку точности результатов нивелирования выполняют по результатам расхождений значений высот, полученных на точках с известными твердыми отметками, или по разностям двойных измерений.

Во ВНИИГеофизике разработаны три варианта барометрических систем с использованием одной (Бар-1), двух (Бар-2) и трех ВБС (Бар-3). В качестве преобразователей давления используются струнные датчики, имеющие чувствительность ~0,3 Па. Синхронное измерение давления на разнесенных пунктах осуществляется при помощи радиосвязи. Система Бар-1 эффективна в пределах удаленности от ВБС до 5 км и на маршрутах продолжительностью до 4 ч. Точность ее работы характеризуется средней квадратической ошибкой 20—35 см на удалениях до 3—5 км и 0,8—1,0 м на удаления до 20 км. Система Бар-2 позволяет определять значение коэффициента натуральной бароступени в каждом определяемом пункте и проводить автоматизированное вычисление их высотного положения. При превышениях до 40—60 м и удаленности от ВБС до 20 км средняя квадратическая ошибка измерения высот составляет 30—45 см. Система Бар-3 позволяет учесть нелинейность изменения с высотой величины коэффициента натуральной бароступени и расширить интервал высотных измерений до 1,5—2 км. На базе системы Бар-3 и радиогеодезического метода плановой привязки во ВНИИГеофизике разработана трехкоординатная радиотехническая система для геодезического обеспечения наземных геофизических съемок. Система обеспечивает безвизуальное определение координат геофизических точек в залесенной и труднодоступной местности. Технической основой системы является фазовая радиогеодезическая система диапазона частот 2,0—2,2 мГц, состоящая из трех радиопередающих станций, укомплектованных струнными датчиками давления, блоками преобразования частот датчиков в цифровой код и накопителями барометрической информации.

Измерительная часть трехкоординатной системы выполнена в виде двух переносных блоков: радиогеодезического и барометрического. Масса каждого из блоков составляет 8—9 кг, расход энергии — 2 Вт на каждый блок (используются батареи 12 В). При геодезических измерениях с транспортных средств в комплект измерительной станции вводится цифровой фазометр и вычислитель координат X, Y и высоты H.

Средняя квадратическая ошибка определения плановых координат составляет 6 м, высот — 20—45 см. Площадь съемки одной расстановкой — 200—500 км^2.

Использование гидромеханического нивелирования. Гидромеханические нивелиры широко используют при геодезическом обеспечении геофизических и геологических разведочных работ.

Гидромеханическое нивелирование основано на законах гидростатики и состоит в определении превышения как функции избыточного давления (или разрежения), создаваемого в измерительной системе столбом жидкости, и регистрируемого датчиком давления (манометром или мановакуумметром).

Простейший гидромеханический нивелир состоит из датчика давления и компенсационной камеры, соединенных между собой шлангом

с жидкостью, и устанавливаемых соответственно на разных точках измеряемого превышения.

Гидромеханическое нивелирование имеет сравнительно большой диапазон измеряемых превышений (до нескольких метров). Нивелирование можно выполнять по двум схемам: компенсатор (рис. 47, *а*) или датчик давления (рис. 47, *б*) впереди. Если датчик давления расположен ниже компенсатора, то измеряют избыточное (манометрическое) давление, если выше компенсатора, то измеряют вакуумметрическое давление.

Гидромеханические нивелиры разделяют на односторонние и двусторонние. Односторонние имеют один датчик давления. Некоторые конструкции одностороннего нивелира имеют две компенсационные камеры. Датчик давления соединен с ними шлангами и расположен между этими камерами. Двусторонние нивелиры имеют датчики давления на обоих концах нивелирного устройства.

В настоящее время в СССР выпускают малой серией односторонний гидромеханический нивелир ГСН-И и двусторонний ГСН-Д1.

Нивелир ГСН-И, выпускаемый Сибирским НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, имеет диапазон измерения превышений с одной установки, в зависимости от модификации прибора, ± 16 м. Средняя квадратическая ошибка измерения единичных превышений до 6 м составляет 2,5 см, до 10 м — 3,0 см, до 16 м — 4,5 см при диапазоне рабочих температур -10 — $+50$ °С.

Нивелир ГСН-Д1 имеет диапазон измерения превышений с одной установки, в зависимости от модификации прибора, ± 10, ± 16 и ± 25 м. Средняя квадратическая ошибка единичного превышения различной величины с одной установки до 10 м составляет 3,0 см, до 16 м — 4,5 см, до 25 м — 7,5 см при диапазоне рабочих температур -10 — $+50$ °С.

В Финляндии выпускают электронный нивелир RRKP-20, состоящий из электронного блока, измерительного преобразователя давления, соединенного эластичным шлангом, заполненным жидкостью, с резервуаром. Диапазон измерения превышения этим прибором с одной установки $-7 \div +20$ м. Ошибка измерения превышения на станции составляет 1% от величины самого превышения при диапазоне рабочих температур -25— $+40$ °С.

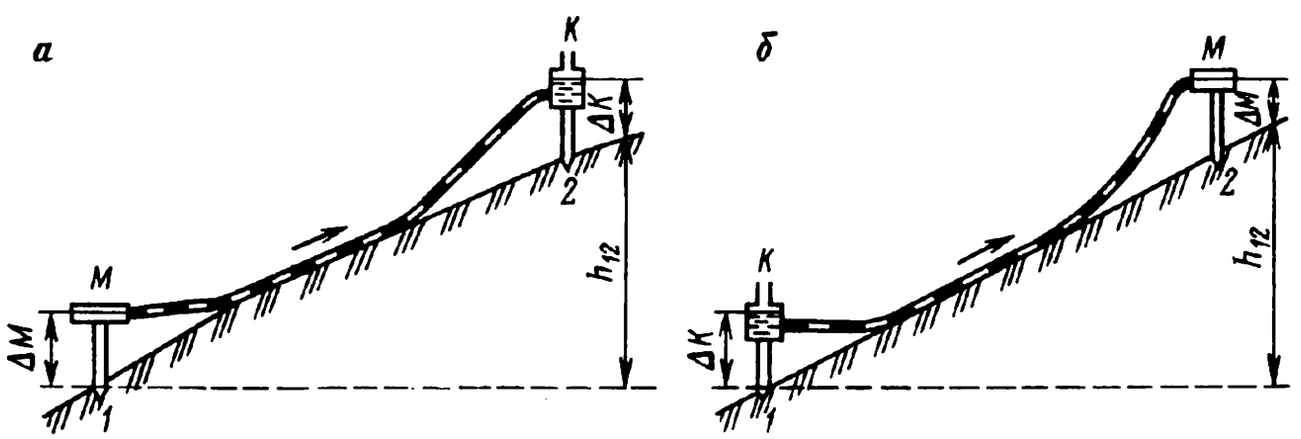


Рис. 47. Схемы гидромеханического нивелирования, впереди:
а — компенсатор; *б* — датчик давления

Ходы или системы ходов, прокладываемые гидромеханическими нивелирами, должны опираться не менее чем на два исходных пункта. В отдельных случаях допускают проложение замкнутых ходов, опирающихся на один исходный пункт.

Эталонирование приборов проводят перед началом и после окончания работ, после ремонта и профилактики приборов. Эталонирование приборов заключается в определении шкаловых поправок и выполняется на вертикальном базисе по точкам, высоты которых определены из прямого и обратного ходов технического нивелирования. Точки должны быть расположены по вертикали через каждые 0,5 м для первой четверти и через 0,1 м — для остальной части шкалы прибора. Эталонированию подлежит весь диапазон работы прибора.

При выполнении полевых измерений шаговым методом шланг должен свободно лежать на земле без перегибов и узлов. При переходе с точки на точку необходимо перекрывать кран. На каждой точке осуществляют контроль измерения путем поднятия прибора на эталонную высоту не менее 0,85 м.

Превышение на станции вычисляют по формуле $h = h_{шк} + \delta h_{шк}$, где $h_{шк}$ — отсчет, снятый со шкалы прибора, м; $\delta h_{шк}$ — шкаловая поправка. Допустимую невязку хода вычисляют по формуле $f_{доп} = 3m\sqrt{n}$, где m — паспортная величина средней квадратической ошибки измерения единичного превышения; n — число превышений в рейсе.

Гидромеханическое нивелирование значительно превосходит метод геометрического и даже тригонометрического нивелирования по производительности труда, особенно в залесенных районах.

Высокоэффективно использование моторизованного гидромеханического нивелирования и, в частности, в сочетании с топопривязчиком. В этом случае датчик давления устанавливается на автомашине. Компенсационная камера обтекаемой формы соединена тросом с автомашиной и шлангом — с датчиком давления. Нивелирование производят шаговым способом. Длина шага равна длине троса. При переезде автомашины с точки на точку компенсационная камера волочится за ней на тросе. Режим движения автомашины контролируют по датчику пути. Установка компенсационной камеры на определяемых точках происходит без присутствия человека. На местности со спокойным рельефом ошибки, обусловленные неточной установкой автомашины для проведения нивелирования, оказывают небольшое влияние. Автоматизированная гидромеханическая система с использованием автотранспорта позволяет повысить производительность нивелирования до 25—30 км в день, обеспечивая среднюю квадратическую ошибку определения высот точек 0,1—0,15 м при длине хода 5 км.

Использование тригонометрического нивелирования. Метод давно и широко известен, хорошо освещен в технической литературе. Он заключается в определении превышения между двумя точками путем измерения расстояний между ними и угла наклона визирной оси или зенитного расстояния наблюдаемой точки и бывает трех типов: одностороннее нивелирование, при котором измеряют угол или

зенитное расстояние в одной лишь точке; двустороннее, когда такие измерения делают на обеих точках; нивелирование из середины. При геодезическом обеспечении геологических и геофизических разведок используют преимущественно два первых типа нивелирования.

Тригонометрическое нивелирование экономичнее в 2—3 раза геометрического нивелирования, и его используют взамен последнего при определении отметок прямолинейных профильных геофизических линий. Вертикальные углы измеряют теодолитами не менее 30-секундной точности одним приемом при двух положениях вертикального круга. Колебания значений места нуля (МО) и вертикальных углов на станции не должны превышать 1′. Высоты визирной цели и теодолита измеряют с ошибкой 1 см.

Для определения плановых координат и отметок труднодоступных геофизических точек используют подвижные визирные цели (ПВЦ) в виде шаропилотных оболочек диаметром 50, 100, 150 см, наполненных гелием и устанавливаемых на определенных точках. Плановые координаты точки определяют путем прямой угловой засечки ПВЦ с исходных пунктов. Высоту ПВЦ определяют из тригонометрического нивелирования. Отметку искомой точки получают с учетом высоты поднятия ПВЦ. Эту высоту определяют при помощи одностороннего гидромеханического нивелира ГСН-И с диапазоном измерения 25 м, компенсационная камера которого установлена на ПВЦ, а датчик давления — на искомой точке. Этот способ позволяет определять отметки точек, удаленных от исходных пунктов до 5 км с ошибкой 20 см.

Особую эффективность тригонометрического нивелирования обеспечивает применение современных электронных тахеометров.

Использование топопривязчиков. Топопривязчик представляет собой комплекс навигационно-геодезической аппаратуры, включающий датчик пути, курсовое устройство и курсопрокладчик. Он обеспечивает автоматическое непрерывное решение прямой геодезической задачи по формулам:

$$\Delta x_i = \sum_{i=1}^{\infty} k\Delta S \cos \alpha_0; \qquad \Delta y_i = \sum_{i=1}^{\infty} k\Delta S \sin \alpha_0,$$

где Δx_i, Δy_i — текущие координаты топопривязчика в пункте i; ΔS — прямолинейный отрезок пути, пройденный транспортным средством (автомашиной); α_0 — дирекционный угол участков хода; k — коэффициент коррекции пути, характеризующий условия движения транспортного средства (характер подстилающей поверхности).

Определение координат топопривязчиками типа ТМ, ТМГ, Т-11 и др., установленными на шасси ГАЗ66 и ГАЗ71, осуществляется путем проложения рейсов между исходными твердыми пунктами в одном или двух направлениях.

Предельная длина рейса в зависимости от требуемой средней квадратической ошибки определения координат приведена в табл. 27.

На исходном пункте топопривязчик устанавливают над начальной

Таблица 27

Средняя квадратическая ошибка, м	Предельная длина рейса, км	Количество направлений
20	15	2
	10	1
40	30	2
	18	1
80	40	2
	30	1

точкой или в створе ориентирного направления не далее 5—7 м от начальной точки и измеряют угол β между ориентирным направлением и продольной осью автомашины. Дирекционный угол продольной оси автомашины топопривязчика вычисляют по формуле $\alpha_o = \alpha_{op} - \beta$, где α_{op} — дирекционный угол ориентирного направления.

Во время движения топопривязчика следует избегать резких толчков. Скорость автомашины на поворотах более 15° не должна превышать 5 км/ч. На других участках скорость движения топопривязчика с работающей аппаратурой не должна превышать 40 км/ч, а перед определяемой точкой должна плавно снижаться до остановки. Над определяемой точкой, отмечаемой колышком с номером, топопривязчик останавливают и в журнале делают записи номера точки, времени измерений, показаний шкал пути до 0,01 км, x и y до 1 м со шкал курсопрокладчика.

Если на пути топопривязчика встречается препятствие, непреодолимое в месте маршрута, то на противоположной стороне препятствия выбирают точку, закрепляют ее колышком, и геодезическими методами определяют до нее расстояние и дирекционный угол. Точку стояния топопривязчика (до препятствия) закрепляют вехой. При выключенном датчике пути топопривязчик объезжает препятствие и устанавливается на выбранной точке. В курсопрокладчик вводят полученные значения дирекционного угла автомашины и полученные координаты точки. Затем включают датчик пути и продолжают движение.

На конечном пункте рейса центрируют топопривязчик над точкой, измеряют угол между продольной осью автомашины и конечным ориентирным направлением и делают все необходимые записи в журнале.

Топопривязчик может быть использован и для разбивки сети наблюдений. В этом случае для ведения автомашины по проектной линии или створу используют показания шкалы «курс» и топографические карты.

Очень эффективно использование трехкоординатных топопривязчиков, основанных на сочетании обычных топопривязчиков с приборами барометрического и гидромеханического нивелирования.

6. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

6.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОЛОГИИ СУШИ

В основе инженерно-гидрологических изысканий лежит наука гидрология, изучающая гидросферу, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой. Предметом изучения гидрологии являются водные объекты: океаны, моря, реки, озера и водохранилища, болота, скопления влаги в виде снежного покрова, ледников, почвенные и подземные воды. Гидрология тесно связана с метеорологией, геоморфологией, почвоведением, геодезией, гидравликой и другими науками.

Раздел гидрологии, изучающий поверхностные воды, называют гидрологией суши (континентальной гидрологией); воды морей и океанов — гидрологией морей и океанов (океанологией); подземные воды — гидрогеологией (см. раздел 5). Гидрология ледников в основном относится к области физической географии и развивается как самостоятельная научная дисциплина.

Изыскания и строительство инженерных сооружений чаще всего связаны с гидрологией суши. Без необходимых гидрологических сведений невозможно проектировать системы водоснабжения городов, поселков и промышленных предприятий, системы орошения и осушения, мосты, плотины, гидростанции и т. д.

В гидрологии суши различают общую гидрологию, гидрометрию, гидрографию, инженерную гидрологию, гидрофизику, гидрохимию и др. Общая гидрология освещает общие закономерности, управляющие процессами формирования и деятельности вод суши. Гидрометрия рассматривает методы измерений и наблюдений, проводимых с целью изучения гидрологического режима вод. В задачу гидрографии входит описание водных объектов и выяснение закономерностей их географического распределения. Инженерная гидрология рассматривает методы расчета и прогноза характеристик гидрологического режима, необходимых для практики водохозяйственного строительства. Гидрофизика исследует физические и механические свойства природных вод в любом агрегатном состоянии. Гидрохимия занимается исследованием химических свойств воды, разрабатывает пути решения проблемы качества воды.

Вода играет огромную роль на Земле. Под океанами и морями занята большая часть (71%) площади земного шара. Поверхность Земли имеет общий наклон по направлению к океанам, морям или к замкнутым бессточным областям. Часть суши, с которой реки несут воду в моря, связанные с Мировым океаном, называется областью внешнего стока (78%), а часть суши, с которой вода поступает в замкнутые водоемы, называется областью внутреннего стока (22%).

Под действием солнечной энергии с поверхности океанов, морей и суши испаряется ежегодно 577 тыс. км^3 воды, из них 458 тыс. км^3 возвращается снова в океаны в виде выпадающих над ними осадков, совершив малый круговорот. Остальная часть испарившейся воды переносится

воздушными течениями на сушу, конденсируется и выпадает в виде атмосферных осадков, которые частично просачиваются в почву, образуя грунтовые воды, частично испаряются, частично стекают по земной поверхности, образуя ручьи и реки.

Для территории СССР общее количество осадков за год составляет слой 530 мм или объем 11 700 км^3. Сток определяется слоем 200 мм или объемом 4360 км^3.

6.2. РЕЧНАЯ СИСТЕМА. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ

Рекой называют водный поток, протекающий в естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стока речного бассейна. Реки выносят свои воды в океаны, моря или озера. Реку, впадающую в один из таких водоемов, называют главной рекой. Реки, впадающие в главную реку, называют ее притоками. Совокупность всех рек, сбрасывающих свои воды через главную реку в море или озеро, называют речной системой или речной сетью.

Извилистость реки характеризуется коэффициентом извилистости (отношение длины реки к расстоянию по прямой между ее истоком и устьем). Густота речной системы характеризуется коэффициентом густоты, представляющим собой отношение суммарной протяженности речной сети на данной площади к величине этой площади. Коэффициент густоты речной системы выражается в км/км^2.

Линию земной поверхности, разделяющую сток атмосферных осадков по двум противоположно направленным склонам, называют водоразделом.

Часть земной поверхности, включающая данную речную систему, и отдаленная от других речных систем водоразделами, называют речным бассейном системы. Поверхность суши, с которой речная система собирает свои воды, называется водосбором или водосборной площадью бассейна. Конфигурация бассейна определяется его протяженностью, шириной, асимметрией и т. д.

Река имеет исток, верхнее, среднее и нижнее течения, устье. Истоком называют место на земной поверхности, где русло реки приобретает отчетливо выраженные очертания, и где в нем наблюдается течение. Истоком реки может быть озеро, родник, болото, тающие в горах снег и ледники.

В верхнем течении уклоны и скорость течения реки обычно больше, чем в среднем и тем более в нижнем, поэтому в верхнем течении наблюдается большая эрозионная деятельность реки. В нижнем же течении происходит аккумуляция продуктов размыва, поступивших из верхних частей речного бассейна.

Место, где река впадает в море, озеро или другую реку, называют устьем. Иногда вследствие затрат на испарение, в результате разбора воды на орошение и, отчасти, фильтрации в грунт, слагающий русло, реки заканчиваются «слепыми устьями».

Реки обычно текут в вытянутых пониженных формах рельефа, называемых долинами. Элементами речной долины являются дно или ложе, тальвег, русло реки, пойма, склоны, террасы, бровка.

Дно или ложе долины — наиболее пониженная ее часть. Тальвег — непрерывная извилистая линия, соединяющая наиболее глубокие точки дна долины. Русло реки представляет собой эрозионный врез, образованный водным потоком.

Часть дна долины, заливаемую высокими речными водами, называют поймой. Более или менее горизонтальные площадки на склонах долины называют речными террасами. Бровкой называют линию сопряжения склонов долины с прилегающей местностью.

Гидрологическими характеристиками реки являются: водное течение потока, площадь живого сечения, площадь мертвого пространства, падение и уклон реки, уровни, скорости течения, расходы, нормы стока, наносы и т. п.).

Водным сечение потока называют сечение русла вертикальной плоскостью, перпендикулярной направлению течения. Часть площади водного сечения потока, где наблюдаются скорости течения, называют площадью живого сечения. Часть площади водного течения потока, где течение практически отсутствует, называют площадью мертвого пространства.

Элементами водного сечения потока являются (рис. 48) его площадь ω, смоченный периметр P, гидравлический радиус $R=\omega/P$, ширина русла B, максимальная глубина h_{max} и средняя глубина $h_{ср}=\omega/B$. Эти величины переменные и зависят от уровня воды (УВ) в реке.

Падением реки на данном участке называют разность отметок $\Delta H=H_1-H_2$ двух каких-либо точек водной поверхности (урезов воды) по длине реки. Отношение величины падения к длине данного участка l называют уклоном реки $i=\Delta H/l$.

Уклоны рек выражают тысячными дробями и чаще записывают в промиллях (‰), т. е. $i=0{,}00015=0{,}15‰$ или на $l=1$ км будем иметь $\Delta H=0{,}15$ м.

Участки рек с сосредоточенным падением и бурным течением, приуроченные к местам выходов на поверхность трудноразмываемых пород, называют порогами; падение воды с отвесного уступа — водопадом; участки реки, характеризуемые сравнительно большими глубинами и спокойным течением — плесами, а участки с малыми глубинами и более быстрым течением — перекатами. Линию, соединяющую точки русла с наибольшими глубинами, называют динамической осью потока, стрежнем или фарватером.

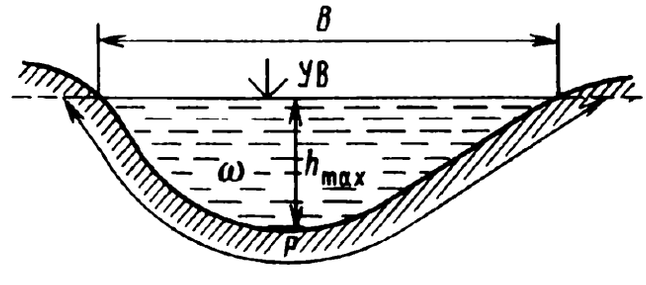


Рис. 48. Водное сечение потока

Необходимо отметить, что поперечный профиль водной поверхности (см. рис. 48) не представляет собой горизонтальную линию. По разным причинам может иметь место превышение уровня воды у одного берега над уровнем у другого.

На закруглениях реки причиной наклона водной поверхности является влияние центробежной силы. Величина этой силы выражается зависимостью

$$P_1 = (mV^2)/R,$$

где m — масса частицы; V — продольная скорость движения частицы; R — радиус кривизны реки.

Превышение водной поверхности на поворотах реки определяют по формуле

$$\Delta h_1 = (V^2/gR)B,$$

где B — ширина реки; g — ускорение силы тяжести.

Другой причиной, вызывающей разность уровней у противоположных берегов, является сила Кориолиса P_2:

$$P_2 = 2m\,\omega_g V \sin\varphi,$$

где m — масса частицы; ω_g — угловая скорость суточного вращения Земли; φ — ширина места.

Разность отметок водной поверхности у противоположных берегов в этом случае можно вычислить по формуле

$$\Delta h_2 = \frac{2V\omega g \sin\varphi}{g} B,$$

где B — ширина реки.

Обычно величины Δh_2 не превышают нескольких миллиметров, и при решении большинства практических задач их не учитывают.

Причиной наклона водной поверхности в поперечном сечении может быть нагон воды ветром, дующим поперек реки. Величина этого нагона зависит от ширины реки и силы ветра.

Форма водной поверхности в реках в ряде случаев принимает сложный характер: при подъеме уровней она может становиться выгнутой, при спаде — вогнутой. Происходит это вследствие различного изменения скоростей по живому сечению в период высоких и низких вод.

Важной характеристикой реки является скорость ее течения. Движение воды в речных потоках турбулентное, характерной особенностью которого является пульсация скорости, изменение ее во времени в каждой точке по величине и направлению. Наряду с общим движением потока можно заметить движение отдельных масс воды, в короткий период времени ведущих как бы самостоятельное существование, что объясняет появление на поверхности турбулентного потока водоворотов, быстро появляющихся и исчезающих. Турбулентный характер движения воды в реках обусловливает перемешивание водной массы, способствует вы-

равниванию по живому сечению температуры воды и концентрации взвешенных и растворенных частиц.

Скорости течения в реках неодинаковы в различных точках живого сечения и по глубине, и по ширине; наименьшая скорость — у дна реки. Нарастание скорости от дна к поверхности сначала происходит быстро, а затем замедляется. Максимум скорости в открытых потоках приходится на поверхность или на 0,2 h_{max} от поверхности, где h_{max} — максимальная глубина реки. Ветер, дующий в направлении течения, увеличивает скорость течения у поверхности. Зимой подо льдом, особенно при наличии шуги, максимум скорости смещается к середине глубины и иногда расположен ближе ко дну.

Горные реки имеют, как правило, бурное течение. Водная поверхность на них отличается крайней неровностью из-за пенистых гребней, взбросов, провалов. Бурный режим течения может быть и на порожистых участках равнинных рек, на которых резко усиливается турбулентность потока.

Расходом Q в реке называют количество воды, протекающей через живое сечение в единицу времени, м^3/с

$$Q = \omega_1 V_{ср},$$

где $V_{ср}$ — средняя скорость потока в живом сечении реки; ω_1 — площадь живого сечения потока.

Уровнем (горизонтом) воды H называют высоту поверхности воды в сантиметрах, отсчитываемую от некоторой постоянной плоскости сравнения.

Уклоны, скорости течения, расходы воды и уровни могут меняться под действием ряда причин, и в основном зависят от фазы водного режима в рамках годового цикла. Число фаз может быть неодинаковым для различных рек. На многих реках равнинной части СССР наблюдаются четыре фазы: весеннее половодье, летняя межень, осенние паводки, зимняя межень. На реках юга Европейской части СССР фаза осенних дождевых паводков отсутствует. На реках с длительным летним половодьем не бывает летней межени. Во время половодья воды реки затопляют пойму. Основными источниками питания реки в период половодья являются талые воды сезонных снегов или ледников. Дождевые паводки носят относительно кратковременный характер. Они происходят под влиянием выпадающих в речном бассейне дождей.

Межень отличается малой водностью относительно фазы половодья и паводков. В период летней межени реки питаются в основном подземными водами и нерегулярными атмосферными осадками. Зимняя межень на реках континентального климата совпадает с периодом ледостава.

Важными для практических целей являются количественные характеристики стока реки.

Объемом стока W (м^3) называют количество воды, протекающее в русле реки через данный створ за промежуток времени T суток —

$$W = 86\,400\overline{Q}T,$$

где $\overline{Q}$ — средний расход за время T суток ($м^3/с$), 86 400 — число секунд в сутках.

Модулем стока M называют количество воды, стекающей с единицы площади в единицу времени

$$M = 10^3(\overline{Q}/F),$$

где F — водосборная площадь, $км^2$.

Слой стока — слой воды в миллиметрах, равномерно распределенной по площади k, и стекающей с водосбора за промежуток времени в T суток: $y = (W/F)10^{-3}$.

Слой стока за год в миллиметрах составляет

$$y_{год} = 31{,}54 \text{ м}.$$

Коэффициент стока η (безразмерная величина) — это отношение величины слоя стока с данной площади за некоторый промежуток времени к величине слоя атмосферных осадков, выпадающих на эту площадь за тот же промежуток времени — $\eta = y/x$, где x — слой атмосферных осадков.

Величину слоя стока определяют климатические условия данного района, а именно — баланс между выпадающими атмосферными осадками и испарившейся их частью. Остальные факторы оказывают, главным образом, влияние на впитывание воды в почву и испарение.

Так, влияние почвенного покрова проявляется через процессы инфильтрации и испарения. В зависимости от сочетания воднофизических свойств почв при данных особенностях климата увеличивается или уменьшается количество влаги, задерживаемое в верхнем слое, и, следовательно, расходуемое в дальнейшем на испарение и транспирацию растениями. Эти же условия могут определять количество влаги, выходящее за пределы активного слоя почвы и расходуемое для пополнения запасов грунтовых вод, которые участвуют в дальнейшем питании рек. При слабом впитывании воды в почву речной сток формируется за счет поверхностного стока, при малой аккумуляции воды в почве и высокой инфильтрации — за счет питания подземными водами.

Геологическое строение речного бассейна определяет условия накопления и расходования подземных вод, питающих реки, так как характер залегания горных пород и глубина водоупоров являются существенными факторами формирования стока.

Влияние растительности на сток заключается в увеличении шероховатости земной поверхности, вследствие чего замедляется стекание воды по поверхности и увеличивается возможность инфильтрации ее в почву. Над лесами осадков выпадает, как правило, больше, что связано с более благоприятными условиями конденсации атмосферной влаги. Высота снега в лесу больше за счет переноса его с полей, а водопроницаемость почвы выше, чем в поле. Поверхностный сток в лесу мал, а следовательно, имеет место более обильное питание грунтовых вод.

Влияние рельефа на сток зависит от крупности его форм. В горах с высотой местности увеличивается годовая сумма осадков, снижается

температура воздуха и уменьшаются испарения, соответственно увеличивается сток. В горных котловинах, ущельях, у подножия склонов скапливаются большие массы снега, талые воды которых служат источником питания рек в летний период.

В равнинных степных районах ветер сносит снег в балки, овраги и речные долины, что приводит к увеличению поверхностного стока снеговых вод.

Озера и болота выполняют аккумулятивную роль, уменьшая и выравнивая сток. Чем больше процент озерности, например, в лесной зоне, тем значительнее уменьшение стока.

На величину стока значительное влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. Создание водохранилищ вызывает увеличение потерь воды на испарение и некоторое уменьшение стока. В то же время водохранилища позволяют уменьшить сток в период паводков и увеличить в период межени. Искусственное орошение увеличивает расход воды на испарение и тем самым уменьшает сток. Распашка территорий, полевые лесонасаждения влияют на сток в результате изменений водно-физических свойств грунта. Нерегулируемый выпас скота также может оказывать влияние на водный режим почв. Таким образом, хозяйственная деятельность человека может быть направлена как на нарушение сложившегося режима стока, так и на его регулирование.

В связи с тем, что сток рек меняется из года в год, и в этих колебаниях нет строгой закономерности, важной характеристикой является норма годового стока.

Нормой годового стока принято считать среднюю арифметическую его величину, вычисленную за длительный период, включающий не менее двух полных циклов колебаний стока, причем каждый цикл состоит из двух фаз водности — многоводной и маловодной.

Гидрология изучает термический и ледовый режим рек. Термический режим рек формируется в результате теплообмена между водной массой и атмосферой с одной стороны, и ложем русла — с другой. Теплообмен протекает различно при открытой водной поверхности и при ледяном покрове. Так, при наличии ледяного покрова уменьшается испарение, теплообмен между водой и атмосферой.

Турбулентный характер течения воды в реках обеспечивает, в общем, однородность распределения температуры воды по живому сечению. Однако температура большинства рек в период нагревания в прибрежной части выше, чем на стрежне, в период охлаждения — ниже.

Почти на всех реках температура от истока повышается на некотором расстоянии вниз по течению. На реках, текущих с юга на север, это повышение прекращается при переходе из лесостепной зоны в лесную. Далее температура воды понижается. На реках, текущих с севера на юг, температура воды непрерывно повышается от истока к устью.

В ледовом режиме рек выделяют три фазы: замерзание, ледостав и вскрытие. Изучение характера и периодов этих фаз входит в задачи гидрологии суши.

Вода, переносимая реками, обладает энергией, т. е. способностью

производить работу. Энергия воды, стекающей по земной поверхности и по руслам рек, затрачивается на преодоление трения между частицами воды, трение о земную поверхность, о дно и берега русел, на формирование речных наносов (процессы эрозии, переноса наносов во взвешенном состоянии, аккумуляции наносов), истирание твердых частиц и т. д.

Речными наносами называют твердые минеральные частицы, переносимые потоком, и формирующие русловые и пойменные отложения. Наносы бывают взвешенные и влекомые. Они образуются из продуктов выветривания, эрозии горных пород и почв. Интенсивность водной эрозии и формирования речных наносов связана с целым рядом физико-географических факторов и хозяйственной деятельностью человека. Интенсивность водной эрозии зависит, во-первых, от энергии потока, во-вторых, от сопротивляемости размыву поверхности, по которой он протекает. Водная эрозия при одних и тех же величинах стока наиболее ярко выражена в горных районах и значительно слабее — в равнинных. С увеличением стока, как правило, увеличиваются процессы эрозии. Уничтожение растительного покрова, неправильная распашка поверхности и обработка почв также приводят к усилению эрозии и увеличению мутности рек.

Существует несколько комплексных характеристик речных наносов. Расходом наносов называют количество наносов (кг), проносимое рекой через поперечное сечение в единицу времени (с). Стоком наносов за сутки (месяц, год) называют суммарное количество наносов, проносимое рекой через поперечное сечение за рассматриваемый промежуток времени. Сток наносов выражается в тоннах. Модулем стока наносов называют сток наносов с 1 км^2 за год. Для его вычисления учитывают площадь водосбора в км^2 до данного замыкающего створа. Мутностью называют количество взвешенных наносов (г/м^3), содержащихся в единице объема (1 м^3) воды.

Важной характеристикой наносов является их гранулометрический состав, а именно, распределение наносов по фракциям (от валунов и гальки до илистых и глинистых частиц).

Мутность воды в реке меняется по живому сечению потока, его длине и во времени. Она, как правило, возрастает от поверхности к дну главным образом за счет крупных фракций наносов. Распределение наносов по ширине реки носит сложный характер. В ряде случаев наносы проносятся в потоке в виде отдельных жил.

На реках с весенним половодьем наибольшая мутность наблюдается в первой половине этой фазы водного режима. К моменту прохождения пика половодья резко повышается крупность наносов. На некоторых малых реках может наблюдаться наивысшая мутность и после прохождения максимального расхода воды. На горных реках, питающихся талыми водами ледников или дождями, максимумы мутности и расходов воды обычно совпадают. Малая мутность на всех реках наблюдается в меженные периоды, когда их питание идет в основном за счет грунтовых вод.

Расход наносов, мутность, распределение наносов по фракциям изменяются по длине реки. Чаще всего сток наносов возрастает по длине

реки. Мутность рек, текущих с севера на юг, увеличивается вниз по течению. Мутность рек, текущих с юга на север, уменьшается вниз по течению.

Река несет также большое количество растворенных веществ. Степень минерализации воды в реке может изменяться по месту и во времени. Питание за счет подземных вод вызывает повышение минерализации речных вод. Питание за счет снеговых и дождевых вод снижает минерализацию.

6.3. ОЗЕРА. ШЕЛЬФЫ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Озера являются естественными, а водохранилища — искусственными водоемами с замедленным водообменом. Озера по характеру водообмена делят на сточные и бессточные. Сточные озера сбрасывают часть своих вод в виде речного стока. Бессточные озера лишены стока воды. Встречаются озера с временным стоком. Частным случаем сточных озер являются проточные озера.

Интенсивность водообмена D в озере характеризуется отношением объема воды в озере V к объему воды W, вытекающей из него

$$D = V/W.$$

Чем меньше величина D, тем быстрее обменивается вода в озере.

Озера могут иметь различное происхождение. Тектонические озера образуются в прогибах земной коры; вулканические — в кратерах потухших вулканов; метеоритные — в углублениях, возникших при падении метеоритов. Возникновение ледниковых озер связано с деятельностью древних и современных ледников.

Водно-эрозионные и водно-аккумулятивные озера образуются в речных долинах, на морских побережьях. К ним относят озера-старицы; дельтовые озера, расположенные в дельтах крупных рек; лагунные и лиманные озера, отрезанные от моря перемычками; фиордовые озера, возникшие в результате завала фиорда и т. д.

Провальные озера возникают в результате выщелачивания грунтов поверхностными и подземными водами. К ним относят карстовые суффозионные и термокарстовые озера. Эоловые озера образуются в котловинах выдувания, между барханами и дюнами. Образование подпрудных озер связано с горными обвалами и оползнями. Органогенными называют внутриболотные озера.

С деятельностью человека связаны озера-водохранилища, образовавшиеся в результате перекрытия рек плотинами, а также озера, возникшие на месте старых карьеров, заброшенных соляных копий и т. д.

Основными областями озерного ложа являются береговая и глубинная области. Береговая включает три зоны: собственно берег, представленный береговым склоном и бровкой, побережье — зона прибойной полосы; береговая отмель, имеющая вид подводной террасы, опускающейся в сторону озерной впадины более или менее крутым склоном (откосом или осыпью) (рис. 49).

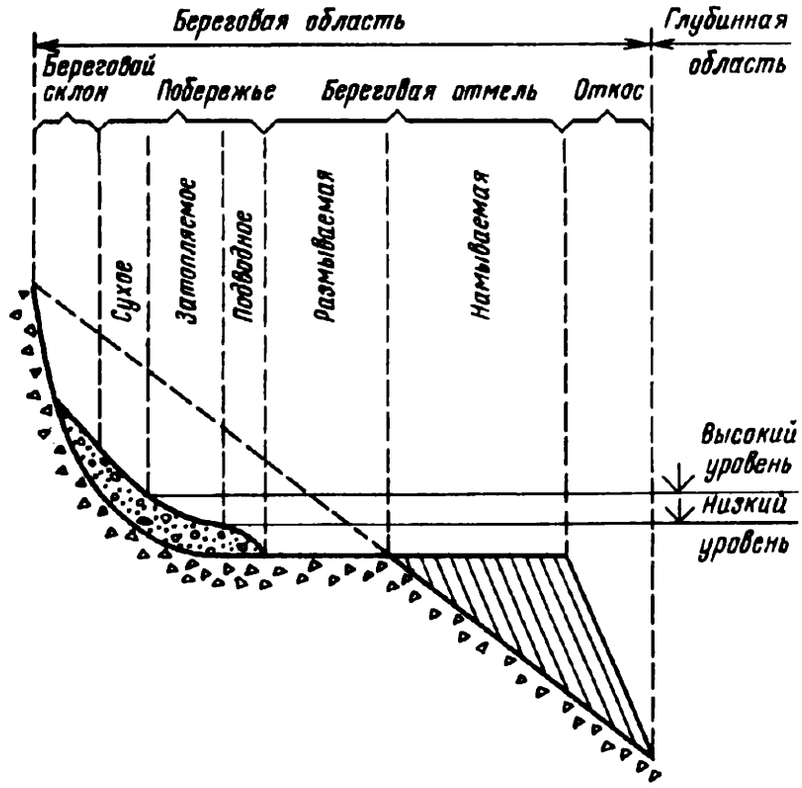


Рис. 49. Профиль эрозионного берега озера

Основными морфологическими характеристиками озера (водохранилища) являются: площадь, длина и ширина озера, длина и изрезанность береговой линии, объем водной массы, глубина и т. д. Различают площадь озера F_0 без островов и F'_0 с островами. Длиной озера l называют кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками его береговой линии. Максимальная ширина озера B_{max} — максимальное расстояние между наиболее удаленными друг от друга точками его береговой линии в направлении перпендикулярном длине озера. Среднюю ширину озера вычисляют по формуле $B_{ср} = F'_0/l$.

Длина береговой линии L измеряется по нулевой изобате. Изрезанность береговой линии k определяется по формуле

$$k = L/2\sqrt{F'_0\pi}.$$

Объем водной массы озера V определяется как сумма объемов отдельных слоев котловины, заключенных между горизонтальными плоскостями, удаленными друг от друга на сечение изобат h. Среднюю глубину озера определяют как $H_{ср} = V/F_0$.

Между количеством воды, поступающей в озеро, и расходуемой водной массой озера за определенный промежуток времени, существует равновесие, называемое водным балансом. Расходование воды в сточном озере осуществляется за счет речного стока и испарения, в бессточном — только за счет испарения. Благодаря наличию ила, закупоривающего поры грунта водоема, величина фильтрации в озерах не велика.

Сезонные колебания уровня озера связаны в основном с объемом притока речных вод, интенсивностью испарения. Амплитуда колебания уровня в течение года в разных озерах может меняться от нескольких сантиметров до нескольких метров.

На очень крупных озерах волны могут достигать высоты в несколько метров, на средних — 0,5—0,8 м, на малых — не превышают 0,5 м.

Ветер может служить причиной сгонно-нагонных явлений, когда уровень у наветренных берегов поднимается на несколько десятков сантиметров, а иногда и на 1—2 м.

В озерах различают течения стоковые, ветровые и плоскостные. Стоковые течения возникают под действием притока речных вод и оттока их в реку, вытекающую из озера. Скорости стоковых течений невелики. Они уменьшаются в центральной части озера. Ветровые течения отличаются непостоянством. По скорости они уступают морским ветровым течениям. Скорость их измеряется сантиметрами и дециметрами в секунду. Плоскостные течения вызваны циркуляцией воды, которая происходит из-за горизонтальной температурной неоднородности.

Химической состав озерных вод тесно связан с составом питающих озеро поверхностных и подземных вод, зависит от комплекса физико-географических условий местности, комплекса физико-географических условий местности, геологического строения водосбора и котловины озера.

Прозрачность воды в озере неодинакова и изменяется во времени. В прибрежной зоне прозрачность, как правило, меньше. Прозрачность меняется также с глубиной. Наименьшей прозрачностью отличаются поверхностные слои из-за развития планктона и накопления оседающих взвесей.

В озерах происходит аккумуляция веществ, приносимых извне и формирующихся в самом озере, чему способствует замедленный водообмен и условия относительного покоя слоев воды, недоступных волнению. Дно и склоны озерной котловины покрыты иловыми отложениями. Верхние слои ила представляют собой рыхлую полужидкую легко взмучиваемую массу. С глубиной илы уплотняются.

Морским или океаническим шельфом называют подводную окраину материка или материковую отмель. Со стороны материков шельф оконтуривает береговая линия. За внешнюю границу принимают тот участок дна, где отмечается резкое увеличение углов наклона, свидетельствующее о переходе к материковому (континентальному) склону (рис. 50). Обычно 200-метровую изобату принимают за внешнюю границу шельфа. В некоторых районах переход от шельфа к континентальному склону наблюдается на бóльших глубинах. Так, в Баренцевом море — на глубинах 350—400 м. Средняя ширина шельфа 70 км, но она может достичь 600—800 км и более. Уклон поверхности шельфа в среднем 7′, при локальных понижениях и поднятиях он может возрастать до 25′.

Основной формой в рельефе шельфа является равнина, полого спускающаяся в сторону океана (моря). В некоторых случаях наблюдаются резкие поднятия, скалы, подводные долины — продолжения наземных рек, морские нагромождения, песчаные гряды.

Материковый склон является подводным основанием материков. Верхняя граница склона совпадает с внешней границей шельфа. За нижнюю его границу принимают тот участок дна, на котором сравнительно

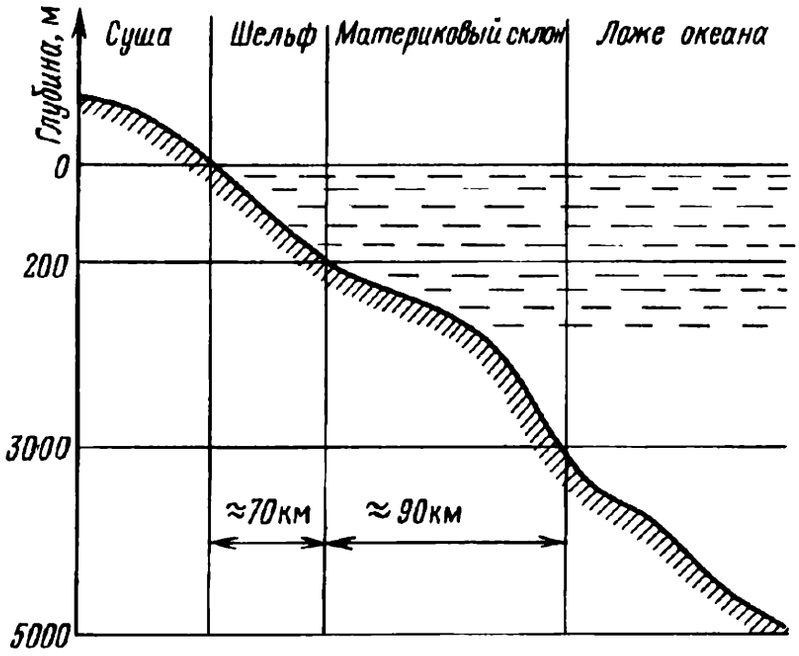


Рис. 50. Профиль морского (океанического) дна

резко изменяются углы наклона от больших значений материкового склона к небольшим углам наклона ложа океана. Обычно такой переход наблюдается на глубине порядка 3000 м. Ширина материкового склона в среднем 90 км. Углы наклона его поверхности составляют 3—20° и более.

Наиболее крупными формами рельефа океанического ложа являются равнины, плато, хребты, валы, глубоководные желоба.

Колебания уровня моря (океана) подразделяют на периодические, непериодические, вековые.

К периодическим относят колебания приливно-отливные; метеорологические, связанные с периодическими изменениями направления ветра. Приливно-отливные колебания связаны с действием приливообразующих сил взаимодействия Земли, Луны, Солнца. Величины приливов могут быть до нескольких метров. Метеорологические колебания уровня происходят в результате годового хода осадков, испарения и стока воды. Колебания уровня от действия ветра наблюдаются в муссонных районах.

Непериодические колебания уровня моря обусловлены случайными изменениями количества осадков, испарения и стока, воздействием ветра случайного направления, подводными землетрясениями, изменениями атмосферного давления, плотности воды и т. д. В океанах непериодические колебания уровня вследствие изменения количества осадков и стока не превышают 20 см, в морях — достигают 50 см и более.

Непериодические изменения интенсивности солнечной радиации ведут к изменению плотности воды и соответственному изменению положения уровня на значительных площадях.

Возможны случайные изменения уровня сгонно-нагонного характера, достигающие наибольших величин на отмелях, в узких проливах и устьях рек.

Вековые колебания уровня разделяют на эвстатические, связанные с общим изменением объема воды в Мировом океане по разным причи-

нам, и тектонические, происходящие в результате медленных вертикальных движений материков, земной коры в целом.

В гидрологии используют понятие среднего уровня моря. Под ним понимают среднюю величину, полученную в результате наблюдений за длительный период времени. Различают суточный, месячный, годовой и многолетний средний уровень.

Особый интерес представляет средний многолетний уровень. Он меняется от пункта к пункту наблюдений и зависит от гидрометеорологических условий каждого района. Для побережий океанов многолетний уровень можно считать практически постоянным на расстояниях, не превышающих 500 км, для побережий морей — 70—100 км.

6.4. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

Основными видами гидрометрических работ на реках являются:

измерение геометрических элементов потока (уровня, глубины и ширины потока) и уклонов поверхности воды;

измерение кинематических характеристик потока (скоростей и направлений течений);

измерение расходов воды;

измерение расходов наносов, измерение расходов льда во время ледохода и шуги.

Уровнем воды в реке, озере, водохранилище называют высоту поверхности воды над условной горизонтальной плоскостью сравнения. Над уровнем воды устанавливают длительные наблюдения. Эти наблюдения выполняют на водомерных постах. Водомерные посты снабжены измерительными устройствами и оборудованы основными и контрольными реперами, предназначенными для систематического контроля высотного положения водомерных устройств.

Посты для наблюдения за уровнем воды располагают на реках и судоходных каналах вблизи населенных пунктов и промышленных предприятий, плотин, шлюзов, портов, мостов, водозаборных сооружений. Водомерные посты бывают постоянные — для стационарных наблюдений и временные, создаваемые на период изысканий и строительства.

По конструкции водомерные посты подразделяют на непередаточные, к которым относят реечные, свайные и реечносвайные посты, и передаточные, где информацию об уровне передают от датчика через некоторое расстояние на регистрирующий прибор.

На реечных постах устанавливают рейку с делениями через 1 см. Рейку надежно укрепляют на свае, вбитой в грунт, к стенкам набережной, шлюза, плотины, опоры моста по возможности вровень с их поверхностью. Длина рейки должна превышать амплитуду колебаний уровней на 0,5—1 м. Начало счета высот совмещают с нулем водомерной рейки. Для предохранения рейки от повреждения плывущими предметами или льдом применяют ограждения.

На водомерных постах замер уровней воды выполняют ежедневно

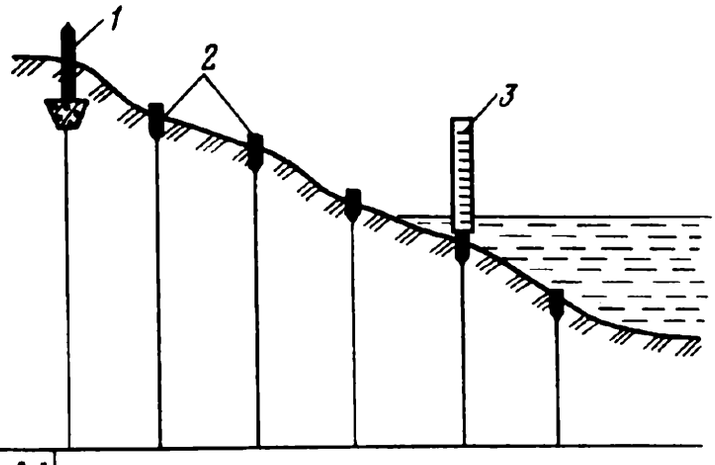
в 8 и 20 ч., а в период интенсивного изменения уровня в 8, 14, 20 и 24 ч. местного времени.

Свайные посты устраивают на небольших реках с пологими берегами. Они состоят из группы свай (рис. 51), расположенных в одном створе, перпендикулярном среднему течению реки. Сваи нумеруют по порядку, начиная с верхней. Уровни отсчитывают по переносной рейке, устанавливаемой на ближайшую к реперу сваю, находящуюся под водой. На реечно-свайных постах, в обрывистой части берега устанавливают постоянную рейку, а в пологой части — сваи.

Передаточные водомерные посты подразделяют на несколько видов: 1) с неавтоматическими отметчиками уровня; 2) с автоматическими отметчиками уровня; 3) с непрерывной регистрацией уровня при помощи самописцев уровня (лимниграфов); 4) с дистанционными устройствами для передачи информации на большие расстояния.

На рис. 52 дана схема водомерного поста берегового типа с самописцем. Колодец предназначен для гашения волнений и создания условий, исключающих обмерзание поплавка. Отметка его дна должна быть ниже низкого уровня воды в реке. Самописец уровня устанавливают на прочном столике. Одной из главных деталей самописца является поплавок. Движение поплавка вместе с уровнем воды передается на передаточный и часовой механизм самописца, с помощью которого на бумажной ленте записывается график изменения положения уровня во времени. Частная система высот на каждом водомерном посту позволяет решать большинство задач по изучению водного режима.

Для решения задач по проектированию инженерных сооружений требуется знать не условные, а абсолютные значения высот уровней. Для этого реперы и рейки водомерных постов привязывают к ближайшим пунктам государственной геодезической нивелирной сети.



Номера свай и реперов	Рп.11	Св.1	Св.2	Св.3	Св.4	Св.5
Расстояние от постоянного репера	0,00	6,50	9,60	12,40	15,10	20,05
Отметки головок свай	11,32	10,45	9,58	8,71	8,40	7,30

Рис. 51. Свайный водомерный пост:

1 — репер; *2* — свая; *3* — рейка

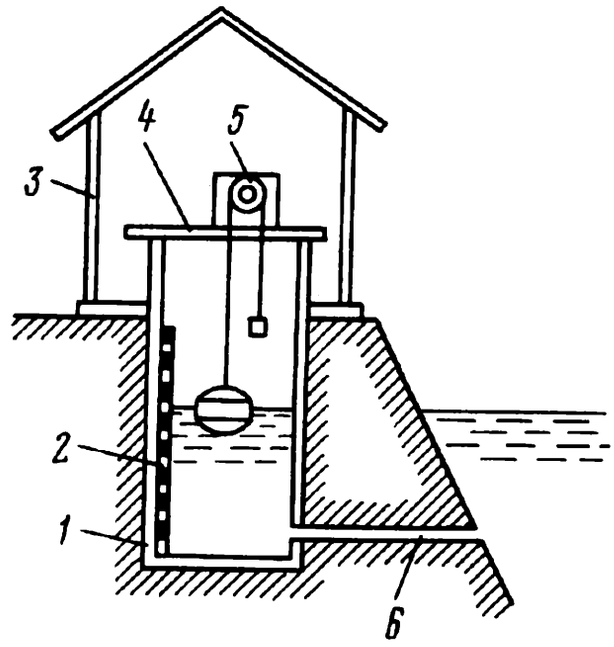


Рис. 52. Водомерный пост берегового типа с самописцем:

1 — колодец; *2* — рейка; *3* — будка; *4* — столик; *5* — самописец; *6* — труба

Глубины на реках и водоемах в процессе русловой съемки измеряют гидрометрической штангой (наметкой), лотом, или гидрометрическими профилографами. Гидрометрическая штанга представляет собой деревянный шест с десятисантиметровыми делениями длиной до 7 м с железным башмаком на конце. При илистом дне пятка наметки представляет собой диск диаметром 15—30 см.

Шест можно применять при сравнительно небольших глубинах при слабом течении. На глубинах более 6 м применяют ручные и механические лоты. Ручной лот представляет собой груз массой 3—6 кг, подвешенный на размеченном шнуре (лотлине). Его применяют при небольших скоростях течения воды (до 1 м/с). В механическом лоте для опускания груза используют лебедку. В измеренные значения вводят поправки за отклонения троса по вертикали, для чего определяют угол отклонения. Измерения глубин ведут со шлюпок и катеров.

Гидрометрические профилографы подразделяют на механические, гидростатические и акустические. Действие механических профилографов основано на передаче измеряемых глубин при помощи промерного груза на тросе записывающему механизму. Действие гидростатических профилографов основано на зависимости гидростатического давления от глубины. В качестве чувствительного элемента используют сильфоны. При работе чувствительный элемент перемещают по дну при помощи троса.

Наибольшее распространение получили акустические профилографы (эхолоты). Эхолот состоит из центрального прибора (для посылки и приема ультразвуковых импульсов и для автоматической записи глубины), забортного устройства (для погружения в воду обтекателя с магнитофрикционными преобразователями), блока питания. Эхолот снабжен стрелочным указателем или самописцем, регистрирующим на ленте глубины по ходу судна. Эхолоты ПЭЛ-2, ПЭЛ-3, «Кубань» и другие применяют на больших реках, водохранилищах, шельфе.

Русловую съемку можно выполнять методом поперечников, косых гал-

сов и продольников. При использовании первого метода на берегах реки разбивают промерные поперечники на расстоянии 20—50 м друг от друга, по которым выполняют измерения глубин. На малых несудоходных реках шириной 70—100 м, особенно при измерении глубин наметками и лотами, используют размеченные тросы, перекинутые с берега на берег. Измерения глубин ведут вдоль тросов. Перед началом промеров около уреза воды забивают кол в уровень с водой, на который техническим нивелированием передают отметку.

На реках с быстрым течением удерживать лодку или промерный катер на поперечнике трудно. В этом случае применяют метод косых галсов, когда лодка или катер движется по створу, обозначенному вехами и расположенному под углом к направлению течения реки. Положение промерных вертикалей определяют прямыми угловыми засечками с разбитых на берегу базисов. Угловые засечки могут быть выполнены графически при использовании мензулы.

Косые галсы должны быть расположены так, чтобы промерные вертикали равномерно покрывали площадь реки.

При методе продольников лодка или катер идет вдоль берега реки, а промерные вертикали определяют методом прямых угловых засечек. Таких продольников по ширине реки может быть несколько.

Для определения планового положения батиметрического судна при съемке шельфа редко используют визуальные геодезические методы, в основном применяют радиогеодезические, радионавигационные и спутниковые навигационные системы морской геодезии. Некоторые из этих систем могут быть также использованы при русловой съемке крупных рек.

Для измерения скорости течения воды применяют гидрометрические поплавки, вертушки, трубки, флюгеры, динамометры, радиоактивные и лазерные измерители скорости, батометры-тахиметры.

Гидрометрические поплавки бывают поверхностные и глубинные. Поверхностные поплавки представляют собой деревянные кружки или крестовины, снабженные флажками. При измерении скорости течения воды разбивают четыре створа *1—1, 2—2, 3—3* и *4—4*, перпендикулярных направлению реки (рис. 53). Расстояние между створами *2—2* и *4—4* измеряют геодезическими методами. В процессе измерений поплавки пускают на разных участках сечения реки и регистрируют время прохождения расстояния L, по которому вычисляют скорость течения V_n на поверхности потока. В момент прохождения поплавка через створ *3—3* определяют его положение в плане на узких реках по размеченному тросу, натянутому поперек реки, на широких реках — геодезическими засечками. Для измерения скорости потока поверхностными поплавками можно применять аэрофотосъемку.

При помощи глубинных поплавков определяют скорость течения V_h на интересующей глубине h. Глубинный поплавок состоит из верхнего, служащего указателем, и нижнего поплавка, имеющего плотность выше плотности воды (рис. 54). Схема измерений скорости течения воды глубинными поплавками такая же, как и поверхностными.

Для определения средней скорости потока по вертикали применяют

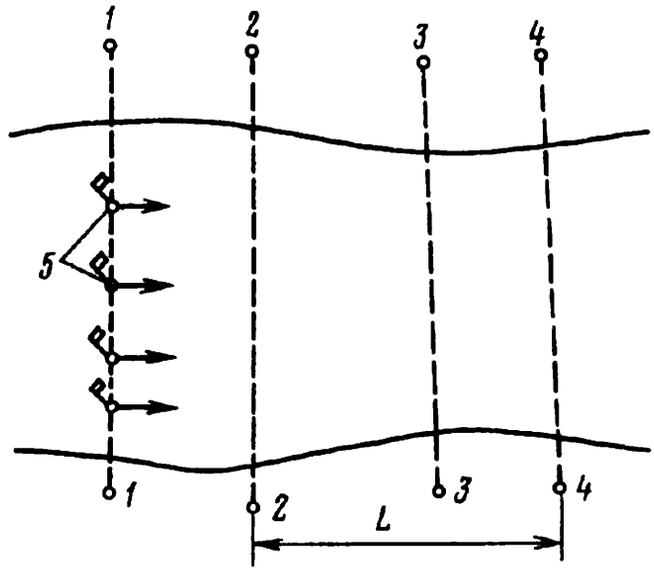


Рис. 53. Схема измерения скорости течения воды поверхностными поплавками:

1 — 1 — пусковой створ; *2 — 2* — верхний створ; *3 — 3* — главный створ; *4 — 4* — нижний створ; *5* — поплавки

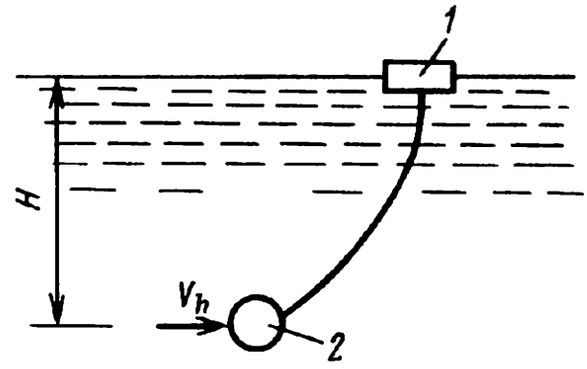


Рис. 54. Устройство глубинного поплавка:

1 — верхний поплавок; *2* — нижний поплавок

всплывающий поплавок-интегратор. Поплавки помещают на дно (на глубину h) и после спуска определяют время всплытия t и величину сноса l' (рис. 55). Искомую среднюю скорость по вертикалям находят по формуле:

$$V_в = l' W / h,$$

где W — скорость всплытия поплавка, определяемая в процессе тарирования. Поплавки-интеграторы применяют для измерения малых скоростей течения воды ($V_в < 0{,}2$ м/с).

Для измерения скорости водного потока применяются гидрометрические вертушки, имеющие корпус, рабочее колесо с осью вращения, счетно-контактный механизм и хвостовое оперение. Вертушку устанавливают на требуемую глубину при помощи штанги, либо опускают на тросе. От скорости потока зависит скорость вращения лопастного винта вертушки. Наибольшее распространение на практике получили вертушки Н. Е. Жестовского ГР-21.

Действие гидрометрических трубок основано на связи между скоростью потока и давлением жидкости. Трубку опускают в поток и измеряют величину h_V (рис. 56). Тогда скорость потока можно вычислить по формуле:

$$V = \varphi_m \sqrt{2gh_V},$$

где φ_m — экспериментальный коэффициент, близкий к единице.

В гидрометрических флюгерах скорость течения определяют по углу поворота пластинки, отклоняемой потоком.

Работа гидрометрических динамометров основана на зависимости между скоростью потока и степенью изгиба тензометрической пружины под влиянием динамического давления жидкости.

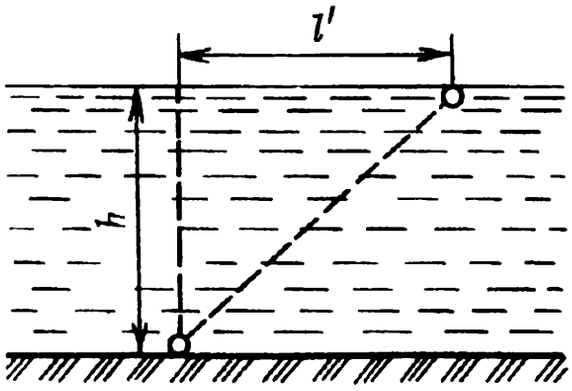


Рис. 55. Всплывающий поплавок — интегратор

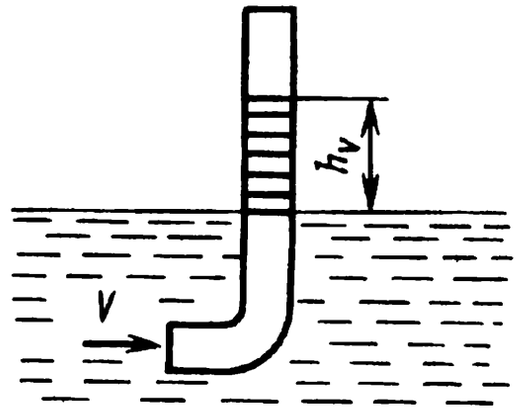


Рис. 56. Устройство простейшей гидрометрической трубки

В радиоактивных измерителях скорость движения жидкости определяют по времени прохождения известного расстояния излучением радиоактивного изотопа, введенного в поток.

Лазерные измерители скорости основаны на использовании эффекта Доплера.

В батометрах-тахиометрах скорость течения определяют по объему воды, поступающему в баллон прибора за единицу времени.

Для определения расходов воды применяют различные методы: гидравлический, смещения, аэрогидрометрический, объемный и т. д. Однако чаще всего расходы воды вычисляют на основе измеренных в живом сечении глубин и скоростей. При наличии таких данных расход воды вычисляют аналитическим, графоаналитическим или графомеханическим способами [10].

Для определения расходов наносов требуется измерить скорость, глубину, расход воды и мутность потока. Приборы для определения мутности называют батометрами. Их подразделяют на батометры мгновенного и длительного наполнения. Батометры мгновенного наполнения используют для исследования пульсации мутности при последовательном взятии проб воды. Батометр длительного наполнения позволяют определить осредненную по времени мутность. Наиболее совершенными являются вакуумные батометры длительного наполнения, основанные на всасывании воды. Батометр опускают на выбранную глубину при помощи штанги или троса. Мутность взятой воды определяют фотоэлектрическим мутномером.

Расходы наносов определяют в гидрометрических створах точечным, суммарным и интеграционным способами. Точечным способом определяют мутность в точках на скоростных вертикалях. При суммарном способе анализируют слитые в один сосуд пробы воды. При интеграционном способе для определения средней мутности батометр равномерно перемещают по вертикали, от поверхности воды до дна и обратно. Вертикали, в которых берут пробы воды, должны иметь плановую геодезическую привязку для последующего определения стока наносов, особенно в потоках с разной мутностью.

6.5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Основным назначением геодезических работ является создание высотной основы, нивелирование водомерных постов и рабочих уровней реки, определение продольных и поперечных уклонов реки. При русловых съемках и определении скоростей течения воды предварительно проводят геодезические работы по разбивке и закреплению поперечников, гидростворов и вертикалей на них. В процессе русловых съемок геодезическими методами с пунктов планового обоснования производят определение планового положения промерных вертикалей. В процессе поплавочных наблюдений определяют плановое положение поплавков и направление течения струй. Для изучения интенсивности наносов и переформирования русла периодически выполняют промеры глубин по створам и съемки подводного рельефа. При выполнении инженерно-геологических работ в районе рек и водохранилищ геодезическими методами осуществляют привязки горных выработок.

Кроме русловых съемок выполняют съемки (тахеометрические, мензульные, аэрофотосъемки) поймы рек, береговой зоны водохранилищ и т. д. На основании комплекса геодезических работ выполняют подсчеты площади и емкости водохранилищ, размеров затоплений. Для целей судоходства съемке подлежат озерные форваторы. Геодезические работы имеют большое значение при изысканиях мостовых переходов, переходов через водные преграды магистральных трубопроводов, линий электропередач и т. д.

Для выполнения всех указанных видов работ на территориях вдоль рек и водоемов создают плановое и высотное обоснование, вид и схема которого зависят от конкретных условий, характера предстоящих работ и т. д.

При производстве изысканий на реках, озерах, водохранилищах и шельфе исходной геодезической основой служат пункты государственной триангуляции и реперы государственного нивелирования. Сгущение опорной сети выполняют проложением ходов полигонометрии или систем триангуляции 1 и 2 разрядов. Съемочное обоснование чаще всего выполняют теодолитными ходами и техническим нивелированием. Вдоль рек иногда целесообразно создавать геодезическую основу, используя различные засечки — прямые и обратные (А. И. Дурнева). В ряде случаев можно применить метод бездиагональных четырехугольников И. В. Зубрицкого [5].

Высотную сеть на участках водного объекта создают в виде системы постоянных и временных реперов. На реках шириной до 800 м постоянные реперы устанавливают на одном берегу, на реках шириной более 800 м — по обоим берегам. На плёсовых участках реки, по берегам озер и водохранилищ реперы устанавливают через 5—8 км, на трудных участках рек — до трех реперов на каждый участок.

Отметки реперов определяют нивелированием IV класса, а на реках с уклоном водной поверхности менее 5 см/км — нивелированием III клас-

са. В схему нивелирования III и IV классов могут быть включены реперы водомерных постов. В других случаях отметки на них передают техническим нивелированием.

В период наиболее устойчивых горизонтов воды при помощи нивелирования выполняют мгновенную и однодневную связку уровней. Мгновенная связка уровней заключается в определении положения мгновенного профиля водной поверхности нивелированием кольев, забитых вровень с горизонтом воды в заранее установленный момент времени. Для более детального изучения режима уровней мгновенную связку выполняют несколько раз при разных горизонтах воды. Связь уровней воды с реперами осуществляют нивелированием IV класса или техническим нивелированием в прямом и обратном направлениях. Однодневную связку производят на большом протяжении реки, когда мгновенную связку уровней выполнить не представляется возможным.

Производство промеров глубин сопровождается плановой разбивкой промерных створов, определением положения промерных вертикалей, нивелированием рабочих уровней воды. Разбивку поперечников выполняют проложением теодолитных ходов, привязкой их методом засечек.

Определение положения промерных вертикалей при русловой съемке выполняют методом геодезических засечек, по непосредственно разбитым в натуре промерным точкам, с применением радиодальномерных систем, полярным способом при помощи радиомензулы [5].

При составлении плана акватории в горизонталях рабочие уровни нивелируют у каждого галса, а при равномерном падении уровней поверхности — не реже чем через 1 км. На поворотах реки рабочие уровни нивелируют по обоим берегам. Отметки рабочих горизонтов воды определяют нивелированием IV класса или техническим нивелированием в прямом и обратном направлениях.

7. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СООРУЖЕНИЙ

7.1. ИЗЫСКАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТА И ЛИНИЙ СВЯЗИ

Железные и автомобильные дороги, трамвайные и троллейбусные линии, подвесные канатные, надземные и монорельсовые дороги, подземные дороги, трубопроводы различного назначения, надземные и подземные линии электропередач и связи, каналы и т. д. относят к сооружениям линейного типа.

Изыскания большинства магистральных линейных сооружений специфичны и всегда рассматриваются в технической литературе отдельно по видам. Из линейных сооружений можно выделить сети промышленных и городских коммуникаций относительно небольшого протяжения, про-

мышленного и городского транспорта, проектируемые в едином комплексе с городским или промышленным районом при разработке генерального плана. Изыскания линейных сооружений выполняют с целью определения в процессе проектирования оптимального положения трассы сооружения.

Трассой называют ось проектируемого сооружения, нанесенную на карту, фотоплан или схему, заданную координатами или закрепленную на местности. Она представляет собой сложную пространственную линию, состоящую в плане из прямых участков, сопрягающихся между собой кривыми, а в продольном профиле — из линий различного уклона, сопрягающихся между собой вертикальными кривыми. Трассы некоторых сооружений (ЛЭП, канализации) представляют собой пространственную линию без вертикальных и горизонтальных кривых.

Различают равнинные, долинные, водораздельные, косогорные и поперечно-водораздельные трассы. Равнинные трассы проходят по равнинам со слабо выраженными микрорельефом, долинные — по одной из надпойменных террас долины, водораздельные — по наиболее высоким отметкам местности, косогорные — по склонам больших долин и гор, поперечно-водораздельные пересекают долины и водоразделы. На одном сооружении возможно сочетание указанных видов трасс.

Положение трассы должно удовлетворять техническим требованиям, обеспечивающим необходимую производительность линейного сооружения и условия безопасной эксплуатации. Эти требования базируются на многолетнем опыте проектирования, строительства и эксплуатации линейных сооружений и приведены в официальных нормативных документах (СНиП) применительно к каждому виду линейного сооружения. Ограничения, как правило, накладываются на уклоны трассирования, разности уклонов в месте перелома проектной линии, длины минимального элемента трассы, на углы поворота, радиусы круговых горизонтальных и вертикальных кривых и т. д.

Проектирование магистральных трасс значительного протяжения обычно выполняют в две стадии (проект и рабочая документация). Проектирование трасс относительно небольшой протяженности можно выполнять в одну стадию (рабочий проект). В соответствии со стадиями проектирования различают следующие этапы изыскания трасс: допроектные (рекогносцировочные), проектные (предварительные), предпостроечные (окончательные) изыскания. На каждом этапе повышается детальность изыскательской информации с привлечением новых фактов, учитываемых при проектировании.

Допроектные рекогносцировочные изыскания проводят для технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства, преимущественно, магистральных трасс. Целью этих изысканий является сбор необходимых топографических, геологических, экономических и других материалов и данных для выбора принципиального направления трассы, обоснования технической возможности и экономической целесообразности строительства, проведения оценки объемов и стоимости работ.

В процессе допроектных изысканий разрабатывают варианты на-

правлений трассы, выбирают принципиальное направление, в первом приближении дают основные проектные решения и подсчитывают на ЭВМ объемы и стоимость работы. Выбор вариантов направлений трассы выполняют преимущественно камеральным путем по имеющимся топографическим картам мелких масштабов (1:50 000—1:500 000), аэрофотоснимкам залетов прошлых лет. При наличии достаточно подробных и современных топографических материалов рекогносцировочные полевые изыскания ограничивают обследованием местности по выбранным вариантам направлений без инструментальных работ или с применением простейших измерительных средств. В случае отсутствия доброкачественных и достаточно современных топографических материалов возникает необходимость в проведении инструментальных геодезических измерений. Программу и виды измерений выбирают в зависимости от точности и детальности рекогносцировочных изысканий. Они заключаются обычно в проложении буссольно-барометрического или буссольно-тахеометрического хода, и лишь иногда тахеометрического или нивелирно-теодолитного хода, по вариантам трассы с топографическим обследованием полосы вдоль трассы. На этом этапе с высокой эффективностью можно применять аэрометоды с минимальным объемом наземных геодезических измерений.

В результате рекогносцировочных изысканий составляют план, профиль и пояснительную записку по выбранным вариантам направлений; выбирают принципиальное направление и разрабатывают техническое задание на проектирование трассы.

Задачами проектных изысканий трассы являются:

выбор по заданному в техническом задании принципиальному направлению оптимального варианта трассы путем технико-экономического сравнения вариантов;

сбор материалов для разработки проекта трассы и всех сооружений на ней;

составление сметы строительства.

Варианты трассы по принципиальному направлению выполняют путем камерального трассирования по картам масштабов 1:10 000—1:25 000. В результате сравнения отбирают варианты для полевого обследования. По выбранным вариантам прокладывают тахеометрические или нивелирно-теодолитные ходы. Более подробно в топографическом отношении обследуют места переходов через водотоки и другие препятствия.

При отсутствии указанных топографических карт производят рекогносцировку вариантов трассы на местности. По намеченным вариантам прокладывают магистральные нивелирно-теодолитные или тахеометрические ходы, являющиеся основой маршрутной топографической съемки, с разбивкой пикетажа и съемкой рельефа и ситуации вдоль магистрального хода с более подробной съемкой на сложных участках, требующих для проектирования составления плана в горизонталях.

По результатам камерального и полевого трассирования путем технико-экономического сравнения выбирают оптимальный вариант трассы.

Особое место при выборе оптимального варианта трассы на этом этапе изысканий занимают аэрометоды, как наиболее оперативные и эффективные. Перед аэрофотосъемкой намечают примерные конкурирующие варианты и полосу аэрофотосъемки для составления изыскательских планов. Затем производят аэровизуальную разведку, в процессе которой с вертолета или самолета изучают топографические или геологические условия намеченных вариантов трассы. Явно негодные варианты дальнейшему рассмотрению не подлежат, а положение конкурентноспособных вариантов уточняют и намечают границы аэрофотосъемочных маршрутов. Ось залета совпадает с направлением конкурирующего варианта направления трассы. Для составления планов в масштабе 1:10 000 с высотой сечения рельефа 5 м аэрофотосъемку выполняют в масштабах 1:20 000—1:30 000, на сложных участках — 1:10 000—1:15 000.

Для привязки аэрофотоснимков, в качестве планово-высотного обоснования, вдоль полосы варьирования, в пределах которой располагаются конкурирующие варианты трассы, прокладывают полигонометрический ход и ходы нивелирования III, IV классов.

Привязку опознаков выполняют проложением теодолитных и нивелирных ходов или засечками с определением высот тригонометрическим нивелированием. Для плановой привязки иногда применяют метод изолированных базисов, который заключается в том, что через 10—20 стереопар между хорошо опознаваемыми контурами выбирают базисы, измеряют их длины с ошибкой 1:1000—1:1500 и астрономические азимуты или дирекционные углы с ошибкой 1—2′ (рис. 57). Базисы связывают высотным ходом. Одновременно с привязкой аэрофотоснимков выполняют топографическое и инженерно-геологическое дешифрирование.

В результате стереофотограмметрической обработки аэрофотоснимков составляют изыскательский план полосы варьирования в масштабе 1:10 000, в горных районах — 1:5000 с высотой сечения рельефа 2—5 м, а на наиболее сложных участках трассы — в масштабе 1:2000—1:5000. По этим планам и производят камеральное трассирование, а затем — полевое обследование вариантов, в ряде случаев — в сочетании с натурной укладкой трассы и дополнительной тахеометрической съемкой в масштабе 1:1000—1:2000 наиболее сложных участков и площадок.

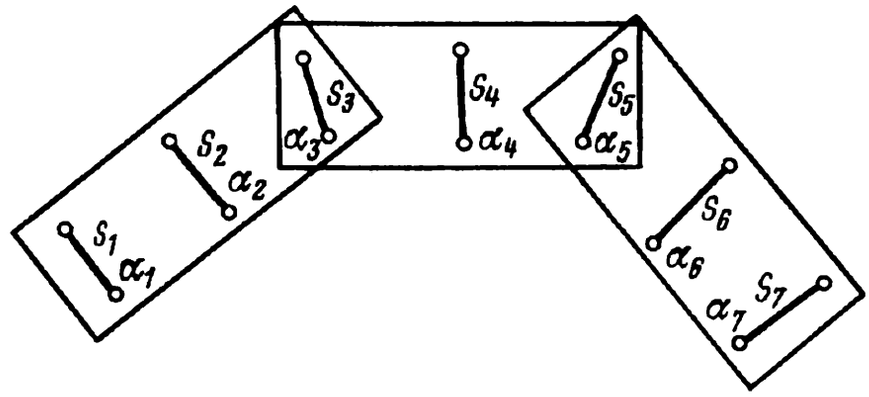


Рис. 57. Схема метода изолированных базисов

Для крупномасштабной аэрофотосъемки целесообразно использовать отечественные АФА типа ТЭС-10, ТАФА-10. Сокращение периода летно-съемочных работ может быть достигнуто за счет съемок при рассеянном освещении в облачную погоду, особенно в Северной строительной зоне. Эта съемка позволяет получать фотографическое изображение местности без теней, что способствует повышению точности обработки снимков при наличии высоких объектов. В качестве носителей съемочной аппаратуры применяют самолеты АН-2, АН-3, вертолеты Ка-26, Ка-32, иногда МИ-8.

Камеральная обработка аэроснимков производится на высокоточных стереопроекторах СПР-3 (СССР), стереометрографах и стереокомпараторах (б. ГДР).

При изысканиях некоторых участков трасс может быть использована наземная стереофотосъемка.

Выбранная на основании технико-экономического сравнения вариантов трасса подлежит согласованию с местными Советами народных депутатов, землепользователями, через земли которых проходит проектируемая трасса, с другими заинтересованными организациями. На основании материалов изысканий составляют проект трассы и предварительную смету расходов на строительство сооружения.

Предпостроечные (окончательные) изыскания производят после утверждения наиболее целесообразного варианта, выбранного на предыдущем этапе изысканий. Целью предпостроечных изысканий является вынос и закрепление на местности трассы с поиском местных улучшающих вариантов без изменения принятого основного направления. К пикетажу трассы привязывают все проектируемые сооружения. В этот период проводят сбор полных и точных материалов и данных топографо-геодезических крупномасштабных съемок пересечений, переходов через водотоки, площадок под сооружения, путепроводные развязки и т. д., необходимых для разработки рабочей документации (рабочего проекта), а также материалов детальных геологических, гидрологических и других съемок.

Окончательно закрепленную трассу сдают по акту строительной организации, проводя при необходимости ее восстановление непосредственно перед строительством.

Таким образом, на всех этапах изысканий одним из основных видов работ является трассирование, под которым понимают целый комплекс инженерно-геодезических работ по изысканию трассы. Причем различают трассирование по высотным параметрам (для каналов, самотечных трубопроводов), когда в основном обеспечивают соблюдение допустимых уклонов, и по азимутальным параметрам (для ЛЭП, напорных трубопроводов), когда обеспечивают наименьшую протяженность трассы с учетом топографии местности и существующих капитальных сооружений.

Трассирование железных и автомобильных дорог является наиболее сложным, так как при его выполнении необходимо обеспечивать допустимые уклоны и заданное сопряжение в плане прямых и криволинейных участков.

Как было отмечено выше, трассирование разделяют на камеральное и полевое. Эти два вида трассирования при изысканиях любых линейных сооружений отличаются между собой технологией выполнения работ.

Методика камерального трассирования. Камеральное трассирование выполняют на топографических картах и планах, масштаб которых зависит от стадии проектирования (табл. 28).

Общее направление трассы на стадии ТЭО определяют на картах масштабов 1:100 000—1:500 000, соединяя прямыми линиями опорные пункты: начальный, конечный и, указанные в техническом задании, промежуточные пункты. Эти прямые создают так называемую воздушную линию, являющуюся наиболее короткой. Далее на картах масштабов 1:25 000—1:50 000 намечают фиксированные точки (станции железных дорог, населенные пункты, промышленные предприятия, переходы через крупные реки, озера, болота, высотные пики и т. д.), определяющие положение трассы при обходе или пересечении контурных и высотных препятствий. Обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, железнодорожные станции, морские и речные порты, месторождения полезных ископаемых, ценные лесонасаждения, заповедники и т. д.

Группируя опорные пункты и фиксированные точки в наиболее целесообразных комбинациях и придерживаясь воздушной линии, соединяют их прямыми и получают варианты направлений трассы. Принципиаль-

Таблица 28

Масштаб карты или плана	Высота сечения рельефа, м		Назначение материалов	Использование на стадиях проектирования
	Равнины	Горные районы		
1:500 000	20	40	Определение общего направления трассы. Выбор и ориентирование опорных пунктов и фиксированных точек трассы. Разработка вариантов, выбор принципиального направления	ТЭО, проект
1:200 000	10	20		
1:100 000	5	10		
1:50 000	5	10(5)	Составление ситуационных планов. Трассирование вариантов и линий различного протяжения	То же
1:25 000	2,5	5		
1:10 000	2	5		
1:5000	1	2	Трассирование в сложных условиях или линий короткого протяжения	Проект, рабочая документация, рабочий проект
1:2000	1	2	Составление генеральных планов. Трассирование в особо сложных условиях	То же
1:1000	1	0,5	Составление генеральных планов	То же

ное направление определяют по одному или нескольким критериям оптимальности, чаще всего по минимуму затрат на строительство и эксплуатацию.

Дальнейшее уточнение положения трассы производят на последующих стадиях проектирования путем камерального трассирования по различным вариантам в полосе варьирования на картах более крупного масштаба (см. табл. 29). В зависимости от характера местности камеральное трассирование выполняют способом попыток или построением линии заданного уклона трассирования $\tau_{тр}$.

Способ попыток используют при проектировании трасс в равнинной местности на участках так называемых вольных ходов, когда, не учитывая частных колебаний рельефа $i_{ср} < i_{тр}$, где $i_{ср}$ — осредненный уклон местности. Способ заключается в том, что между опорными и фиксированными точками намечают на карте кратчайший путь по обходу контурных препятствий (озер, болот, застройки и т. д.) и составляют по нему продольный профиль местности с проектной линией. Затем на профиле выявляют участки, в которых трассу целесообразно сдвинуть так, чтобы высоты местности ближе подходили к проектным. Учитывают также необходимость обхода естественных препятствий. Эти участки вновь трассируются и составляют улучшенный проект трассы.

На картах пересеченной и горной местности продольное трассирование выполняют, руководствуясь заданным уклоном трассирования, путем проложения линии предельно допустимого уклона или хода раствором циркуля, равным заложению

$$l = (h/i_{тр})\,(1/M),$$

где h — высота сечения рельефа. Например, при $h = 5$ м, $1 : M = 1 : 25\,000$, $i_{тр} = 0{,}020$ получим $l = (5000/0{,}020)\,(1/25\,000) = 10$ мм. По величине заложения l при трассировании можно легко выделить участки вольного и напряженного ходов.

Трассирование начинают с участков напряженных ходов. Из начальной точки A такого участка по принципиальному направлению трассы раствором циркуля l засекают соседнюю горизонталь в точке *1*, из точки *1* засекают так же точку *2* и т. д. (рис. 58). Возможны несколько вариантов таких трасс. При пересечении рек, ручьев, оврагов сразу

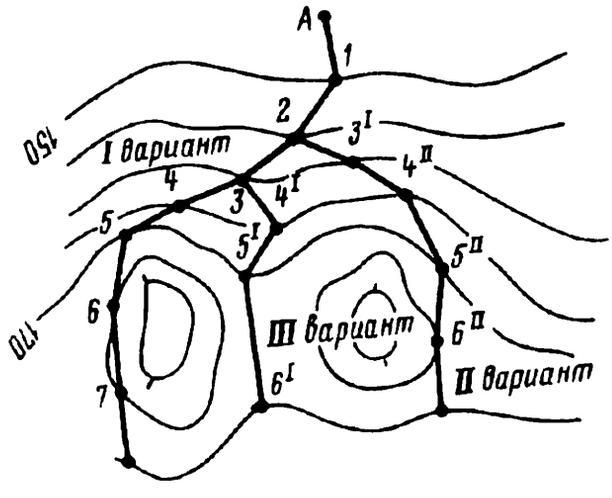


Рис. 58. Схема построения линии нулевых работ

переходят на другую сторону перпендикулярно к препятствию, засекая одноименную горизонталь. Точки *1, 2, 3, ...* образуют линию нулевых земляных работ. Эту линию спрямляют, измеряют транспортиром углы поворота, назначают радиусы круговых кривых, вписывают кривые и разбивают пикетаж. Спрямление ведет к отступлению трассы от линии нулевых земляных работ. После составления продольного профиля и проектирования по нему трассы согласно техническим нормам, в местах с большим объемом земляных работ производят корректировку положения трассы. На основе анализа вариантов выбирают наилучший (оптимальный).

При проектировании трасс стремятся к их максимальной прямолинейности. Углы поворота в пределах 10—20° незначительно удлиняют трассу. В большинстве случаев предпочтение отдают вариантам более спрямленных трасс даже при значительных объемах земляных работ, так как эффективность эксплуатации почти всех видов линейных сооружений существенно уменьшается с увеличением их длины.

В горных местностях, чтобы выдержать предельный уклон $i_{пр}$, приходится проводить развитие линии трассы, т. е. значительно увеличивать ее длину. Это обусловлено тем, что уклоны местности значительно превосходят допустимые уклоны трассы. Если расстояние между заданными точками трассы l, а средний уклон местности $i_{ср}$, то трассу необходимо удлинять до величины $l' = (i_{ср}/i_{тр})\, l$.

В зависимости от характера местности и назначения трассы применяют различные способы развития трассы (извилины, петли, спирали и др.). Требуемая величина развития линии трассы

$$\Delta l = l\,[(i_{ср} - i_{тр})/i_{тр}].$$

Углы поворота на трассах и их величины нужно назначать, исходя из условий соблюдения уклона трассирования и расчетного развития линии, стремясь избегать малых радиусов кривых, на которых необходимо значительно уменьшать допустимые уклоны.

Можно осуществлять камеральное трассирование по стереомоделям на стереоприборах без предварительного составления по аэроснимкам плана. Трассирование выполняют способом попыток или руководствуясь предельным уклоном. В последнем случае определяют разность продольных параллаксов наблюдаемых точек:

$$\Delta P = (lb/f_к)\, i_{тр} \qquad \text{или} \qquad \Delta P = (Lb/H)\, i_{тр},$$

где l, L — соответственно расстояния между точками в масштабе аэрофотоснимка; H — высота фотографирования; $f_к$ — фокусное расстояние фотокамеры.

После этого на стереоприборе наводят марку на начальную точку трассы, берут отсчет по параллактическому винту стереометра. Затем прибавляют к этому отсчету величину ΔP со своим знаком, перемещают каретку на расстояние l и находят точку, в которой марка касается поверхности стереомодели. При нахождении следующей точки указанные действия повторяют. Соединив точки, получают линию нулевых земляных

работ, которую затем спрямляют и т. д., как при обычном камеральном трассировании на топографических картах. Можно использовать для трассирования мультиплекс. Однако указанные методы использования аэрофотосъемочных материалов для камерального трассирования трудоемки, и их применяют сравнительно редко. Метод стереомодели, несмотря на кажущиеся явные преимущества перед трассировочным планом, на практике оказывается очень громоздким и экономически малоэффективным, поэтому материалы аэрофотосъемки чаще используют для создания трассировочных планов. Трассировочные планы, уступая стереомодели по точности и детальности изображения рельефа, позволяют оценивать без использования каких-либо приборов и измерений изменения количественных и качественных характеристик профиля при изменении планового положения трассы.

Методика полевого трассирования. К полевому трассированию на разных стадиях проектирования и этапах изысканий можно отнести: полевое обследование, наземную и аэровизуальную рекогносцировку, проложение магистральных ходов, перенос в натуру и закрепление трассы. Целью полевого трассирования является уточнение положения трассы и окончательное закрепление трассы на местности. При полевом трассировании используют материалы камерального трассирования. Перенос трассы с карты на местность выполняют на основе привязочных данных к пунктам государственной геодезической сети или сети, созданной специально в процессе изысканий. Иногда, в особо сложных условиях и при отсутствии достаточно плотной геодезической сети, можно выполнять привязку трассы к твердым контурам местности.

Вынос точек трассы в натуру по графическим данным можно осуществлять проложением теодолитных ходов, методами засечек, полярным и другими методами, в зависимости от конкретных условий местности и удаленности от пунктов геодезической сети. Укладку трассы лучше вести участками длиной в несколько километров. Проверив пригодность профиля на данном участке, начинают трассирование на следующем.

Определив в натуре положение смежных углов поворота трассы по данным привязки, устанавливают в створе промежуточные вехи и обследуют намеченное направление, особенно в местах переходов через препятствия и пересечения с существующими сооружениями. При необходимости корректируют положение углов поворота.

На длинных прямых участках через 500—800 м устанавливают створные точки (дополнительные углы). Эти точки выносят теодолитом при двух кругах. Величина угла φ на створной точке должна быть $179°59' \leqslant \leqslant \varphi \leqslant 180°01'$. Углы поворота и створные точки на длинных прямолинейных участках подлежат закреплению на местности деревянными или железобетонными столбами.

Вдоль трассы между закрепленными точками прокладывают теодолитный и нивелирный магистральные ходы. Точность проложения теодолитного хода 1 : 1000—1 : 3000. Измерение углов β_i (обычно правых) в ходе выполняют одним приемом теодолитами типа Т30, Т15. Углы

поворота определяют как $\varphi_i = 180° - \beta_i$. Линии в ходе измеряют лентами, рулетками, топографическими светодальномерами. При углах наклона более 2° в измеренные линии вводят поправку за наклон. Особенно удобно применение при трассировании электронных тахеометров.

Привязку магистрального хода к пунктам геодезической основы нужно осуществлять через каждые 20—30 км. Если точную привязку выполнить невозможно, нужно через каждые 30—40 углов поворота определять астрономический азимут со средней квадратической ошибкой 1′ для уменьшения поперечного сдвига трассы. Азимут обычно определяют по Солнцу 3-4 приемами, используя те же теодолиты, которыми ведут измерения углов по магистральному ходу, с дополнительной призменной насадкой и светофильтром.

В процессе проложения магистрального хода ведут поиск упрощающих местных вариантов с целью уменьшения уклонов линий трассы, обходя локальные неблагоприятные участки, сельскохозяйственные угодья, построенные новые капитальные объекты и т. д.

По трассе обычно лентой или 50-метровой рулеткой разбивают пикетаж для более детального отражения профиля местности. Пикеты разбивают через 100 м. Их закрепляют кольями со сторожками. На сторожках указывают номер пикета (ПК41, ПК42 и т. д.). Дополнительно сторожками фиксируют рельефные и контурные плюсовые точки (перегибы рельефа, пересечения разного рода), их также подписывают (ПК41 + 28,0 и т. п.).

При разбивке пикета лентой или рулеткой на наклонной местности вводят поправки за наклон. Применяют также ватерпасовку, поддерживая мерный прибор в середине во избежание ошибки из-за провеса.

На косогорах от пикетов и плюсовых точек перпендикулярно к трассе разбивают поперечники на 15—30 м по обе стороны. Если поперечный наклон местности, по которой проходит трасса, более 11°, поперечники разбиваются на всех пикетных и плюсовых точках.

На углах поворота разбивают кривые. В натуру выносят главные точки кривых: начало (НК), середину (СК) и конец (КК). Для этого из специальных таблиц [7] круговых кривых по значению угла φ поворота (рис. 59) трассы и принятому значению радиуса R выбирают величины элементов кривой: тангенса (Т), длины кривой (К), биссектрисы (Б) и домера (Д).

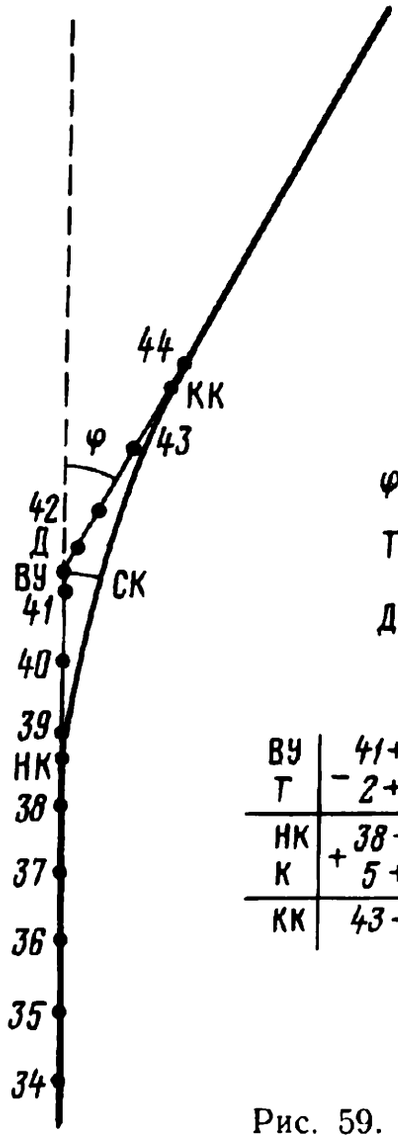
Все элементы можно вычислить также по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \qquad K = R \frac{\pi\varphi}{180°};$$

$$Б = \left(\frac{R}{\cos \frac{\varphi}{2}} \right) - R = R\left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right);$$

$$Д = 2T - K = R\left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi\varphi}{180°} \right),$$

где φ в градусах.



$\varphi = 30°00'$ $R = 1000$

$T = 267{,}95$ $K = 523{,}60$

$Д = 12{,}30$ $Б = 35{,}28$

ПК ВУ 41+28,00

ВУ	41+28,00	41+28,00	ВУ
Т	− 2+67,95	+ 2+67,95	Т
НК	38+60,05	43+95,95	Σ
К	+ 5+23,60	− 0+12,30	Д
КК	43+83,65	43+83,65	КК

Рис. 59. Расчет пикетажа на кривой

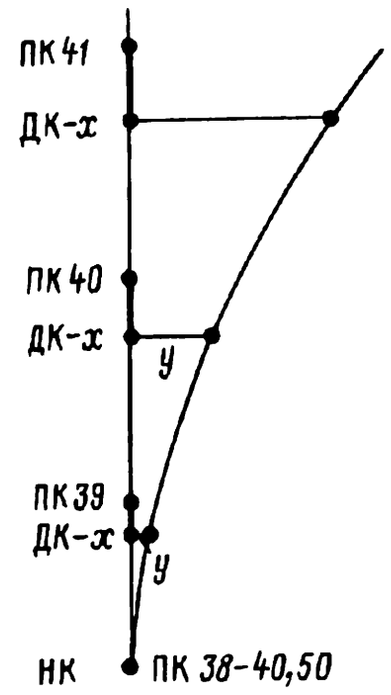


Рис. 60. Схема выноса пикетов на кривую

По известному пикетажному значению величины угла поворота (ВУ) находят пикетажные значения главных точек кривых (рис. 60).

ПК НК = ПК ВУ − Т;

ПК КК = ПК НК + К = ПК ВУ + Т − Д;

ПК СК = ПК НК + К/2 = ПК КК − К/2.

НК на местности находят промером лентой или рулеткой от ближайшего пикета, а СК — отложением расстояния Б по биссектрисе угла по направлению, заданному теодолитом. После ВУ откладывают домер Д. Этой точке присваивают пикетажное значение ВУ, и от нее разбивают следующий по порядку пикет (на рис. 59 — ПК42). Далее разбивку пикетажа выполняют обычным порядком с выносом точки КК.

Разбивку кривых, в том числе и вынос пикетов с касательных на кривую, выполняют способами прямоугольных координат, углов, продолженных хорд, вписанного многоугольника, секущих.

В способе прямоугольных координат по значению радиуса R и длины кривой (ДК) до выносимого пикета (например, на рис. 60 до ПК40 длина кривой составляет 159,5 м) выбирают из таблиц величины ДК$-x$ и ординаты y. Эти величины откладывают на местности, как показано на рис.60. Ординату y до 5 мм откладывают по пер-

пендикуляру на глаз, свыше 5 м — по эккеру или теодолиту. Аналогично выносят на кривую все пикеты по другую сторону ВУ.

Разбивку кривой можно вести от НК и КК (рис. 61), производя вычисления по формулам:

$x_1 = R \sin \theta; \quad y_1 = 2R \sin^2 (\theta/2);$

$x_2 = R \sin 2\theta; \quad y_2 = 2R \sin^2 2(\theta/2);$

$x_3 = R \sin 3\theta; \quad y_3 = 2R \sin^2 3(\theta/2);$

где $\theta = (K/R)(180/\pi)$, K — равные промежутки кривой.

В способе углов (рис. 62) использовано положение, что углы с вершиной в какой-либо точке круговой кривой, образованные касательной и секущей, и заключающие одинаковые дуги, равны половине соответствующего центрального угла

$$\sin (\theta/2) = l/2R,$$

где l — длина хорды. Величину угла $\theta/2$ выбирают из таблиц по значению l и R.

При разбивке в точке А-НК устанавливают теодолит и от линии тангенса задают угол 0/2, откладывая вдоль полученного направления величину $l = AB$. Найденную точку B закрепляют. Отложив теодолитом угол $2(\theta/2)$, задают направление AC, а от точки B откладывают величину l так, чтобы ее конец лежал в коллимационной плоскости теодолита — получают и закрепляют точку C и т. д. В этом способе точность разбивки падает с возрастанием длины кривой ввиду накопления ошибок.

В способе продолженных хорд разбивку ведут без теодолита. По величине радиуса R и принятой длины хорды l (10 или 20 м) в таблицах находят значения отрезков d и y, называемых соответственно промежуточным и крайним перемещениями (рис. 63).

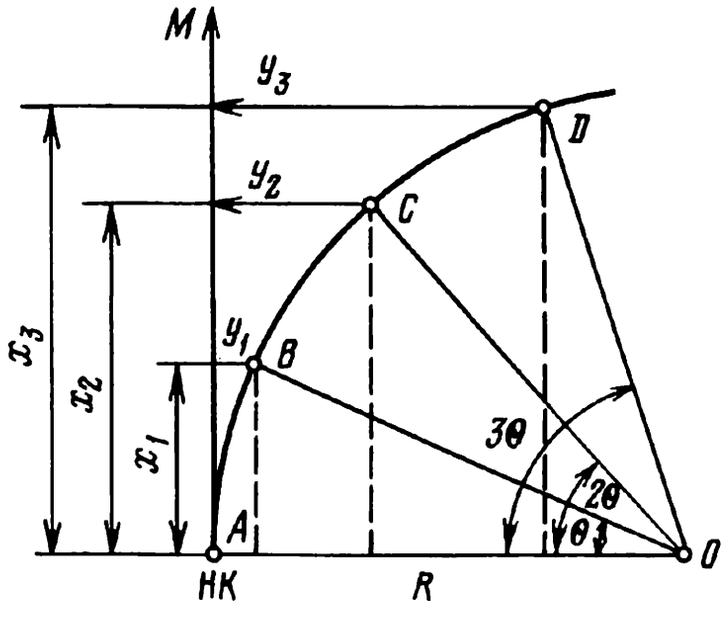


Рис. 61. Схема разбивки кривой способом прямоугольных координат

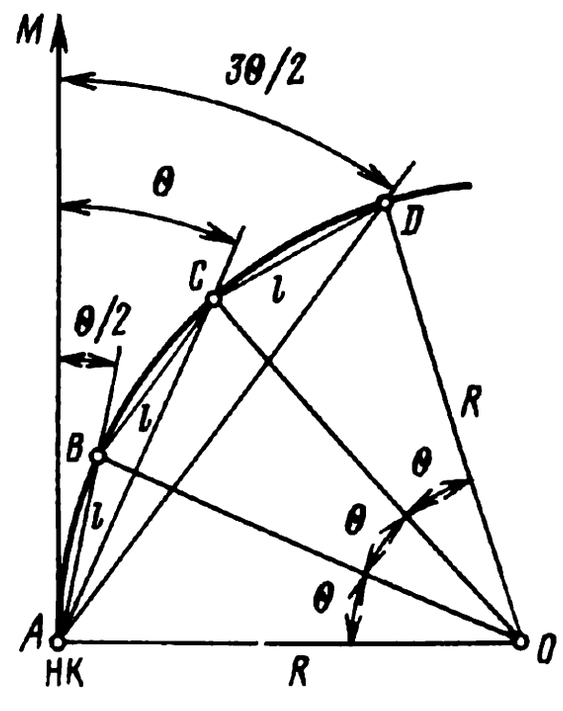


Рис. 62. Схема разбивки кривой способом углов

$y=l^2/(2R)$; $d=2y=l^2/R$;

Положение точки B определяют построением прямоугольных координат x и y или с отрезка тангенса $AN=l$ линейной засечкой радиусами-векторами $AB=l$ и $NB=y$. Закрепив точку B, на продолжении створа AB откладывают длину хорды l, отрезками $C'C=d$ и $BC'=l$ засекают на кривой точку C и т. д. В этом способе, как и в предыдущем, ошибки быстро накапливаются, так как разбивка ведется последовательно от уже полученных в предыдущих операциях точек.

В способе вписанного многоугольника точки на кривой определяют путем последовательного отложения длины хорды l и угла β между соседними хордами (рис. 64). При этом

$l=2R\sin(\theta/2)$,

где угол θ находят из формулы

$\sin(\theta/2)=l/2R$,

угол между хордами $\beta=180°-\theta$.

Точку B на кривой определяют по способу прямоугольных координат или углов. Затем теодолитом строят $\angle ABC=\beta$ и вдоль направления BC откладывают длину хорды l, определяя точку C и т. д.

В способе секущей точки кривой разбивают от секущей хорды по прямоугольным координатам (рис. 65). Длину секущей выбирают более 100 м, но так, чтобы длина ординат y_i не превышала 2—3 м. Первую секущую задают углом $\theta/2$ из точки НК. Угол определяют из формулы

$\sin(\theta/2)=l/(2R)$

или находят по таблицам. Затем по таблицам находят величины $k-x$ и y для детальной разбивки участка кривой AB от хорды. В точке B от на-

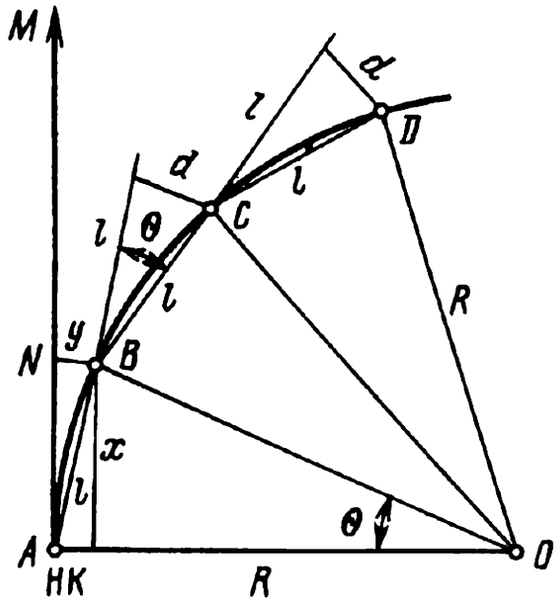


Рис. 63. Схема разбивки кривой способом продолжения хорд

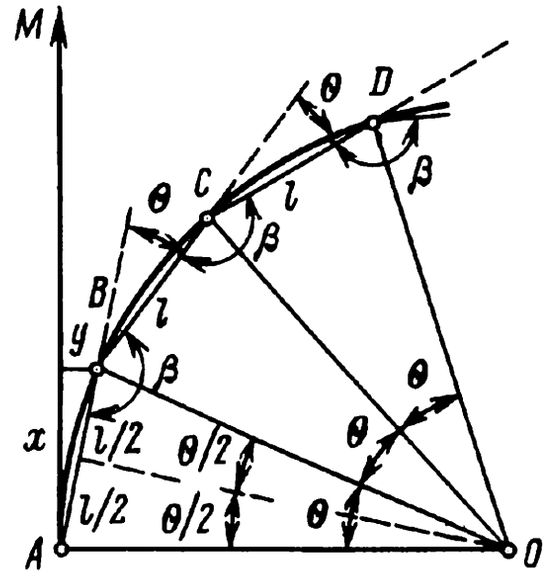


Рис. 64. Схема разбивки кривой способом вписанного многоугольника

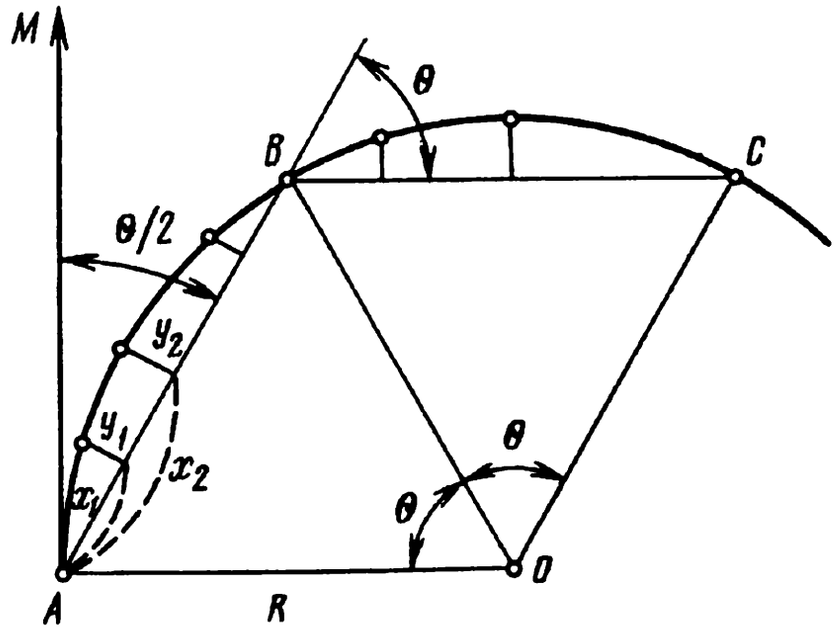


Рис. 65. Схема разбивки кривой способом секущей

правления AB откладывают угол θ, и от секущей BC разбивают новый участок кривой.

Для разбивки круговых кривых на железных дорогах применяют полярный способ с применением светодальномера. Геодезические данные для разбивки круговой кривой вычисляют на программируемом калькуляторе.

Если вынесенная соответствующим способом кривая попадает на какое-либо препятствие, радиус кривой изменяют и разбивку повторяют. То же делают при необходимости лучшего вписывания кривой в рельеф.

Одновременно с разбивкой пикетажа, обычно в масштабе 1:2000, ведут пикетажный журнал, где ось трассы показывают в виде прямой линии посередине страницы (рис. 66). На этой прямой снизу вверх наносят все пикетажные и плюсовые точки, углы поворота в виде стрелок, поперечники и ситуацию примерно на 50 м в обе стороны от оси. Около углов поворота выписывают принятые элементы кривых, отмечают НК и КК. К пикетажу привязывают инженерно-геологические выработки, створы гидрометрических измерений и т. д.

Положение плюсовых точек, мест пересечений водотоков определяют с ошибкой 1 м. Съемку ситуации ведут глазомерно, используя линейные промеры. Результат непосредственного линейного промера L между смежными ВУ сравнивают с пикетажным значением по формуле

$$\Delta L = L - (\text{ПК ВУ}_{n+1} - \text{ПК ВУ}_n + \text{Д}).$$

Относительная разность $\Delta L/L$ должна находиться в пределах 1/500—1/1000.

При закреплении трассы через каждые 20—30 км, а также в местах пересечения с существующими магистралями вне зоны будущих земляных работ, устанавливают постоянные реперы. Через каждые 2—3 км устанавливают временные реперы в виде деревянных столбов.

Для определения отметок постоянных и временных реперов, составления предельного и поперечных профилей трассы прокладывают ход

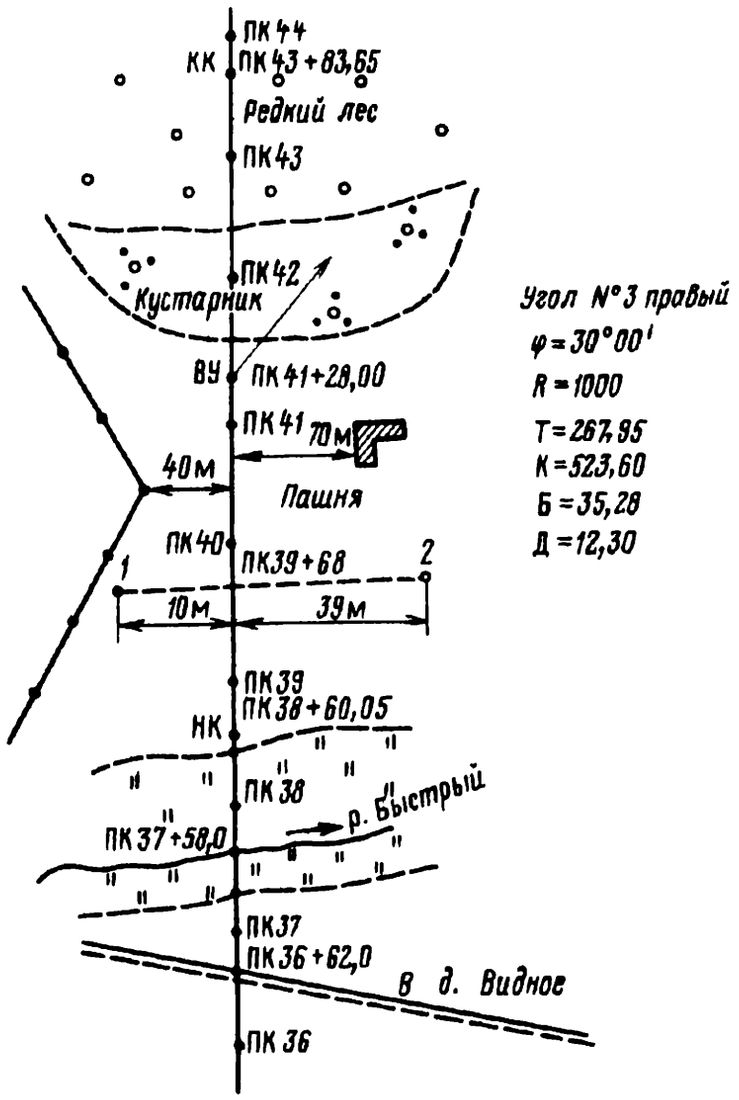


Рис. 66. Образец пикетажного журнала

технического нивелирования. Расстояние между связующими точками принимают равным 100—400 м. Остальные точки (пикетажные, плюсовые, геологические выработки и т. д.) нивелируют как промежуточные. Так как в этом случае равноплечие не соблюдается, угол i прибора не должен превышать 20″. Для работы применяют технические нивелиры с увеличением трубы порядка 20—25 × и двусторонние шашечные рейки. Реже применяют односторонние рейки. В этом случае нивелирование выполняют при двух горизонтах нивелира.

Через каждые 40—50 км трассу следует привязывать к пунктам государственной нивелирной сети.

Полевые трассировочные работы являются наиболее трудоемким процессом инженерно-геодезических изысканий. Они требуют наибольших затрат физического труда, как правило, в неблагоприятных условиях. С другой стороны, в процессе полевых трассировочных работ получают наибольший объем точной информации, необходимой для проектирования, особенно на стадии разработки рабочей документации, поэтому полевые трассировочные работы в первую очередь нуждаются в совершенствовании, в новых приборах и автоматизации.

В последнее время в связи с широким внедрением в производство топографических светодальномеров в практику входит беспикетное трассирование, тем более, что по прошествии года пикетные точки, закреплен-

ные на местности, практически полностью исчезают. При беспикетном трассировании отмечают и закрепляют преимущественно точки перегибов местности и пересечений. Для этого светодальномер устанавливают в вершине угла или на створной точке, а отражатель последовательно ставят на плюсовые точки в пределах прямой видимости. В зонах невидимости (например, в оврагах) плюсовые точки размещают любым другим способом (при помощи мерных приборов, нитяного дальномера и т. д.). Для всех плюсовых точек подсчитывают пикетажные значения. На планах и профилях трассы камерально наносят все пикеты, определяя их отметки путем интерполирования между смежными плюсовыми точками.

Замена в широких масштабах мерных приборов для линейных измерений светодальномерами повышает точность линейных измерений, что необходимо для некоторых магистральных трасс, реально и существенно повышает производительность труда при инженерно-геодезических изысканиях линейных сооружений. Отпадает необходимость в использовании в принципе морально устаревших оптических дальномеров двойного изображения всех типов.

Еще более эффективно применение при трассировании электронных тахеометров. Малые ошибки измерения углов (несколько секунд) и линий (несколько сантиметров) при относительно больших расстояниях (до 1000 м) дают возможность устанавливать тахеометр в стороне от трассы на господствующей над местностью точке. Положение всех плюсовых точек определяют полярным методом. При этом рабочий идет по створу, устанавливая отражатель на наиболее характерных точках. Такой метод высокопроизводителен, к тому же отпадает необходимость геометрического нивелирования по трассе. Особенно эффективно использование электрооптических и электронных тахеометров с полевыми автоматизированными регистраторами.

При полевом трассировании возникает необходимость выполнения крупномасштабной топографической съемки (1:1000—1:2000) отдельных участков (переходы через водотоки, горные ущелья и перевалы, места пересечения с существующими магистралями и т. д.) и площадок (под станции, различные службы и пр.).

Чаще применяют тахеометрическую съемку, реже — мензульную. Для съемки полосы или участка шириной более 500 м предварительно разбивают съемочную планово-высотную сеть. Электрооптические и электронные тахеометры с автоматизированными электронными регистраторами позволяют в значительной степени автоматизировать процесс съемки, повысить производительность труда в 1,5—2 раза, снизить трудоемкость работ.

В табл. 29 даны наиболее целесообразные варианты использования современных автоматизированных средств измерений при полевых изысканиях линейных сооружений.

В процессе камеральной обработки результатов полевого трассирования выполняют контроль полевых материалов, уравнивание магистральных теодолитных и нивелирных ходов и съемочного обоснова-

Таблица 29

Вид работы	Измеряемые элементы	Применяемый прибор	Способ			Носитель информации
			измерения	снятия показаний	регистрации данных	
Проложение магистрального планово-высотного хода и ходов привязки аэрофотоснимков *	Расстояния	ЭТ **	Авт.	Авт.	Авт.	ЭР
	Углы	—	—	—	—	
Разбивка и съемка поперечных профилей местности						
открытой	То же	То же	То же	То же	То же	То же
закрытой	Расстояния	СД + Т (НД) + + МК	Авт. + неавт.	Визуально	Авт. (с пульта)	РИОН
	Углы	Т	Неавт.	То же	То же	То же
Вынос трассы в натуру	Расстояния	ЭОТ + рулетка	Авт. + вручн.	Визуально	Авт. (с пульта)	РИОН
	Углы	ЭОТ	Неавт.	То же	То же	То же
Разбивка кривых и вынос точек на кривую	Расстояния	СД + рулетка	Авт. + вручн.	Визуально	—	—
Проверка продольного профиля трассы при ее выносе в натуру (в условиях косогоров и пересеченного рельефа)	Расстояния	ЭОТ	Авт.	Визуально	Авт. (с пульта)	РИОН
	Углы	—	Неавт.	То же	То же	То же

* Для тахеометрической съемки варианты те же, что и для проложения магистрального хода.

** Обозначения: ЭР — электронный регистратор (Микроник-445-6 и др.), СД — светодальномер, Т — теодолит, НД — нитяный дальномер, МК — микрокалькулятор, ЭТ — электронный тахеометр, ЭОТ — электрооптический тахеометр, РИОН — регистратор информации одноканальный носимый, авт. — автоматический, неавт.— неавтоматический.

ния, составление топографических планов на отдельные участки трассы и составление продольного и поперечных профилей. Продольные профили строят обычно в горизонтальном масштабе 1:5000—1:10 000, в вертикальном — 1:500—1:1000.

Разграфка профилей для различных типов трасс разная. Общими графами являются: план (ситуация) трассы, отметки земли, расстояние между точками, пикетаж. На рис. 67, заимствованном из [23], в качестве примера представлен продольный профиль трассы проектируемой железной дороги.

Информация о результатах изысканий должна выдаваться проектировщикам в нужном объеме и удобном для проектирования виде. Кроме продольного профиля трассы в качестве отчетных документов составляют пояснительную записку с актами приемки и согласования трассы, крупномасштабные планы переходов и площадок, поперечные профили, планы отвода земель, ведомости отметок реперов, координаты углов поворота и т. д.

В полевых условиях на некоторых трассах, чаще на этапах допроектных и проектных изысканий для получения продольных профилей применяют аэрорадионивелирование, при котором превышения точек местности вдоль линии полета определяют при помощи показаний радиовысотомера и статоскопа [34]. Радиовысотомер представляет собой радиолокационную установку, фиксирующую текущие высоты полета самолета над земной поверхностью. Статоскоп является дифференциальным барометром. Показания радиовысотомера и статоскопа синхронно фиксируются фотографическим путем на пленках лишь в момент экспонирования земной поверхности. Таким образом, определяют только высоты точек надира. В равнинной местности ходы аэрорадионивелирования, опирающиеся на геодезические пункты, обеспечивают получение высот точек профиля со средней квадратической ошибкой около 3 м. В горных районах эта ошибка может быть значительно больше.

Для этих же целей применяют специальный прибор аэропрофилограф, автоматически записывающий профиль земной поверхности вдоль линии полета. Прибор состоит из высокочастотного радиовысотомера с узкой диаграммой направленности, электронного мембранного статоскопа и интегрирующего устройства, которое суммирует показания радиовысотомера и статоскопа и учитывает поправку за наклон изобарической поверхности. Ошибка построения профиля таким аэропрофилографом составляет 3—4 м.

Итак, рассмотрены общие вопросы и методы выполнения изысканий линейных сооружений на различных этапах. Однако изыскания каждого вида линейных сооружений имеют свои особенности.

Особенности изысканий железных дорог. Железные дороги относят к наиболее сложным линейным объектам. Инженерно-геодезические изыскания железных дорог являются наиболее трудоемкими и разнообразными по составу. Изыскания, проводимые для других видов линейных сооружений, включают лишь элементы инженерных изысканий для железных дорог.

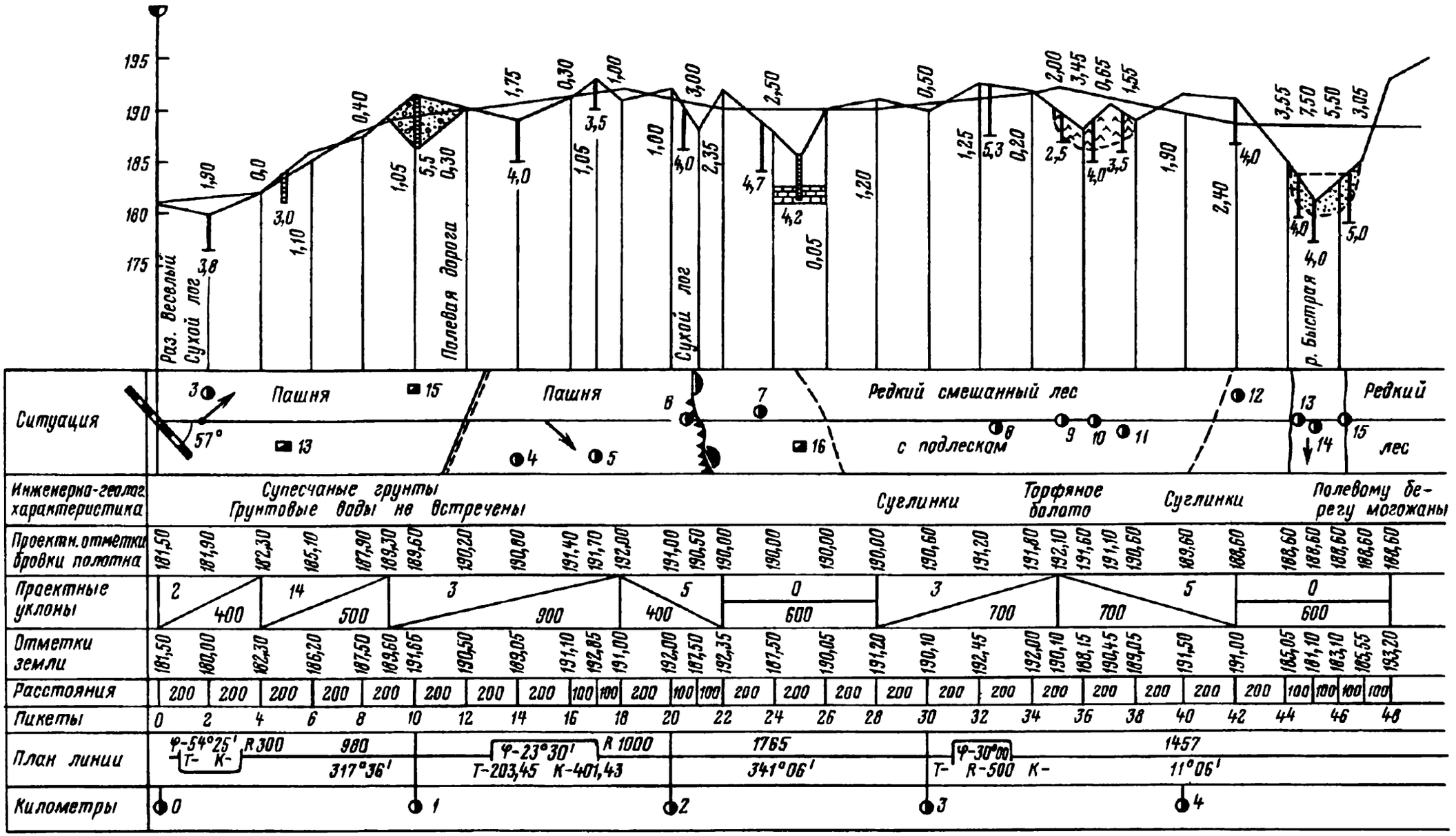


Рис. 67. Продольный профиль трассы проектируемой железной дороги

На железных дорогах строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых (табл. 30).

На кривых небольших радиусов предельно допустимый уклон уменьшают (смягчают) на величину $\Delta i = 12{,}2\varphi/k = 700/R$. Так, при руководящем уклоне $i_р = 20‰$ и $R = 700$ м будем иметь $i = i_р - \Delta i = 19‰$.

Таблица 30

Показатель	Категория дороги		
	I	II	III
Руководящие уклоны, ‰	15	15	20
Радиусы горизонтальных кривых, м:			
наибольшие	4 000	4 000	4000
наименьшие (рекомендуемые)	1 200	800	600
Радиусы вертикальных кривых (рекомендуемые), м	10 000	10 000	5000

В процессе изысканий железных дорог выполняют камеральное и полевое трассирование, съемку площадок для станций и разъездов. Площадки под станции и разъезды, а также крупные парки путей размещают на прямых горизонтальных участках, и лишь в трудных условиях — на участках с уклоном, не превышающим 2,5%, и на кривых с радиусом кривизны не менее 1000 м для магистральных дорог и 600 м — для линий местного значения.

При изысканиях и проектировании примыкания подъездного пути устанавливают: пункт примыкания, направление, сторону примыкания, определяемую в основном направлении грузопотока, место примыкания (за исключением перегонов магистральных путей общего пользования), минимальное удаление начала кривой отхода от оси станции $l_{min} = l_{ст}/2 + a$, где l — длина станции, $a = 200$—300 м — участок для перспективного развития пункта примыкания; схему развития пункта примыкания.

При изыскании вторых путей и реконструкции станции и узлов эффективно могут быть использованы крупномасштабные планы (1:500—1:5000), полученные по материалам аэрофотосъемки.

Для аэрофотосъемки выбирают носители, имеющие малые путевые скорости (60—100 км/час) и обеспечивающие допустимую величину смаза фотографического изображения. В качестве таких носителей применяют вертолеты типа Ка-26, Ми-8.

В процессе аэрофотосъемки должно быть соблюдено условие

$$\lambda = (2{,}8 \cdot 10^5 \omega t)/m \leqslant 25 \text{ мкм},$$

где λ — смаз фотоизображения (мкм), ω — путевая скорость носителя в процессе аэросъемки (км/ч); t — продолжительность экспозиции (с); m — масштаб фотографирования.

Наличие хорошо видимых железнодорожных путей и станционных

построек позволяет укладывать аэрофотосъемочные маршруты с высокой точностью. На крупных железнодорожных узлах и станциях прокладывают несколько параллельных маршрутов с поперечным перекрытием 20—40%. При предварительно выполненной маркировке опознаков продольное перекрытие снимков рекомендуют принимать равным 90%. При аэрофотосъемке применяют высокоточные аэрофотоаппараты типа ТАФА, ТЭС.

Стереофотограмметрическую обработку аэрофотоснимков для получения планов станций и перегонов при изыскании и проектировании новых и реконструкции существующих транспортных сооружений производят на приборах аналитического типа с графопостроителями.

Отличительной особенностью трасс железнодорожных путей является наличие переходных кривых, предназначенных для обеспечения плавного перехода с прямого участка пути на круговую кривую и обратно. Разбивку переходных кривых выполняют преимущественно в период предпостроечных изысканий.

Радиус переходной кривой в любой точке можно определить по формуле $\rho = c/l$, где c — параметр переходной кривой, l — расстояние до определяемой точки от начала переходной кривой. Переходной кривой удовлетворяет уравнение клотоиды $l^2 = 2C\Psi$, где Ψ — угол между осью абсцисс и касательной к кривой в текущей точке.

В прямоугольных координатах уравнение клотоиды имеет вид:

$$x = l\left(1 - \frac{l^4}{40c^2} + \frac{l^8}{3456c^4} - \ldots\right);$$

$$y = \frac{l^3}{6c}\left(1 - \frac{l^4}{56c^2} + \frac{l^8}{1040c^4} - \ldots\right).$$

Для разбивки небольших переходных кривых применяют кубическую параболу, у которой радиусы кривизны обратно пропорциональны абсциссам точек $\rho = c/x$, или в прямоугольных координатах $y = x^3/6c$, что соответствует первому члену уравнения клотоиды. Схема разбивки элементов переходной кривой представлена на рис. 68.

Величина сдвига оси пути от разбивочной оси к центру кривой определяется уравнением

$$z = \frac{L^3}{24c} + \frac{13L^7}{2688c^3},$$

где L — длина переходной кривой.

Координаты начала (НПК) и конца (КПК) переходной кривой определяют, принимая за ось абсцисс линию тангенса, а за начало координат — НПК:

$$x = a + a_1 = L - \frac{L^5}{40c^2}; \quad a = \frac{L}{2} + \frac{L^5}{60c^2};$$

$$y = \frac{L^3}{6c} - \frac{L^1}{336c^3}; \quad a_1 = \frac{L}{2} - \frac{L^5}{24c^2}.$$

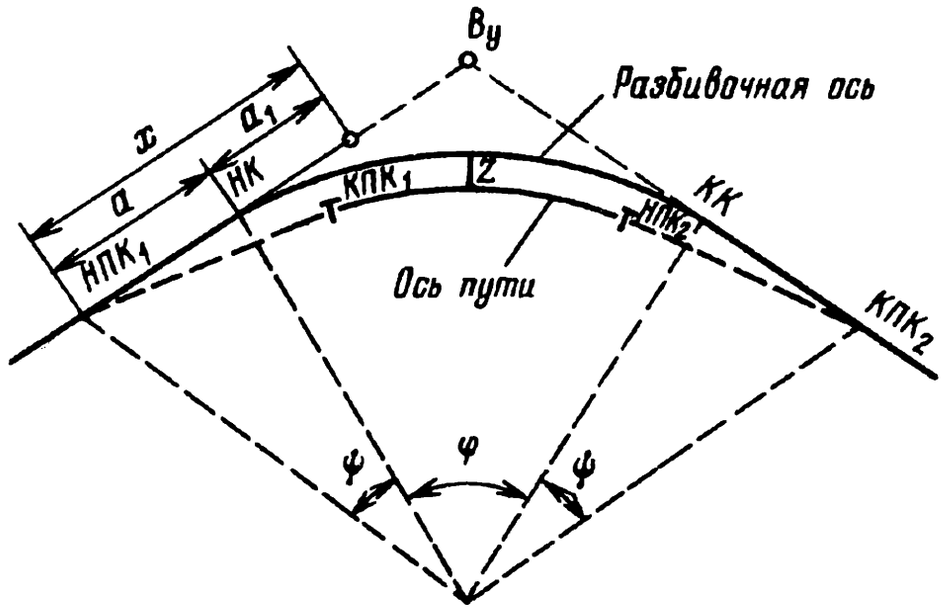


Рис. 68. Схема разбивки элементов переходной кривой

Детальную разбивку переходных кривых в случае необходимости ведут способом координат, используя специальные таблицы. В стесненных условиях детальную разбивку можно вести способом секущей, определяя положение точки переходной и круговой кривых методом координат от хорд [47].

Разбивку вертикальных кривых на стадии изысканий обычно не производят, но в процессе проектирования устанавливают все их параметры.

Особое внимание уделяют съемке территорий мостовых переходов и геодезическому обеспечению гидрометрических работ и инженерно-геологических изысканий в этом районе. На стадии проекта выполняют топографические съемки в масштабе 1:5000 для средних рек шириной до 500 м в меженный период, для больших рек — в масштабе 1:10 000. Протяженность съемки вдоль реки вверх по течению от оси предполагаемого моста должна быть равна полуторной величине максимальной ширины разлива реки, вниз по течению — ширине разлива, а по берегам — до отметки, превышающей на 1—2 м уровень высоких вод. Для съемки районов переходов больших рек с успехом может быть применена аэрофотосъемка. Для разработки рабочей документации топографическую съемку районов переходов выполняют в масштабах 1:500—1:2000.

Особенности изысканий автомобильных дорог. Увеличение скорости движения автотранспортных средств ведет к увеличению требований к конструктивным элементам автодорог. Это в свою очередь обусловливает требования к повышению качества изысканий.

Проектируемые автомобильные дороги призваны обеспечить видимость на возможно большие расстояния, удобства и безопасность движения автотранспорта, устойчивость дорожных сооружений в процессе эксплуатации, наименьшую стоимость и сроки строительства. Это обусловливает необходимость выбора наиболее прямолинейных трасс, наилучшим образом вписывающихся в рельеф местности, обеспечения незначительных уклонов автодорог, учета изменчивости инженерно-геологического строения.

Основные технические требования к автомобильным дорогам представлены в табл. 31.

Таблица 31

Показатель	Категория дороги				
	I	II	III	IV	V
Наибольшие продольные уклоны (основные), ‰	30	40	50	60	70
Наименьшие радиусы кривых в плане (основные), м	1 000	600	400	250	125
Наименьшие радиусы вертикальных кривых (основные), м:					
выпуклых	25 000	15 000	10 000	5000	2500
вогнутых	8 000	5 000	3 000	2000	1500

При проектировании и разбивке кривых на автодорогах используют специальные таблицы (Митин Н. А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах.— М.: Недра, 1978).

В равнинных районах при изыскании и проектировании трасс особое внимание должно быть уделено обеспечению отвода поверхностных вод от земляного полотна и защиту от замачивания грунтовыми водами. При проложении трассы по спокойному рельефу задача сводится к обходу препятствий и объектов местности. Необходимо иметь в виду, что на извилистой трассе снижается расстояние видимости и скорость движения, осложняются условия обгона и разъезда, повышается возможность аварий.

В процессе изысканий трасс в пересеченной и холмистой местности необходимо соблюдать допустимые уклоны, вписывать трассу в рельеф, огибая крупные формы и пересекая локальные неровности, учитывать особенности зрительного восприятия трассы водителем.

Трасса должна обеспечивать постепенное развертывание видимости участков дороги в пределах 400—700 м. Выпуклые переломы сильно уменьшают видимость. Опасно совпадение выпуклого перелома с кривой в плане. Поэтому необходимо, чтобы горизонтальная кривая начиналась раньше выпуклой кривой, что обеспечивается введением длинных переходных кривых — клотоиды (Ксенодохов В. И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог.— М.: Транспорт, 1981).

При трассировании вдоль речной долины целесообразно проектировать трассу на первой незатопляемой террасе. В горной местности автодороги целесообразно трассировать вдоль речных долин. Связь долин осуществляют по одной из седловин хребта с наименьшей отметкой и удобными подходами с устойчивыми склонами и меньшей крутизной. Предусматривают устройство выемок, тоннелей.

Решающее значение имеет изучение топографических и геологических условий склонов с целью выбора наиболее благоприятных для

строительства участков. На пологих склонах обычное решение дороги — в полунасыпи — полувыемке. На крутых склонах наиболее устойчивым считается положение полотна дороги на полке. Применяют поддержку полотна подпоркой — стенкой или контрбанкетом. На круто обрывающихся скальных склонах возможно устройство балконов и нависающих откосов.

При трассировании изыскатель обязан предусматривать все возможные варианты устройства полотна. На склонах в вынужденных поворотах самым распространенным является устройство серпантин и размещение дороги в несколько ярусов. На косогорных трассах серпантины часто проектируют также для обхода оврагов, ущелий и других препятствий. Серпантины разрешено устраивать на автодорогах III—V категорий.

Основными элементами серпантины являются: основная круговая кривая FDE радиуса R; две вспомогательные кривые AP и BG с радиусами r_1 и r_2; две прямые вставки или переходные кривые $PF=m_1$ и $EG=m_2$ (рис. 69).

Предельные значения элементов серпантин зависят от расчетной скорости движения автотранспорта (табл. 32).

Таблица 32

Элементы серпантины	Расчетная скорость, км/ч		
	30	20	15
Наименьший радиус, м	30	20	15
Поперечный уклон виража, ‰	60	60	60
Длина переходных кривых, м	30	25	20
Уширение проезжей части, м	2,0	2,5	3,0
Наибольший продольный уклон, ‰	30	35	40

Радиусы вспомогательных кривых могут составлять 100—150 м. Расстояние между концом сопрягаемой кривой одной серпантины и началом другой должно быть не менее 400 м для дорог III категории, 300 м — для дорог IV категории и 200 м — для дорог V категории.

На ровном склоне обычно проектируют и разбивают симметричные серпантины, у которых $r_1=r_2$ и $m_1=m_2$.

При расчете и разбивке симметричных серпантин (рис. 70), задаваясь значениями R, r и m, используют следующие основные формулы:

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}=\frac{-m+\sqrt{m^2+(2r+R)R}}{2r+R};$$

$$a=\frac{m+\mathrm{T}}{\cos\beta}=\frac{R}{\sin\beta}$$

где T — длина тангенса вспомогательной кривой; d — расстояние от вершины вспомогательной кривой N до центра основной кривой O:

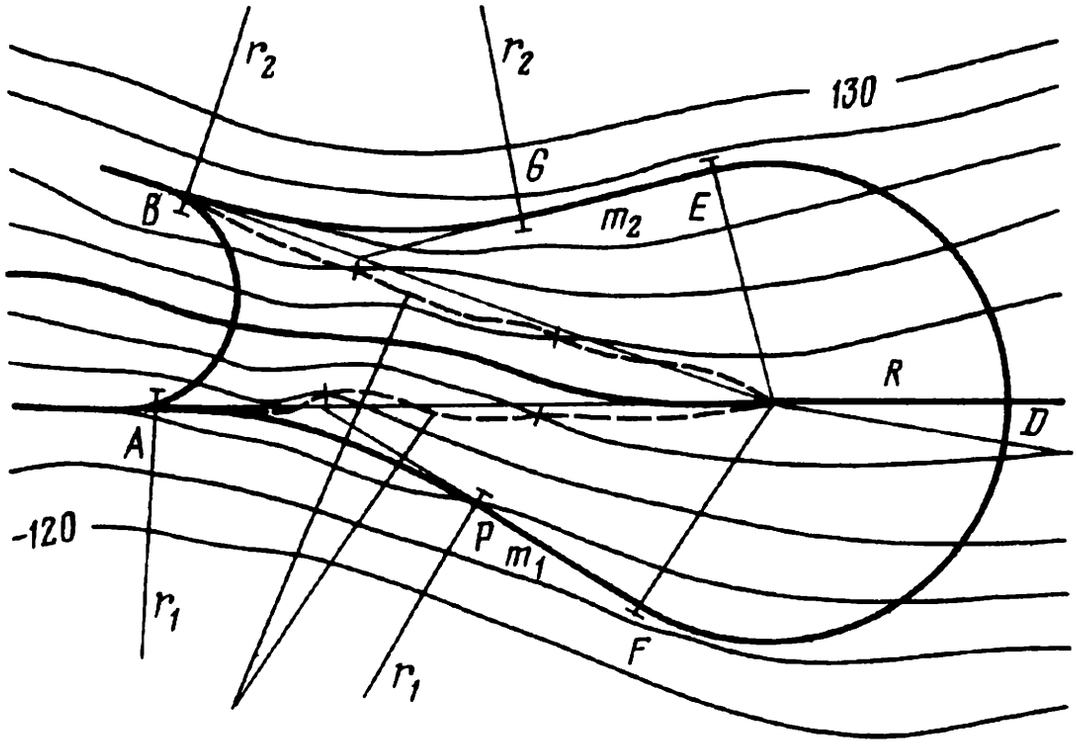


Рис. 69. Элементы серпантины

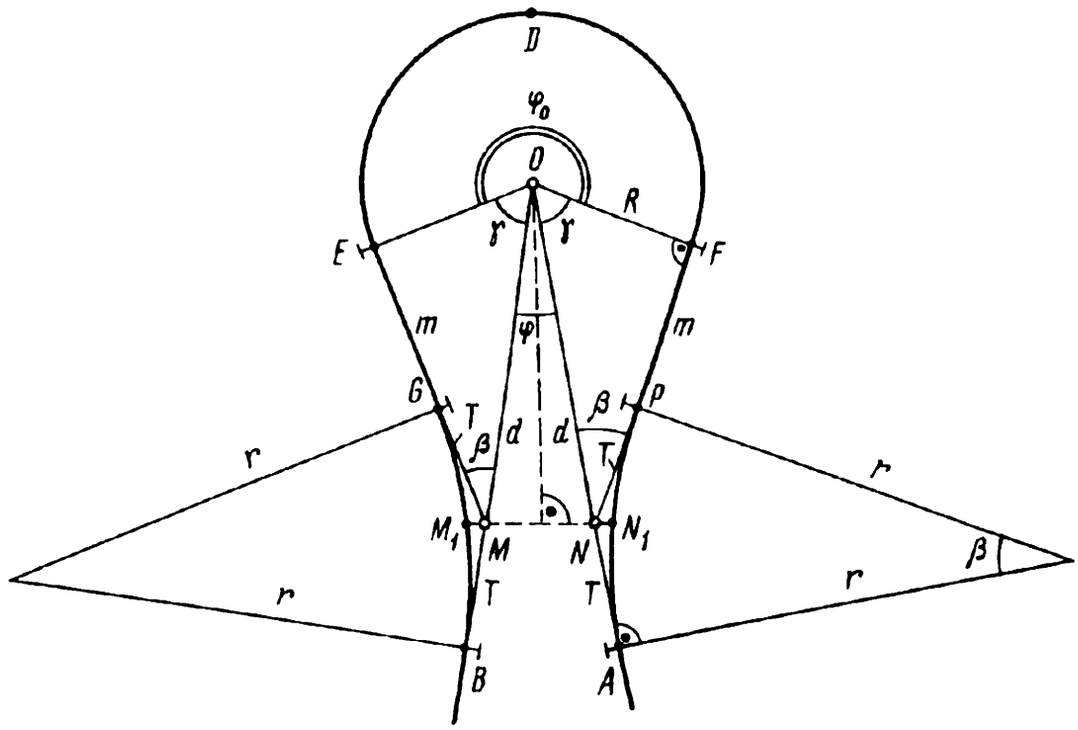


Рис. 70. Схема разбивки симметричной серпантины

$$T = r \operatorname{tg}\frac{\beta}{2};\ \gamma = 90° - \beta; \qquad \varphi_0 = 360° - 2\gamma - \varphi,$$

где угол φ измеряют в натуре;

$$\kappa_0 = \pi R \varphi_0 / 180°$$

где κ_0 — длина основной кривой;

$$a = \frac{R}{\sin\beta} = \frac{m+T}{\cos\beta}; \qquad \Delta S = 2(k_в + m) + k_0 - 2(d+T),$$

где ΔS —общее удлинение серпантины; $\kappa_в$ — длина вспомогательной кривой.

При разбивке на местности основных точек серпантины теодолит устанавливают в вершине угла поворота O и по стволу прямых OA и OB откладывают расстояние d, получая таким образом положение вершин N и M вспомогательных кривых. От точек N и M по линии NA и MB откладывают величину тангенса Т, получая точки A и B — начало и конец серпантины. Теодолитом от линий OA и OB строят углы γ, и вдоль полученного направления откладывают длину радиуса R основной кривой, получая точки F (начало основной кривой) и E (конец основной кривой). Строя угол $\varphi/2$ от линии OF или OE, и откладывая по полученному направлению величину R, получают точку D. Аналогично можно построить, если требуется, любое количество точек на основной кривой. Затем переносят теодолит в точку N, контролируют величину угла ONF, который должен отличаться от вычисленного угла β не более чем на 5′, и по направлению NF откладывают величину тангенса Т, получая точку P — конец вспомогательной кривой. Выполняя аналогичные действия на точке M, получают точку G — начало второй вспомогательной кривой. При разбивке пикетажа из пикетажного значения вершины угла поворота трассы O вычитают величину $d+\text{Т}$, получая пикетаж точки A — начала серпантины. Прибавив к полученному значению длину вспомогательной кривой $\kappa_в$, получают пикетаж конца этой кривой (точка P). Прибавив к этой величине длину прямой вставки m, получают пикетажное значение начала основной кривой (точка F). Прибавив к полученному пикетажу длину основной кривой κ_0, получают пикетажное значение конца кривой E и т. д.

При разбивке серпантин следят, чтобы в самом узком месте на прямой M_1N_1 укладывались части верхнего и нижнего дорожного полотна.

В сложных условиях приходится добиваться наилучшего вписывания серпантин в рельеф склона и проектировать и разбивать на местности несимметричные серпантины, у которых могут быть разные радиусы кривизны r_1 и r_2 вспомогательных кривых, разные прямые ветви m_1 и m_2 и смещенный центр серпатин с вершины угла O в более удобную точку C (рис. 71). Проектирование таких серпантин выполняют на планах косогора с горизонталями.

По заданным R, r, m находят основные элементы серпантин β, Т, d, γ, φ_0 по приведенным выше формулам и τ_1 и τ_2, η — по формулам

$$\sin\tau_1=\frac{S}{d}\sin(\varphi+\theta);$$

$$\sin\tau_2=\frac{S}{d}\sin\theta;$$

$$\varphi'=\varphi+\tau_1-\tau_2;$$

$$\beta_1=\beta-\tau_1; \qquad \beta_2=\beta+\tau_2;$$

$$\eta=180^\circ-(\varphi+0+\tau_1);$$

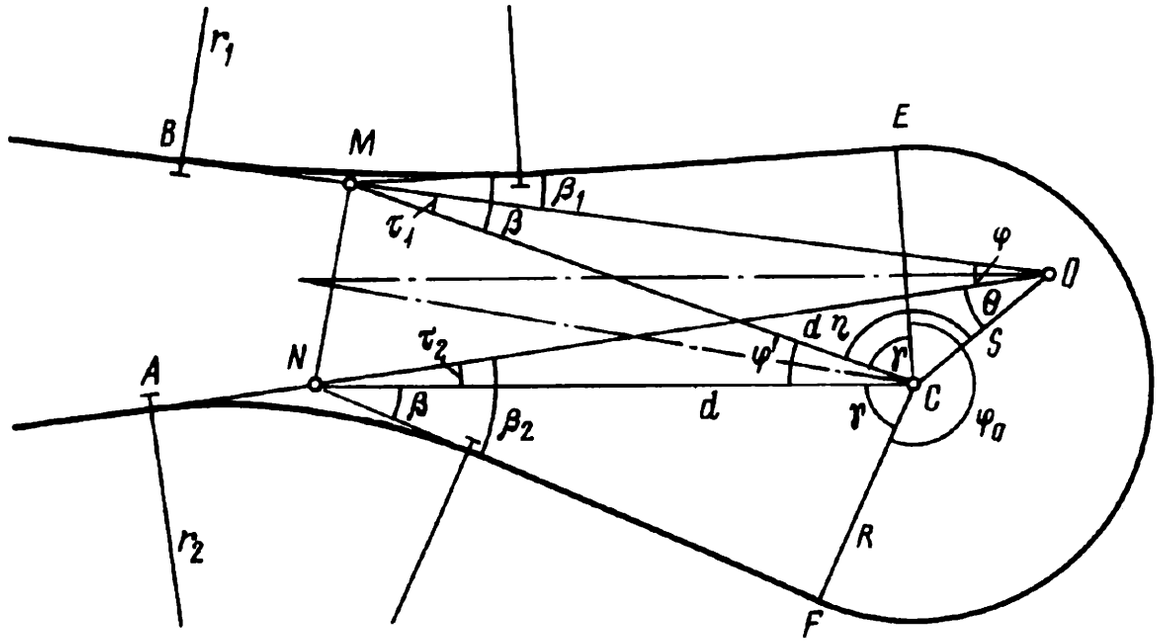


Рис. 71. Схема разбивки несимметричной серпантины

$$r_1 = \frac{T}{\operatorname{tg}\frac{\beta_1}{2}}; \qquad r_2 = \frac{T}{\operatorname{tg}\frac{\beta_2}{2}}$$

По полученным значениям радиусов r_1 и r_2 и углам β_1 и β_2, получают элементы вспомогательных кривых Т, $к_в$, Б.

При разбивке несимметричной серпантины на местности теодолит устанавливают в точке C, вынесенной предварительно по углу θ и расстоянию S, и строят углы η и φ'. Откладывая по полученным направлениям величины d, получают вершины вспомогательных кривых M и N. Затем строят углы γ (см. рис. 71) и, откладывая по полученным направлениям радиусы R, получают положение точек E и F и т. д.

При проектировании и трассировании автодорог на пучинистых мерзлотных грунтах необходимо учитывать сезонные поправки в отметки точек трассы. Поправки получают в процессе изысканий, например, из повторного нивелирования, выполненного во второй половине лета на ключевых участках местности.

Особенности изысканий магистральных трубопроводов. Изыскание и проектирование магистральных трубопроводов выполняют согласно СНиП П—45—75.

Проектирование крупных магистральных трубопроводов (в большинстве случаев — нефтегазопроводов) ведут обычно в две стадии: проект и рабочая документация. Этим стадиям проектирования предшествует разработка генеральной схемы. Проектирование трубопроводов малой протяженности (нефтегазопроводов, нефтепродуктопроводов, водопроводов местного значения) выполняют в одну стадию — рабочий проект.

Проектирование и изыскание различных трубопроводов (материалопроводов, фекальной, промышленной, ливневой канализации, теплофи-

кации и т. д.) на территориях городов, поселков, промышленных площадок проводятся в комплексе с проектированием и изысканием других объектов строительства на данной территории.

Составлению генеральной схемы предшествуют проблемные экономические и инженерно-технические изыскания. Инженерно-технические изыскания (инженерно-геодезические, инженерно-геологические и инженерно-гидрометеорологические) ведутся на основе сбора, изучения и обработки материалов прошлых лет и выборочной наземной визуальной рекогносцировки. При составлении генеральной схемы выбирают генеральное направление трассы на картах масштабов 1:500 000—1:1 000 000.

На стадии проекта проводят комплекс работ по камеральному трассированию, полевому и аэровизуальному обследованию, топографическим и аэрофотосъемкам, инженерно-геологическим и гидрологическим изысканиям. При этом необходимо учитывать, что для трубопроводов (в большинстве случаев — напорных) соблюдение определенных уклонов не обязательно. Гораздо более важно учитывать такие факторы, как механические свойства грунтов, их антикоррозийность, заболоченность или засоленность участков местности, положение уровней грунтовых вод, карстовые явления, оползни и др.

Не рекомендуют проектировать трубопроводы параллельно линиям электропередач. Направление трасс желательно выбирать вблизи дорог, обеспечивающих строительство трубопровода и его эксплуатацию.

Обязательному обходу подлежат населенные пункты, аэродромы, промышленные предприятия, разработки полезных ископаемых, труднопроходимые болота, железнодорожные станции и другие объекты.

Для уменьшения объемов строительных работ пересечение трубопроводных трасс автомобильными и железными дорогами должно выполняться по возможности под прямыми углами, а пересечение рек и оврагов, где требуется устройство дюкеров и эстакад, нужно проектировать в суженных местах с пологими (не обрывистыми) берегами при минимальной ширине заливаемой поймы.

Полевое трассирование выполняют на разных стадиях проектирования по обычной методике. Углы в магистральном ходе измеряют теодолитом двумя полуприемами с перестановкой лимба между ними примерно на 90°. Линии измеряют лентой, тросом или светодальномером. Разбивку пикетажа выполняют в большинстве случаев обычным порядком, но часто без учета поправок за уклон, так как по всей трассе трубопровод закладывают в грунт на одинаковую глубину, от поверхности земли и его продольный профиль в основном повторяет форму поверхности земли.

На поворотах трассы радиусы плановых кривых назначают в пределах 250—1000 м. Переходные кривые не проектируют.

По трассе выполняют техническое нивелирование. Невязки нивелирных ходов не должны превышать величины $50\sqrt{L}$ мм, где L — длина хода в км. На отдельных участках трассы выполняют топографические съемки различных масштабов (табл. 33).

Таблица 33

Участок трассы	Масштаб съемки	Ширина полосы съемки, м	Примечание
Полоса вдоль трассы	1:10 000	500—700	Горизонтальная съемка
Участки, оформленные на чертежах выносками (выполняют нивелиром или тахеометром по оси)	—	—	Профиль в масштабе 1:1000, 1:2000
Участки газопровода в горной местности	1:1000—1:2000	300	Со съемкой рельефа
Переходы через водные преграды, включая русловую часть, пересечение в одну нитку	1:1000	150—200	То же
Пойменная часть при переходе через водные преграды, пересечение в две нитки	1:1000—1:500	250	То же
Русловая часть при переходе в две нитки	1:500	150—200	То же
Переход через болото	1:1000—1:2000	150	То же
Переход через железные, автомобильные дороги, балки, овраги	1:1000	150—200	То же
Площадки под сооружения на линиях магистральных трубопроводов	1:1000—1:2000	По заданию	То же

При трассировании целесообразно применять электронные тахеометры. Известен, например, опыт полевого трассирования трубопроводов в незаселенной местности способом свободной станции, когда такой тахеометр устанавливают на высоком и устойчивом передвижном средстве. При помощи тахеометра со свободной станции задают направление трассы, выносят ее в натуру, определяют элементы плана и профиля, пересечения трассы с линейными сооружениями, привязывают опознаки, выполняют тахеометрическую съемку, разбивают круговые кривые и т. д. Для вычислений при необходимости используют программируемые микрокалькуляторы.

Русловую часть рек в местах пересечения их трассой трубопровода снимают промером по поперечникам (створам), прокладываемым параллельно основной оси перехода. Густоту поперечных профилей устанавливают в зависимости от ширины и характера рельефа русла, а также от масштаба съемки (табл. 34).

Особенности изысканий трасс воздушных линий электропередач и связи. Проектирование и изыскание ЛЭП выполняют в соответствии с ПУЭ—76 [31, 32]. В зависимости от напряжения воздушные ЛЭП подразделяют на линии до 35 и от 35 до 500 кВ.

При проектировании и изыскании трассы необходимо стремиться к ее максимальной прямолинейности. Желательно, чтобы трасса проходила по открытой непересеченной местности вдоль дорог и границ сельскохозяйственных угодий, по незатопляемым паводками берегам

Таблица 34

Ширина реки, м	Масштаб съемки	Расстояние (м) между	
		промерными профилями (створами)	точками на промерных профилях
Менее 100	1:500—1:1000	10—25	5—10
Менее 300	1:1000	25	10—20
Менее 500	1:2000	25—50	10—20
600—1000	1:500	50—100	20—30
1000—1200	1:5000	100—200	20—30

рек, в горной местности — по седловинам, минуя заболоченные участки, районы разработок полезных ископаемых, ценных лесонасаждений, аэродромов и т. д.

Надо стремиться к расположению опор на высоких точках профиля, чтобы обеспечить наибольший средний пролет и снизить стоимость линии. При необходимости пересечение болот проектируют на свайных опорах. Пересечение железных и автомобильных дорог намечают в местах выемок, а при их отсутствии — на нулевых отметках. ЛЭП с высшим напряжением должны пересекать ЛЭП с низшим напряжением сверху. Существуют ограничения на расстояния между параллельно идущими ЛЭП.

Минимально допустимое расстояние от нижних проводов до поверхности земли или какого-либо сооружения называют вертикальным габаритом приближения. Минимально допустимое расстояние от крайних проводов до боковых препятствий называют горизонтальным габаритом приближения. Вертикальный габарит приближения составляет обычно 7—10 м, и его величина зависит от напряжения линии и характера препятствия, над которым проходит ЛЭП. Горизонтальный габарит приближения может достигать 30—100 м. Габариты приближений учитывают при проектировании и трассировании ЛЭП.

Полевое трассирование ЛЭП выполняют в обычном порядке, разбивая пикетаж и проводя съемку вдоль трассы по 50 м с каждой стороны магистрального хода. Особенность разбивки пикетажа при трассировании ЛЭП в том, что полностью отпадает необходимость в разбивке кривых и учете домера.

Так как допуск на определение вертикального габарита достаточно свободен (около 25 см), возможна замена геометрического нивелирования по трассе тригонометрическим.

Под площадки для сооружений на трассе ЛЭП (подстанций) делают съемку в масштабе 1:1000—1:5000. Площади съемки могут составлять 5—20 га. Съемки целесообразно выполнять электро-оптическими и электронными тахеометрами.

Изыскания воздушных линий связи (междугородных, внутрирайонных и городских телефонных линий, сетей радиофикации, радиорелейных линий) аналогичны изыскания ЛЭП. Линии связи обычно проклады-

вают вдоль существующих железных и автомобильных дорог, где возникает много пересечений. Поэтому при проектировании и изысканиях необходимо особое внимание уделять габаритам приближений. Вертикальный габарит приближений на линиях связи составляет 2,5—8,5 м. Максимально допустимые сближения между линиями связи и другими воздушными линиями, контактной сетью электрифицированных железных дорог, растительностью регламентируются соответствующими инструкциями и должны составлять 1—25 м.

Система автоматизированного проектирования линейных сооружений. САПР линейных сооружений применяют еще не повсеместно, но к настоящему времени выполнены серьезные разработки в этой области, особенно для проектирования железных и автомобильных дорог. Ведущие проектные организации накопили значительный опыт в использовании САПР. Математическое программное обеспечение САПР автоматизирует большой объем нетворческих операций вычислительного процесса.

Спецификой изысканий железных и автомобильных дорог является необходимость многократного обращения в процессе камерального трассирования к одной и той же местности, поэтому целесообразно хранение основного объема информации о местности в запоминающих устройствах ЭВМ с возможностью создания вторичных моделей.

Основой для многовариантного трассирования являются цифровые модели местности (ЦММ). Основной исходной информацией для построения ЦММ являются: аэрофотосъемка полосы трассирования; геодезическое обоснование полосы трассирования; материалы крупномасштабной инженерно-геологической съемки и т. д. Построение ЦММ выполняется системой «фотограмметрическая аппаратура — ЭВМ». Выбор оптимальной трассы производится на ЭВМ в достаточно узкой полосе (500—1500 м).

Комплекс программ САПР позволяет осуществлять камеральное трассирование в плане и по высоте, проводить расчет поперечников, определять объемы земляных работ, стоимость строительства, данные для выноса трассы в натуру.

Выбор оптимальной трассы ведут методом последовательных приближений. Для каждого варианта плана трассы находят оптимальный проект продольного профиля. Расчет проектного продольного и поперечных профилей трассы ведется на основании «черных» профилей местности и принятых параметров проектирования, устанавливающих предельные уклоны линий, радиусы и углы поворотов вертикальных кривых, длины линий.

Разработки САПР автомобильных дорог осуществлены силами многих организаций: СоюздорНИИ, ЦНИС, ГПИ «Союздорпроект» и др. В последние годы применяют ландшафтное проектирование автодорог, представляющее собой современную модификацию прогрессивных направлений на основе комплексного применения фотограмметрических методов, их широкой автоматизации с помощью ЭВМ и периферийных устройств [19].

Ландшафтное изыскание наиболее полно выполняют на проектной стадии. Пространственное изыскание трассы в увязке с ландшафтом включает сбор картографических и фотограмметрических материалов, построение ЦММ для проектирования продольного профиля, построение перспективных изображений, проектирование искусственных сооружений и т. д.

Для ландшафтного проектирования составляют специальные фотограмметрические и фотоиллюстративные материалы в виде фронтальных и панорамных планов, стерео- и анаглифических фотосхем и фотокарт, фотоперспектив, фоторисунков, фотопанорам, киноперспектив, стереофотоперспектив, моделей дороги и местности. Стереомодели составляют, например, с позиций водителя, пешехода, туриста или птичьего полета.

Особенно ценным оказывается составление фотоперспектив, фотопанорам и фильмов при проектировании сложных участков автомобильной дороги, мостовых переходов. Фильмы могут быть получены на экране дисплея в процессе проектирования с перспектив, построенных на графопостроителе, с моделей и макетов. Применяют также САПР магистральных трубопроводов [3].

7.2. ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Изыскания гидроузлов. Гидроузлы занимают значительные площади — до 10 км^2, а с водохранилищами - до 200—300 км^2. Это обусловливает большой объем инженерно-геодезических и особенно топографических изысканий. На начальном этапе составления проекта для выбора варианта размещения гидроузла изыскания выполняют на конкурирующих площадках в минимальном объеме. Предпочтение отдают участкам с наименьшей шириной поймы реки. Это сокращает объемы строительных работ, размеры сооружений и площади, затопляемые водохранилищами.

Геологическое строение участка должно гарантировать устойчивость сооружения. Основание сооружений гидроузла должно иметь прочные, нефильтрующие грунты и породы, не имеющие нарушений в залегании их пластов при определенной их ориентации к створу плотины. Особо тщательному изучению подвергают физико-геологические явления, экстремальные проявления которых могут привести к разрушению плотин, одновременному сбросу водохранилища и серьезным материалам и социальным потерям в народном хозяйстве. В особых случаях в районах предполагаемого строительства организуют станции по наблюдению за землетрясениями, движениями пород основания и т. д.

В процессе изысканий и проектирования гидроузлов комплексно решается вопрос размещения не только его основных сооружений, но и жилого поселка, дорог, ЛЭП и т. д.

Инженерно-геодезические и топографические изыскания на этапе выбора площадки под строительство гидроузла начинают со сбора

имеющихся топографо-геодезических материалов. В качестве обзорных могут служить мелкомасштабные карты 1:300 000—1:1 000 000.

Основными материалами для выбора площадки служат топографические карты масштабов 1:25 000—1:100 000. На район намечаемых гидроузлов на равнинных реках необходимо иметь карты масштабов 1:10 000—1:25 000, на горных — 1:5000. В необходимых случаях в этот период могут дополнительно быть выполнены рекогносцировочные полевые обследования местности. В случае отсутствия удовлетворительных по качеству топографических материалов указанных масштабов выполняют соответствующие топографические съемки местности и наиболее рациональными и экономичными для конкретного случая методами.

На этапе выбора площадки для строительства гидроузла и других сопутствующих ему сооружений широко могут быть использованы чернобелые и цветные материалы аэрофотосъемки, по которым в некоторых случаях достаточно составления стереотопографических планов без полевой подготовки аэроснимков, используя лишь опознаваемые элементы местности, координаты которых определяют по имеющимся топографическим картам [15]. Такие планы, в отличие от топографических материалов прежних лет, отражают современное состояние местности и положение контуров. В США для этих целей вместо специализированных аэрофотокамер с гиростабилизирующей платформой используют также ручные зеркальные фотокамеры с $f=35$ мм, устанавливаемые на небольших самолетах или вертолетах.

В этот же период камеральным путем или в результате специальных полевых измерений составляют и анализируют поперечные и продольные профили характерных участков долины реки, выполняют некоторые гидрологические и геологические инженерные изыскания, обеспеченные соответствующими планово-высотными геодезическими привязками объектов наблюдений.

После утверждения варианта размещения гидроузла на выбранной площадке выполняют подробные инженерные изыскания. Создают планово-высотные геодезические сети, выполняют крупномасштабные топографические съемки местности.

Территория строительной площадки ГЭС на равнинной реке должна быть обеспечена съемкой в масштабе 1:2000, на горной реке — 1:1000 с сечением рельефа 0,5 1,0 м. Выполняют трассирование с разбивкой пикетажа по осям таких основных гидротехнических сооружений, как створ плотины, шлюзы, напорные трубопроводы, подводящие и отводящие каналы. По этим трассам прокладывают теодолитные ходы. Отметки пикетов определяют техническим нивелированием. Профили этих трасс составляют в горизонтальном масштабе 1:1000—1:2000, в вертикальном — 1:100—1:200.

Съемку территории будущего небольшого по площади водохранилища на равнинной реке или любого — на горной выполняют в масштабе 1:10 000, большего по площади водохранилища (более 100 км^2) — в масштабе 1:25 000. Съемку участков территорий под населенные

пункты, защитные плотины и дамбы обвалования выполняют в масштабе 1:1000—1:2000.

На стадии разработки рабочей документации на наиболее сложных и ответственных участках территории гидроузла, предназначенных под водосливную плотину, здание ГЭС, камеры шлюзов, насосные станции выполняют мензульную или тахеометрическую съемку в масштабах 1:500, 1:1000. На горных реках вся территория гидроузла может быть покрыта съемкой масштаба 1:1000.

Одновременно на территории гидроузла выполняют изыскания подъездных железных и автомобильных дорог, линий электропередач, связи, водоснабжения, канализации, теплофикации и других сооружений, необходимых для обеспечения строительства, нормальной эксплуатации сооружений гидроузла и проживания населения.

В период всех стадий изысканий производятся геодезическое обеспечение инженерно-геологических и инженерно-гидрологических работ, съемки участков месторождений строительных материалов (песка, глины, камня), которые могут быть расположены за пределами территории гидроузла.

В горных районах для составления планов береговых склонов в масштабе 1:500, строительных участков местности с обрывистыми и обратными склонами для проектирования врезки арочных плотин и других сооружений может быть с успехом применена фототеодолитная съемка. Станции для съемок могут быть расположены по обоим берегам. Положение контрольных точек может быть определено угловыми засечками с пунктов планового обоснования гидроузла. Обработку фотоснимков производят на стереоавтографах.

Изыскания магистральных каналов. Изысканиям магистральных каналов присущи все особенности линейных изысканий. Кроме того, при их проведении особые требования предъявляются к высотной геодезической основе, особенно при изысканиях самотечных каналов.

На этапе выбора вариантов трассы магистрального судоходного или ирригационного канала необходимы топографические карты в масштабе 1:100 000 на весь район возможного проложения трассы, топографические карты в масштабе 1:25 000 полосы местности шириной несколько километров вдоль самого приемлемого направления. Если часть трассы канала может совпадать с руслом существующей реки, то необходимо иметь ее продольный профиль. На длинных трассах на этапе выбора наилучшего направления эффективно применять маршрутную аэрофотосъемку.

На выбранной трассе канала производят детальные инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрологические, почвенные, ботанические и другие изыскания.

Вдоль намеченной трассы канала в полосе местности шириной до 3 км создают планово-высотную основу в виде геодезической сети сгущения путем проложения ходов светодальномерной полигонометрии или построения триангуляции 1 и 2 разрядов, опирающихся на пункты

государственной плановой сети 1—4 классов. Плановая сеть съемочного обоснования выполняется в виде системы теодолитных ходов и микротриангуляции. Технические характеристики сетей сгущения и съемочного обоснования для каналов даны в табл. 35 [15].

По пунктам полигонометрии и триангуляции 1 и 2 разрядов прокладывают ходы нивелирования III и IV классов. Длины ходов нивелирования III класса не должны превышать 75 км, нивелирования IV класса — 25 км. Ходы нивелирования III класса должны опираться на реперы нивелирования более высоких классов точности. Ходы нивелирования должны быть закреплены постоянными реперами, густота которых должна быть доведена на стадии разработки проекта до 1 репера через каждые 5 км, на стадии разработки рабочей документации — через 3 км.

Таблица 35

Показатель	Разряд полигонометрии		Теодолитные ходы	Разряд триангуляции		
	1	2		1	2	Внеразрядная микротриангуляция
Предельные длины ходов между исходными пунктами, км						
в зоне канала	30	15	8	—	—	—
на участках сооружений	—	4	3	—	—	—
Длины сторон хода (треугольников), км						
в зоне канала	1—2	0,5—1,0	0,2—0,5	5	1—1,5	0,5—0,7
на участках сооружений	—	—	—	—	0,5—1,0	0,2—0,5
Наибольшее число треугольников	—	—	—	Вставка отдельных пунктов и фигур	16	16
Средняя квадратическая ошибка, измерения угла, с	5	10	30	5	10	30
Предельные относительные навязки ходов	1:10 000	1:5000	1:2000	—	—	—
Предельные невязки в треугольниках, с	—	—	—	20	40	60
Предельная относительная ошибка исходной стороны	—	—	—	Ошибка стороны триангуляции 1—4 классов	1:10 000	1:5000

Дальнейшее развитие нивелирной сети в зоне проектируемого канала на участках гидротехнических сооружений, жилых поселков и других объектов осуществляют проложением ходов технического нивелирования, предельная длина которых не должна превышать 15 км — для обеспечения топографической съемки с высотой сечения рельефа 1 м и 4 км — с высотой сечения рельефа 0,5 м.

На стадии разработки проекта вдоль трассы полосой 1—2 км и на территории проектируемых водохранилищ выполняют топографическую съемку в масштабах 1:5000—1:10 000 с высотой сечения рельефа 1—2 м, а на участках, предназначенных для гидротехнических сооружений, жилых поселков, промышленных баз и т. д.— 1:2000—1:5000 с высотой сечения рельефа 0,5—1,0 м.

Выполняют трассировочные работы по оси канала, изыскания других линейных сооружений (дорог, ЛЭП и т. д.), обеспечение инженерно-геологических, инженерно-гидрологических работ геодезическими данными.

На стадии разработки рабочей документации выполняют окончательный вынос в натуру трассы канала по правилам, единым для всех линейных сооружений. Вынос трассы в натуру должен быть процессом творческим, а не чисто техническим. В процессе этой работы окончательно уточняют положение трассы с учетом конкретных условий местности (расположения фундаментальных строений и сооружений, сельскохозяйственных угодий и объектов, небольших солончаков и т. д.), закрепляют трассу в натуре, выполняя разбивку пикетажа и поперечников, круговых кривых (переходные и вертикальные кривые на каналах отсутствуют) и установку створных точек (дополнительных углов — ДУ) на длинных прямолинейных участках.

Вынос трассы в натуру обычно выполняют проложением теодолитных ходов, привязку которых осуществляют к пунктам полигонометрии или триангуляции, расположенным в зоне канала. Для проложения теодолитных ходов очень удобно применять современные электронные тахеометры. По пикетам выполняют техническое нивелирование.

По результатам этой работы составляют продольный профиль трассы в масштабах: горизонтальный — 1:2000—1:10 000, вертикальный — 1:100—1:200. Поперечные профили составляют в горизонтальном и вертикальном масштабе 1:100—1:500.

На стадии разработки рабочей документации выполняют также топографические съемки в масштабе 1:1000—1:2000 участков местности под гидротехнические сооружения на трассе канала, жилые поселки и другие специальные объекты.

Изыскания объектов мелиорации. В процессе проектирования оросительной (рис. 72) и осушительной (рис. 73) сети для составления общей схемы или технико-экономического обоснования требуются карты в масштабе 1:100 000—1:200 000.

При схематичном проектировании отдельных крупных сооружений (каналов, плотин, водохранилищ, участков лиманного орошения и т. д.) требуются топографические карты масштабов 1:10 000—1:25 000

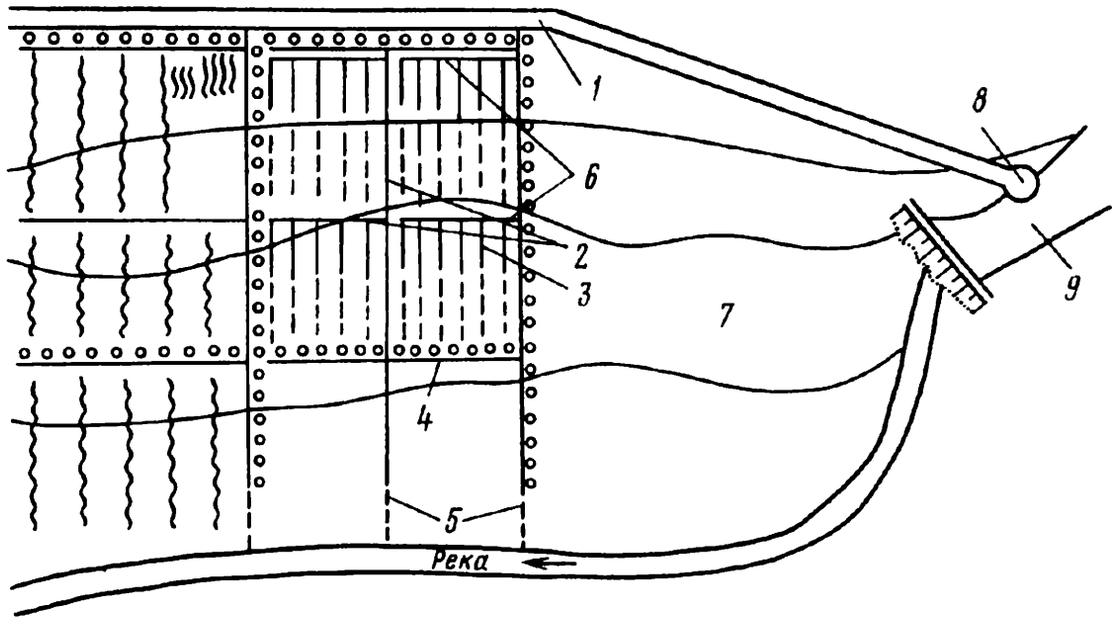


Рис. 72. Схема оросительной системы:

1 — магистральный канал; *2* — ороситель; *3* — борозды; *4* — внутрихозяйственный распределитель; *5* — концевые сбросы; *6* — выводные борозды; *7* межхозяйственный распределитель; *8* — водозаборное сооружение; *9* — водохранилище

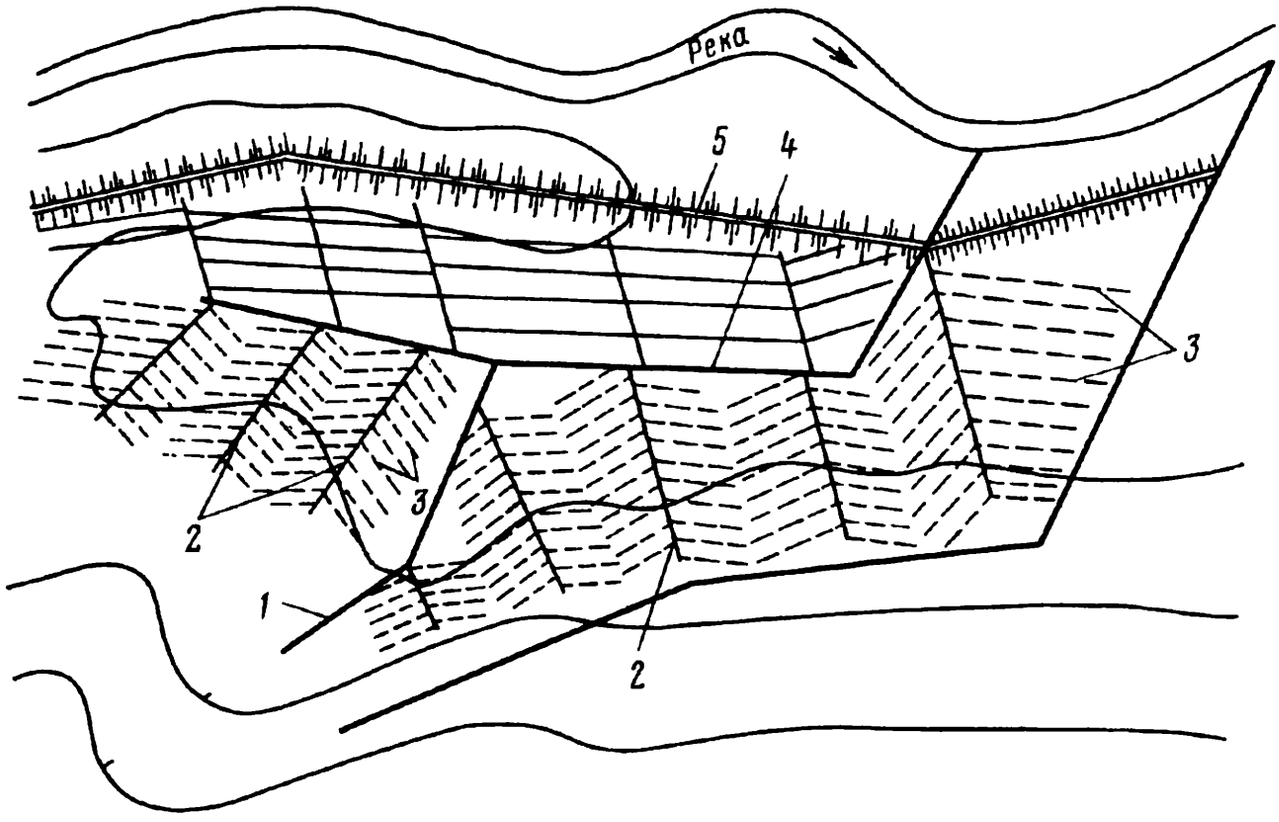


Рис. 73. Схема осушительной системы:

1 — ловчий канал; *2* — коллектор; *3* — дрены; *4* — магистральный канал; *5* — дамба обвалования

[29]. При разработке детальных проектов строительства оросительных и осушительных систем на стадии проекта и рабочей документации (при двухстадийном проектировании) или рабочего проекта (при одностадийном проектировании) выполняют крупномасштабные топографические

съемки с сечением рельефа 0,5—1,0 м, а на отдельных участках — 0,25 м. Масштаб съемки задают проектировщики в зависимости от стадии проектирования, вида системы мелиорации и характера местности. Съемку площадок под плотины, гидротехнические сооружения (акведуки, дюкеры, насосные станции), напорные трубопроводы на бетонных фундаментах и другие сооружения выполняют в масштабах 1:500—1:2000. Съемку территории проектируемого водохранилища выполняют в масштабах 1:2000—1:25 000.

На объектах оросительной и осушительной мелиорации выполняют большой объем трассировочных работ. В оросительных системах открытого типа вода из магистрального канала (см. рис. 75) в межхозяйственные (к отдельным хозяйствам или севооборотным массивам) и внутрихозяйственные (к полям и поливным участкам) распределители подается преимущественно самотеком, поэтому магистральные каналы трассируют по водораздельным точкам территории, чтобы обеспечить обслуживание возможно большей площади орошения. Высота уровня воды в канале старшего порядка должна быть на 5—10 м больше, чем в канале младшего порядка. Каналы проектируют по возможности прямолинейными, с минимальным уклоном. Для сохранения целостности орошаемой территории трассы каналов должны проходить по границам хозяйств, севооборотных массивов и полей. При трассировании напорных трубопроводов закрытых оросительных систем с поливным дождеванием геодезические работы значительно упрощаются.

На объектах мелиорации выполняют также работы по трассированию дамб, обвалования, проводящих и ловчих каналов, коллекторов и т. д. (см. рис. 72, 73).

На этапе предварительных изысканий выполняют камеральное трассирование по имеющимся топографическим материалам. В процессе этой работы подсчитывают объем земляных работ по вариантам, выбирают местоположение гидротехнических сооружений. Окончательный вариант выбирают после полного обследования намеченных вариантов.

Полевое трассирование производят, если масштаб топографической карты на массив мелиорации мельче 1:10 000 с высотой сечения рельефа более 1,0 м, а на участках со сложным рельефом — мельче 1:5000 с высотой сечения рельефа более 0,5 м [29].

Полевое трассирование выполняют по заданному направлению или уклону путем проложения теодолитного хода с разбивкой пикетажа, поперечников, круговых кривых и проложения хода технического нивелирования.

При трассировании по заданному направлению определяют на местности положение начала, вершин углов поворота и конца трассы в соответствии с проектом и исходными данными. Ось трассы на местности закрепляют знаками. На прямолинейных участках через 400—500 м закрепляют створные точки — дополнительные углы.

При трассировании по заданному уклону нивелир устанавливают в 100—150 м от начала трассы (ПКО) по направлению трассы, а рейку — на начало трассы, берут отсчет a_1 и расстояние по дальномерным

нитям d_1. Вторую рейку устанавливают примерно на таком же расстоянии d_2 дальше по трассе ($d_1 \approx d_2$). Затем перемещают эту рейку по склону, добиваясь отсчета по ней $a_2 = a_1 + i\,(d_1 + d_2)$, где i — проектный угол. Например, при $d_1 = 150$ м, $d_2 = 152$ м, $i = 0{,}001$, $a_1 = 1300$ мм получим $a_2 = 1300 + 0{,}001 \cdot 302\,000 = 1600$ мм.

При необходимости определяют отметки промежуточных точек. Далее операции повторяют. Намеченные точки закрепляют вешками. Затем трассу спрямляют и выбирают место вершины угла поворота ВУ1 так, чтобы намеченные точки располагались равномерно по обе стороны линии ПКО—ВУ1. После выбора таким же путем ВУ2 точку ВУ1 закрепляют постоянным знаком. Далее действия повторяют по всей трассе. По закрепленной таким образом трассе прокладывают теодолитный ход, разбивают пикетаж, поперечники, круговые кривые. Отметки точек трассы определяют техническим нивелированием.

По каждой трассе составляют продольный профиль в масштабах: горизонтальный профиль — 1:500—1:10 000, вертикальный — 1:100. Поперечные профили строят в масштабах: горизонтальный — при их длине до 50 м — 1:100, при большей длине — 1:200; вертикальный — 1:100. Для автоматизации получения профиля можно применить лазерный профилограф (Новая геодезическая техника и ее применение в строительстве/Под ред. Дементьева В. Е.— М.: Высшая школа, 1982).

Для нивелирования площадок под проектируемые или реконструируемые рисовые чеки может быть применено нивелирование по квадратам. Предварительную разбивку мест постановки реек выполняют при помощи теодолита и рулетки. Можно применить комбинированный способ, когда положение рейки в плане определяют полярным методом при помощи теодолита и мерного прибора (рулетки или нитяного дальномера), а определение превышения выполняют при помощи нивелира. Можно выполнять тахеометрическую съемку площади при помощи электронных таксометров Та5, Та3, ЭОТ2000, Рекота, Рета и др.

При нивелировании площадей эффективно использовать лазерный прибор «Геоплан 300» с вращающимся лазерным пучком, создающим световую плоскость. Для съемки рельефа в этом случае необходима плановая привязка точек установки рейки. Если имеется контурный план или фотоплан, задача сводится к опознанию деталей местности. В других случаях выполняют трассирование по отдельным направлениям или разбивку местности на квадраты. По сравнению с обычными методами съемки рельефа этот метод имеет преимущество в том, что оператор-реечник лучше видит детали местности, чем топограф, стоящий у прибора (например, тахеометра), и выбирает характерные точки более обоснованно.

Для аналогичных съемок можно использовать отечественные системы контроля планировки СКП-1 и САУЛ-1 (рис. 74). Лазерный передатчик *3*, задающий горизонтальную световую плоскость *2*, устанавливают в центре снимаемой территории (рис. 74). Определение отметок точек производит оператор-реечник при помощи специальной фоторейки *1*, имеющей подвижное фотоприемное устройство. Оператор пере-

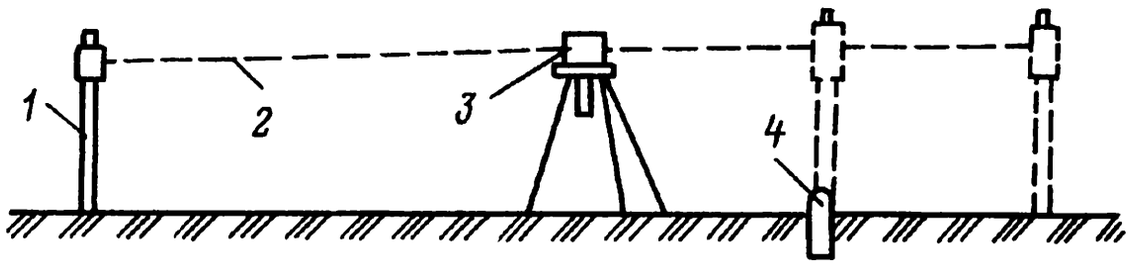


Рис. 74. Схема съемки системами СКП-1 и САУЛ-1:

1 — фоторейка; *2* — световая плоскость; *3* — лазерный передатчик; *4* — репер

мещает фотоприемное устройство до момента его пересечения со световой плоскостью и берет соответствующий отсчет. Отметку лазерной плоскости определяют путем установки фоторейки на репер *4*. Удаленность рейки от передатчика может составлять до 300 м. Места установки рейки определяют так же, как и при съемке прибором «Геоплан 300».

7.3. ИЗЫСКАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ, ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Инженерно-геодезические изыскания площадных сооружений (заводов, фабрик, отдельных цехов и промышленных сооружений, жилых и административных зданий на территории городов и поселков) в основном сводятся к крупномасштабным съемкам площадок, трассированию подъездных путей и коммуникаций, разбивке и привязке геологических выработок.

Инженерные изыскания для промышленного строительства необходимо выполнять в соответствии с общими требованиями, установленными СНиП по инженерным изысканиям для строительства, требованиями «Инструкции по инженерным изысканиям для промышленного строительства» [16], а также «Инструкции по топографо-геодезическим изысканиям для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства» (СН 212—73), СНиП по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения.

Основные принципы выбора площадок под промышленные объекты и жилые массивы изложены в гл. 2. Для сравнения и оценки намеченных вариантов размещения строительства и предполагаемых направлений трасс внеплощадочных коммуникаций осуществляют сбор и анализ имеющихся топографических карт и планов масштабов 1 : 100 000—1:5000. В случае необходимости выполняют полевое обследование территории намеченных вариантов площадки. При отсутствии полноценных топографо-геодезических материалов на предполагаемых площадках, по согласованию с заказчиком, выполняют инженерно-геодезические съемки.

На выбранной площадке строительства и трассах внеплощадочных коммуникаций выполняют крупномасштабные съемки и другие топографо-геодезические работы, необходимые для разработки генерального плана и проектирования зданий и сооружений, включая коммуникации.

В табл. 36 представлены рекомендуемые в [16] масштабы съемок.

Для составления проектов планировки крупных промышленных районов (при разработке ТЭО), обзорных проектов инженерных сооружений выполняют съемки масштаба 1:5000. Более крупные масштабы съемок, из предусмотренных в табл. 37, следует устанавливать при проектировании крупных и сложных объектов, сложном рельефе, при проложении трасс коммуникаций на застроенных территориях. Топографические съемки в масштабе 1:500 производятся, как правило, на застроенных территориях. Для этого масштаба съемок программой изысканий может быть установлена высота сечения рельефа через 0,25 м. Ширина полосы съемки ситуации вдоль трассы должна составлять 100 м для незастроенной территории, а для застроенной — ограничиваться шириной проезда (улицы).

Для разных промышленных объектов выполняют различные объемы крупномасштабных съемок. В табл. 37 представлены средние площади предприятий различного назначения.

Естественно, крупномасштабной съемке подлежат несколько бóль-

Таблица 36

Участок топографической съемки	Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м
Участки строительства (реконструкции, расширения) зданий и сооружений в пределах промышленной площадки	1:2000; 1:1000; 1:500	2; 1; 0,5
Участки строительства ограждающих дамб (плотин), накопителей промышленных отходов и стоков	1:2000; 1:1000	2; 1; 0,5
Участки строительства сооружений водопровода на базе:		
подземных вод (водозаборные сооружения, станции очистки и др.)	1:1000; 1:500	1; 0,5
поверхностных вод (водозаборные сооружения, береговые колодцы, насосные станции, станции очистки и др.)	1:2000; 1:1000; 1:500	2; 1; 0,5
Участки строительства сооружений канализации:		
очистные сооружения, насосные и воздуходувные станции и др.	1:1000; 1:500	1; 0,5
поля фильтрации и орошения	1:2000	1; 0,5
Трассы внеплощадочных коммуникаций (подъездные автодороги и железнодорожные пути, трубопроводы водоснабжения, канализации, промышленных стоков и др.):		
полосы местности вдоль трассы	1:5000; 1:2000	2; 1; 0,5
переходы трасс через естественные препятствия (водотоки, водоемы и др.)	1:2000; 1:1000; 1:500	1; 0,5
пересечения и сближения трасс с транспортными и другими коммуникациями и сооружениями	1:1000; 1:500	1; 0,5
сосредоточенные резервы	1:2000; 1:1000	1; 0,5

Таблица 37

Предприятия	Средняя площадь, га	Предприятия	Средняя площадь, га
Черной и цветной металлургии	500	Химические	50—300
Машиностроительные и металлообрабатывающие	200	Строительной промышленности	10—30
Добывающей промышленности (без учета территорий открытых или закрытых разработок)	50—200	Лесной и бумажной промышленности	50—100
Судостроительные	100	Текстильные	5—10
		Пищевой промышленности	5—10

шие территории. Границы съемки отстоят обычно от границ проектируемого предприятия на 100—200 м, не считая трасс коммуникаций. Основные принципы создания планово-высотного обоснования и методик выполнения крупномасштабных съемок изложены в гл. 4.

Для изучения площадки в геологическом и гидрологическом отношениях проектируют сеть геологических скважин, относительно равномерно расположенных (например, через 100 м) на территории предполагаемого строительства. В задачу геодезистов входит вынос запроектированной сети скважин и шурфов в натуру, а затем привязка их, в основном, по высоте (см. гл. 5).

Новые жилые и административные здания проектируют и размещают на свободных городских территориях или на участках сносимых ветхих строений, которые не подлежат капитальному ремонту и не представляют исторической ценности.

Для составления генеральных планов городов или крупных жилых районов выполняют съемки масштаба 1:5000. Для разработки генеральных планов малых городов, поселков городского типа, сельских населенных пунктов, эскизов застройки выполняют съемки масштаба 1 : 2000.

Съемки масштаба 1:1000 выполняют для составления проектов (рабочих проектов) и рабочей документации территорий с одноэтажной застройкой. Съемки масштаба 1:500 выполняют для разработки рабочей проектной документации территорий с многоэтажной капитальной застройкой.

Для проектирования отдельных жилых и административных зданий выполняют обычно съемки масштаба 1:500. Границы съемки под конкретное проектируемое здание определяются, во-первых, границей землеотвода, в пределах которой располагается само здание, объекты благоустройства, подъезды, детские площадки и т. д., во-вторых, границей площадки, отведенной под строительство. Эта граница обычно больше, чем граница землеотвода. Кроме того, съемке в масштабе 1:500 подлежат полосы (на застроенной территории обычно шириной 40—50 м) вдоль проектируемых трасс подключения к существующим сетям. Точки подключения таких трасс на застроенной территории могут располагаться достаточно далеко от проектируемого здания.

Границы землеотвода, территории, отведенные для строительства, и полосы проектируемых трасс обозначаются проектировщиками на схемах или выкопировках планов масштабов 1:2000—1:5000. Эти схемы или выкопировки передаются изыскательской организации в качестве приложения к заданию на проведение изысканий и съемок в масштабе 1:500.

На застроенной территории съемка производится периодически. Если на данную территорию имеются достаточно свежие материалы съемок, то в процессе изысканий выполняют только обследования площадки и трасс проектируемых коммуникаций с выявлением и досъемкой последних изменений.

При проектировании конкретных промышленных, жилых и административных зданий инженерно-геологические изыскания заключаются, преимущественно, в бурении скважин по основным осям проектируемых фундаментов или по контуру зданий и сооружений, отборе и испытаниях образцов грунта.

Частота расположения скважин и глубина их бурения зависят от сложности инженерно-геологических условий площадки, размеров зданий, их статических характеристик, динамических параметров оборудования — задаются проектировщиками. Расстояние между скважинами может быть 20—100 м. Разбивка этих скважин согласно проекту и привязка их к геодезической планово-высотной сети выполняется традиционными геодезическими методами (см. гл. 5).

Некоторыми особенностями отличаются изыскания аэропортов. На стадии проекта выполняют топографическую съемку площадки аэропорта и прилегающей территории в масштабе 1:5000 с высотой сечения рельефа 0,5 м. На этой же стадии выполняют трассирование на местности намеченного направления главной летной полосы, разбивку параллельной этому направлению опорной геодезической сети в виде сетки квадратов со сторонами 400×400 м или прямоугольников размерами 400×200 м, плановую съемку районов воздушных подходов с подробной характеристикой препятствий, определением их высоты и отметок основания.

На стадии разработки рабочей документации производят съемку территории аэродрома в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 0,25 м путем нивелирования по квадратам, съемку территории застройки в масштабе 1:500—1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5 м, изыскания трасс коммуникаций, ливнесточных коллекторов и др.

Обоснованием для съемки участка летного поля аэродрома в масштабе 1:2000 служит сетка основных квадратов 400×400 м, опирающаяся на пункты геодезической основы. Внутри основных квадратов разбивают пикетажную сетку со сторонами 40×40 м (для съемки в масштабе 1:1000 — 20×20 м). Пикетажную сетку закрепляют колышками со сторожками. Точки 200-метровых квадратов закрепляют столбами. Кроме вершин сетки, в натуре отмечают характерные точки перегиба рельефа (плюсовые точки). Одновременно с разбивкой пикетажной сетки ведут съемку ситуации способами полярным, перпендикуляров, засечек.

Затем выполняют нивелирование точек пикетажной сетки и плюсовых точек обычно с одной станции в 200-метровом квадрате.

Планы воздушных подходов составляют на основе имеющихся топографических карт и фотопланов. Определение высот существующих зданий, сооружений и других высоких препятствий в зоне выполнения взлетно-посадочных операций выполняют способами тригонометрического нивелирования, прямой пространственной засечки, вертикальной засечки, наземной стереотопографической съемки.

При способе прямой пространственной засечки на местности выбирают базис $AB=b$, и привязывают его к геодезической основе площадки в плане и по высоте. Используя величину базиса b и измеренные горизонтальные углы $CAB=\alpha$ и $CBA=\beta$, по теореме синусов находят расстояние $AC=l_A$ и $BC=l_B$ до препятствия C:

$$l_A=b\sin\beta/\sin(\alpha+\beta);$$
$$l_B=b\sin\alpha/\sin(\alpha+\beta);$$

а по измеренным вертикальным углам γ_A и γ_B соответственно на точках A и B на верхнюю точку препятствия C — дважды его высоту:

$$H_{CA}=H_A+i_A+l_A\operatorname{tg}\gamma_A;$$
$$H_{CB}=H_B+i_B+l_B\operatorname{tg}\gamma_B,$$

где i_A и i_B — высота приборов на точках A и B; H_A и H_B — отметки точек A и B.

В способе вертикальной засечки на разной высоте выбирают на местности две точки M и N (рис. 75), с которых хорошо видна вершина препятствия C. Точки N, M и C должны лежать в одном створе. Измеряя расстояния l и d, углы наклона γ_1 и γ_2, превышение Δh между точками M и N, можно получить

$$h=(l\sin\gamma_1\sin\gamma_2+\Delta h\sin\gamma_1\cos\gamma_2/\sin(\gamma_2-\gamma_1)).$$

Высоту вершины C находим по формуле $H_C=H_N+i_N+h$. Если $l=0$, т. е. измерения проводятся с одной точки M при двух горизонтах прибора, то

$$h=\Delta h\sin\gamma_1\cos\gamma_2/\sin(\gamma_2-\gamma_1).$$

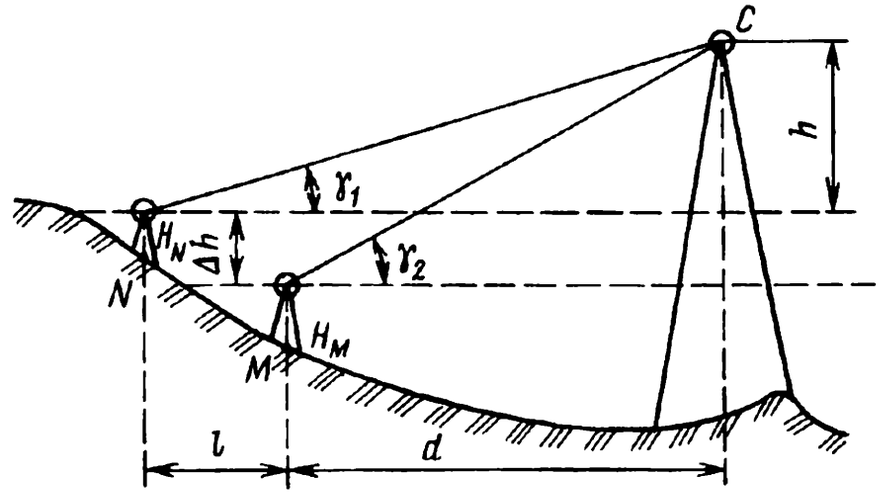


Рис. 75. Схема способа вертикальной засечки

В результате такой съемки составляют план и профиль воздушных подходов.

Одновременно с геодезическими работами на площадке проводят инженерно-геологические, гидрологические, почвенные и метеорологические изыскания.

7.4. ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

При выборе площадки для строительства прецизионного сооружения необходимо учитывать много различных экономических, социальных и природных факторов, часто вступающих в противоречия друг с другом.

Крупные ускорители заряженных частиц и работающие на их базе научные центры следует располагать вблизи таких городов, в которых сконцентрированы научные кадры. К тому же эти сооружения должны быть приближены к источникам электроэнергии, так как один крупный ускоритель может потреблять столько электроэнергии, сколько ее потребляет небольшой город.

Атомные электростанции, являющиеся объектами повышенной социальной опасности, нецелесообразно располагать вблизи крупных населенных пунктов, в то же время экономически невыгодно слишком удалять их от потребителей электроэнергии. К тому же они, как и любые энергетические объекты, должны располагаться вблизи водоемов или рек.

Крупные радиотелескопы не имеет смысла располагать вблизи объектов, вызывающих помехи в их работе, например, крупных аэродромов.

Когда район строительства конкретного объекта определен, исходя из приведенных выше и других соображений экономического и социального характера, необходимо по результатам изысканий выявить площадку для строительства. Состав инженерно-геодезических, инженерно-геологических и других видов изысканий для прецизионных объектов в принципе совпадает с составом изысканий для промышленных и жилых сооружений. Необходимо производить крупномасштабные топографические съемки местности, выполнять изыскания подъездных дорог и трасс коммуникаций описанными выше методами. Так как нормальная работа прецизионных сооружений зависит от высокой стабильности их элементов, устойчивости основания, особое внимание уделяют изучению гидрогеологических условий площадки, оценкам сжимаемости грунтов. Лучшими основаниями для строительства прецизионных сооружений считают базальты, известняки, песчаники, галечники.

Опыт показал, что осадки фундаментов на таких основаниях незначительны и быстро затухают. Но имеют место природные факторы, вызывающие деформации основания. Такими природными факторами могут быть сезонные изменения температуры и влажности пород, колебания уровня грунтовых вод и т. д. Могут иметь место техногенные

причины деформации основания, вызывающие смещения пород: изменения природного давления при возведении вблизи объекта различных массивных сооружений и вскрытии строительных котлованов, искусственное нарушение гидротермического режима пород основания и т. д.

Деформации пород основания сооружения, вызванные этими факторами и называемые микросмещениями, относительно невелики по величине, не разрушают целостности основания, но могут явиться причинами нарушения нормальной работы технологического оборудования. Эти деформации могут быть разными по величине на различных горизонтах основания.

Таким образом, для прецизионных сооружений в процессе изыскательских работ мало выбрать площадку для строительства, удовлетворительную в экономическом, топографическом, геологическом и метеорологическом отношениях. Важно еще выбрать горизонт заложения фундаментов сооружения. В связи с этим в период изысканий некоторых прецизионных сооружений (крупных ускорителей заряженных частиц, радиотелескопов) возникает еще один вид работ — наблюдения за микросмещениями пород основания под воздействием, преимущественно, природных, периодически изменяющихся, факторов. Такие наблюдения ведут до строительства и, частично, в начальный его период. Результаты используют при проектировании сооружения, они служат основанием для разработки оптимальных конструкций фундаментов сооружения (особенно фундаментов под технологическое оборудование) и выбора глубины их залегания в наиболее стабильных горизонтах пород, а также для проектирования на основе выявленных закономерностей микросмещений возможных профилактических строительных мероприятий, уменьшающих влияние природных факторов на стабильность положения фундаментов сооружения в процессе эксплуатации.

Для наблюдения за микросмещением пород основания строят специальную сеть. Она должна располагаться на площадке строительства по технологическим осям сооружения или в непосредственной близости от них. Конфигурация сети должна соответствовать конфигурации сооружения. На рис. 76 представлена схема сети для наблюдений за микросмещениями пород основания сооружения кольцевой формы [45]. Может быть создана сеть *2*, совмещенная с осью сооружения, и контрольная сеть *3* или *3′*, размещенная вне контура *1* сооружения. Измерения (линейные, створные, высотные) можно выполнять одновременно по обеим сетям, а в период строительства — только по контрольной сети. Чаще создают и используют только одну контрольную сеть *3* или *3′*. По ней производят высокоточные линейные, угловые измерения и нивелирование.

Сеть наблюдений за микросмещениями пород основания Ереванского синхротрона была расположена в 150 м от предполагаемого места расположения сооружения и представляла собой центральную систему в виде шестиугольника со сторонами 24 м. По сети циклически выполняли линейные измерения проволоками и геометрическое нивелирование.

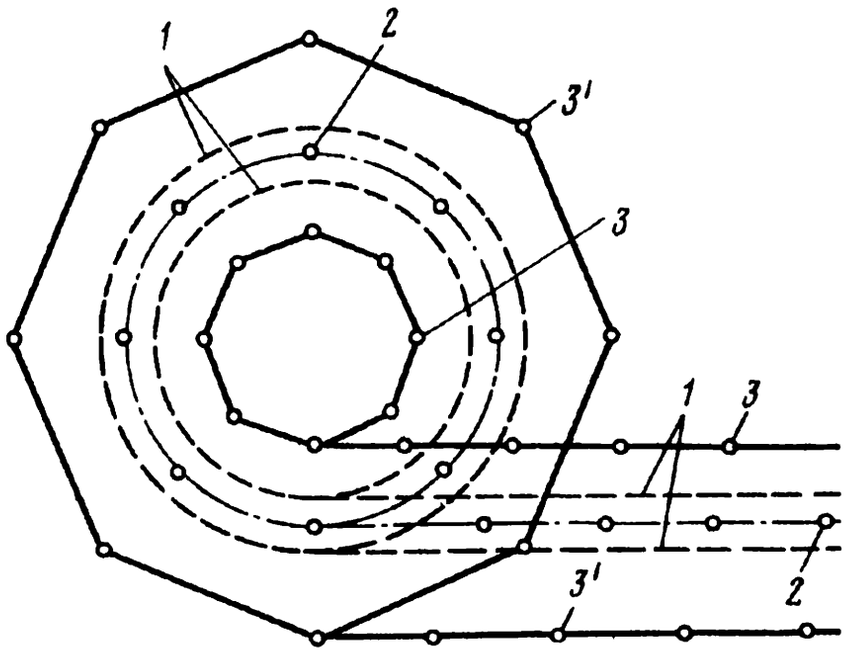


Рис. 76. Схема сети наблюдения за смещением пород основания сооружения кольцевой формы:

1 — контур сооружения; *2* — основная сеть; *3*, *3'* — контрольная сеть

На рис. 77 приведена схема сети для наблюдения за микросмещениями пород основания линейного сооружения. Здесь также по оси сооружения показана основная сеть *2*, а контрольная сеть *3* вынесена за пределы контура сооружения *1* вне зоны деформаций от строительных работ. Для линейного ускорителя Мезонной фабрики Института ядерных исследований АН СССР (ИЯИ АН СССР) была создана только контрольная сеть *3*. По этой сети были произведены высокоточные линейные, створные измерения и нивелирование.

Для измерения микросмещения пород на разных горизонтах геодезические знаки сети закрепляют на разных глубинах. На рис. 78 представлен фрагмент вертикального разреза сети Мезонной фабрики ИЯИ АН СССР. Горизонты закрепления знаков определяют, исходя из геологических данных.

Если проектируемое сооружение имеет большие размеры (длиной в несколько километров) или занимает значительную площадь (несколько квадратных километров), создавать единую сеть для наблюдений за микросмещениями пород основания технически сложно, да и часто нецелесообразно. К тому же на большинстве прецизионных сооружений предъявляются высокие требования к взаимной стабильности относительно близко расположенных друг от друга фундаментов и элементов технологического оборудования. В этом случае строят несколько локальных сетей на менее благоприятных в геологическом отношении участках. На рис. 79 показана схема сети, содержащей локальные, не

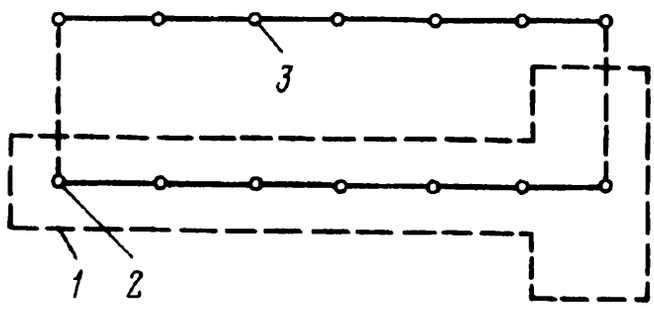


Рис. 77. Схема сети наблюдения за смещением пород основания линейного сооружения:

1 — контур сооружения; *2* — основная сеть; *3* — контрольная сеть

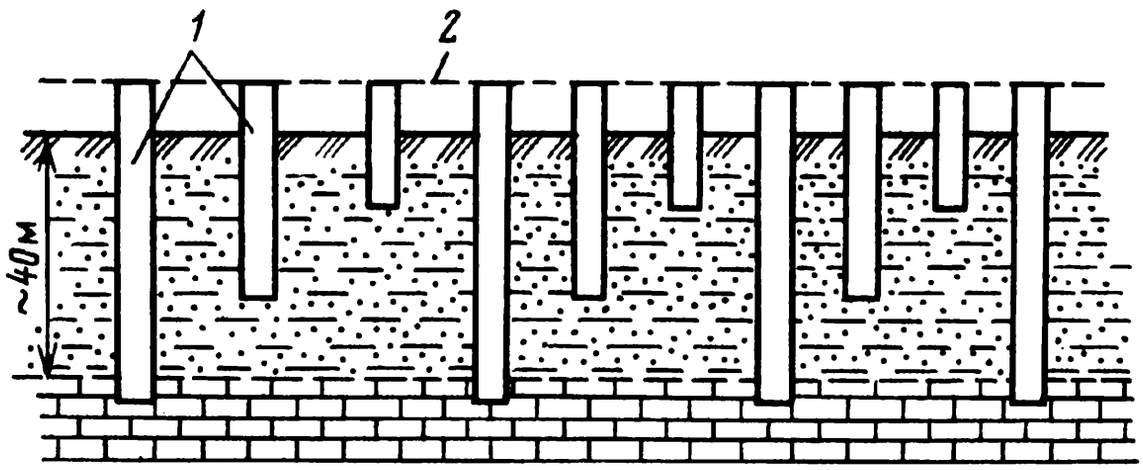


Рис. 78. Фрагмент вертикального разреза сети наблюдения за смещениями пород основания:

1 — знак; *2* — горизонт измерений

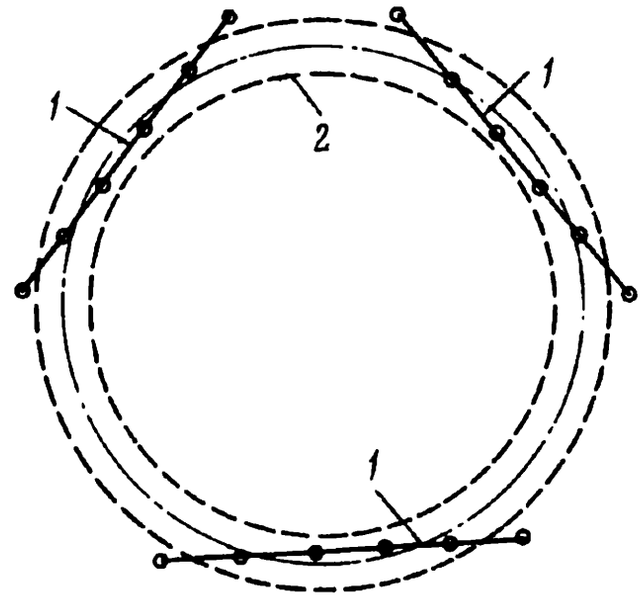


Рис. 79. Сеть с локальными створами:

1 — створы; *2* — контур сооружения

связанные между собой в плановом отношении створы *1*, выходящие частично из пределов контура *2* сооружения. По этим створам можно проводить высокоточные линейные, створные измерения и нивелирование. В высотном отношении створы могут быть связаны между собой высокоточным геометрическим нивелированием. Примерно такие схемы были приняты при изысканиях площадки под ускорительно-накопительный комплекс (УНК) Института физики высоких энергий, строящийся в настоящее время.

На рис. 80 представлена схема сети, состоящая из локальных правильных шестиугольников *1*, по которым проводят высокоточные линейные и угловые измерения. Шестиугольники связаны между собой ходами *2* высокоточного геометрического нивелирования.

В отличие от обычных геодезических знаков знаки сети для наблюдений за смещениями пород должны обладать высокой чувствительностью и наиболее правильно передавать на поверхность перемещения тех слоев, в которых заложены их якори. При этом они должны быть свободны от влияния движения всех других слоев пород, через которые проходит знак.

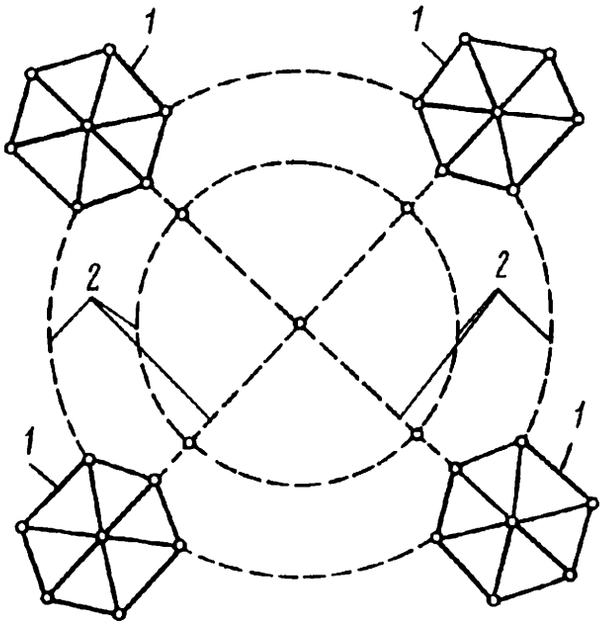


Рис. 80. Сеть с локальными шестиугольниками:

1 — правильные шестиугольники; *2* — ходы нивелирования

Применяют плановые, высотные и планово-высотные знаки. Планово-высотные знаки являются самыми экономичными, так как обеспечивают минимальный объем буровых работ, необходимых для монтажа знаков.

Среди планово-высотных знаков наиболее надежным и простым является знак консольного типа (рис. 81). В нем основным рабочим элементом является свободно стоящая труба-консоль *2*, нижним концом закрепленная при помощи бетонного якоря *9* в забое скважины на исследуемом горизонте. Скважина обсажена трубой *1*. Верхняя часть трубы-консоли имеет втулку *3*, в которую можно вставить визирную цель. Внутри трубы-консоли установлен инварный стержень *6* диаметром 10—20 мм, сцентрированный при помощи распоров *7*. Верхняя часть стержня выполнена сферической и служит репером. Прибор для выполнения измерений (теодолит, центрир, алиниометр и др.) устанавливают во втулку *4* верхней части обсадной трубы. Для нивелирования репера на него устанавливают через втулки *3* и *4* специальную рейку. Соосность втулок *4* и *3* определяют при помощи центрира. Во избежание попадания грязи в межтрубное пространство установлен специальный мягкий сальник *8*, а от камней и гальки — матерчатый предохранитель *5*. Диаметры обсадной трубы и трубы-консоли зависят от глубины заложения скважины. Таким образом, основной рабочий элемент знака — труба-консоль — не испытывает практически никаких внешних силовых воздействий. В таких знаках втулка трубы-консоли отрабатывает подвижки якоря с ошибкой около 0,02 мм.

Из плановых знаков наибольшее применение в настоящее время получили хорошо известные обратные отвесы.

Для наблюдения за послойными микросмещениями пород основания по одной вертикали может быть применен групповой репер, состоящий из нескольких (двух и более) планово-высотных знаков [26]. Основной знак *7* (рис. 82) закладывают в коренную, наиболее стабильную породу. Вокруг него на расстоянии до 1 м в исследуемые более верхние слои закладывают один и более знаков *1*. Каждый знак может иметь конструкцию, аналогичную изображенной на рис. 81. Для измерения

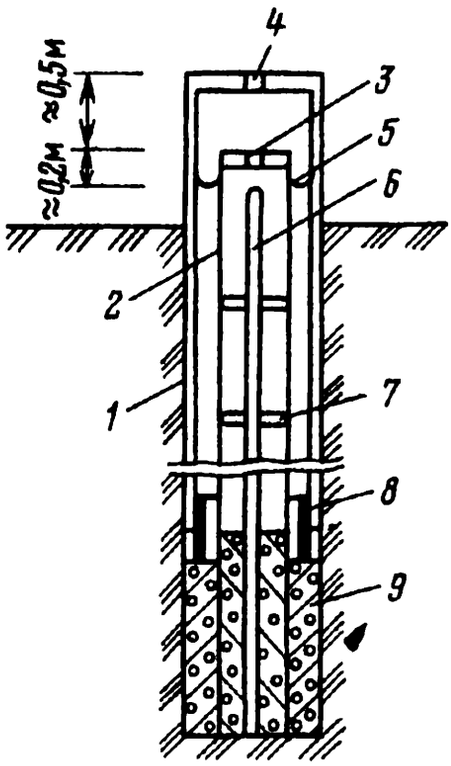


Рис. 81. Планово-высотный знак консольного типа:

1 — труба; *2* — труба-консоль; *3* — втулка; *4* — втулка обсадной трубы; *5* — матерчатый предохранитель; *6* — инварный стержень; *7* — распор; *8* — сальник; *9* — якорь

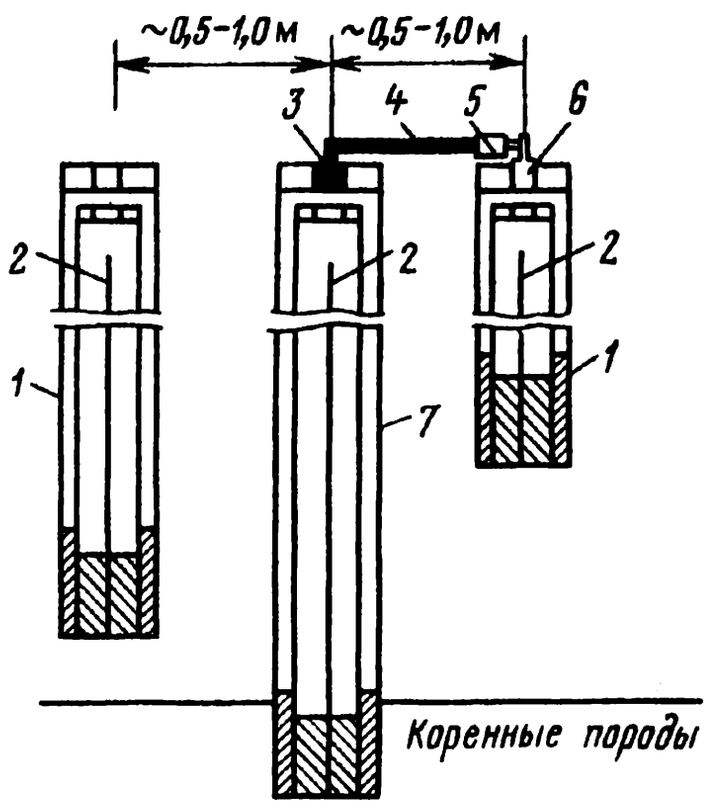


Рис. 82. Групповой репер:

1 — знак; *2* — инварный стержень; *3* — вкладыш; *4* — инварный стержень; *5* — индикатор; *6* — вкладыш; *7* — основной знак

взаимных горизонтальных смещений знаков можно использовать индикаторный шаблон, представляющий собой инварный стержень *4*, на одном конце которого укреплен индикатор часового типа *5*, а на другом — вкладыш *3*. При измерениях шаблон вставляют вкладышем *3* во втулку обсадной трубы знака *7*. Ножка индикатора упирается во вкладыш *6*, вставляемый во втулку обсадной трубы знака *1*. Взаимное положение втулок обсадной трубы и трубы-консоли одного и того же знака определяют при помощи оптического центрира. Взаимное перемещение слоев пород по вертикали определяют путем геометрического нивелирования инварных стержней *2* знаков *1* и *7*.

Измерения по сетям выполняют циклически. Частоту циклов определяют по ходу выполнения работ в зависимости от величин микросмещений и их динамики. Следует учитывать, что наиболее важными периодами для наблюдений являются весенний и осенний. Обычно в первый год измерения по всей сети проводят один раз в месяц, а на отдельных ее участках — чаще. Затем измерения выполняют обычно один раз в квартал.

Наблюдения за микросмещениями лучше начинать за 1,5 года, но не менее чем за 1 год до начала строительства. Их следует прекращать, когда получен доброкачественный материал о деформациях пород.

Так как измерения по сети проводят циклами, то систематические

ошибки в большинстве случаев мало сказываются на результатах анализа микросмещений, если они сохраняют знак и, в определенной степени, величину. Поэтому во всех циклах измерения следует производить по одной и той же методике, программе, с одними и теми же приборами и оборудованием. Желательно, чтобы и исполнители не менялись.

Линейные измерения по сети необходимо выполнять со средней квадратической ошибкой 0,05—0,1 мм. Поэтому в настоящее время наиболее приемлемыми средствами являются базисные комплекты (БП-1) инварных проволок (4—6 шт), снабженных стеклянными или инварными шкалами с ценой деления 0,2 мм. Для отсчитывания по шкалам применяют лупы и микроскопы. Кроме того, можно использовать высокоточные уровенные динамостаты нестандартизованного типа [26].

С целью достижения высокой точности линейных измерений, кроме общепринятой методики базисных измерений, необходимо выполнять следующие правила:

1) применять только стандартные штативы-столбы, исключив из измерений домеры;

2) выполнять во всех циклах измерения одними и теми же проволоками по одной и той же программе;

3) проволоки нужно выбирать с известными термическими коэффициентами α, β и γ;

4) проводить компарирование проволок на полевом компараторе до и после каждого цикла измерений;

5) измерения проводить в наиболее благоприятных погодных условиях (пасмурно, отсутствие ветра и т. д.);

6) нивелирование целиков при наличии стационарных штативов-столбов можно проводить только в первом цикле; в последующих циклах эту операцию, как правило, исключают.

Для измерения больших расстояний (100 м и более) можно применять светодальномер ДВСД 1200 и мекометр 3000.

Угловые измерения редко включают в программы измерений по сетям для наблюдения за микросмещениями пород основания сооружений, ввиду влияния на них явлений рефракции. Если угловые измерения все же включены в программу, то их выполняют тщательно исследованными и поверенными теодолитами ТО5, Т1, ОТ-02, *THEO* 010 и им подобными. Теодолиты и марки должны быть снабжены посадочными шариками для принудительного центрирования. Угловые измерения выполняют в наиболее благоприятные периоды суток.

Высотные измерения по рассматриваемым сетям выполняют, как правило, геометрическим нивелированием. Для получения наивысших точностей следует руководствоваться следующими правилами:

1) измерения во всех циклах выполнять по одной и той же программе, одними и теми же приборами и оборудованием;

2) измерения выполнять коротким лучом (с плечами 10—25 м) при двух горизонтах нивелирования Н05, Н1, Н1, Ni=002, Ni=007, Ni=004 и другими аналогичными;

3) применять специальные рейки и шкалы;

4) использовать только постоянные штативы (столбы), изолированные от верхнего слоя земли, например, обсадной трубой; при установке штативов должно быть строго соблюдено равноплечие;

5) рейки нужно устанавливать в каждом цикле на одни и те же реперы, стараться визировать на одни и те же штрихи;

6) угол i нивелира не должен превышать 10″;

7) нивелирование следует проводить в благоприятные периоды дня (утренние часы), используя зонты, а в некоторых случаях — поролоновые кожухи на нивелир.

В остальном соблюдают требования инструкции для нивелирования высших классов.

Створные измерения выполняют высокоточными створными приборами ППС-11, алиниометрами «Карл Цейс, Йена» (б. ГДР), «Тейлор — Гобсон» (Великобритания). В зависимости от вида сети и ее размеров применяют разные программы створных измерений. Створные измерения оптическими приборами были использованы на опытном створе линейного ускорителя Мезонной фабрики ИЯИ АН СССР. На этом же створе были проведены экспериментальные створные измерения лазерным интерференционным створофиксатором.

Струнно-оптический метод створных измерений, основанный на использовании натянутой струны и оптического прибора (микроскопа, оптического центрира) для определения уклонения точек от задаваемого струной створа, в отличие от оптических методов, свободен от влияния рефракции. Но он подвержен действию ошибки за счет отклонений струны под действием ветра, величину f которой можно подсчитать по формуле

$$f=\sigma v^2 l^2/64H,$$

где σ — диаметр струны; v — скорость ветра; l — длина струны; H — натяжение струны.

При $\sigma=0{,}2$ мм, $v=1{,}0$ м/с, $l=50$ м, $H=5$ кг получим $f=1{,}6$ мм.

Для учета влияния бокового ветра можно применить дополнительную струну, натянутую в специальных пазах параллельно основной на расстоянии «a» от нее. Струны выполнены из разных материалов, например, из стали и капрона. Поскольку капрон значительно легче стали, то струны одного диаметра могут иметь необходимую для измерения одинаковую стрелу провеса только при разном натяжении.

В процессе измерений определяют отклонение z промежуточной точки относительно основной струны и величину Δ — расстояние между основной и дополнительной струнами. Если ветра нет, то $\Delta=a$. Под действием бокового ветра струны, вследствие их разной парусности, отклоняются от исходного положения на разные величины. Величину Δ можно измерять при помощи специальной шкалы с лупой или отсчетного микроскопа, визируя (по возможности) одновременно на обе струны (их края). Поправку δ, в измеренное значение величины нестворности промежуточной точки относительно основной струны при одинаковых диаметрах струн, определяют по формуле

$$\delta = F_1(\Delta - a)/(F_2 - F_1),$$

где F_1 и F_2 — силы натяжения основной и дополнительной струн. Используя указанный способ, можно довести ошибку определения нестворности до величины 0,02—0,03 мм.

Обработку результатов наблюдений за микросмещениями пород основания в каждом цикле на любом объекте выполняют примерно в следующей последовательности.

1. Обработка журналов полевых геодезических измерений.

2. Уравнивание результатов измерений в плановых и высотных сетях методами теории математической обработки геодезических измерений; получение уравненных плановых и высотных координат наблюдаемых точек сети, оценка точности.

3. Вычисление параметров вероятнейших оформляющих и уклонений от них наблюдаемых точек.

Для сети в виде ряда знаков, расположенных по створу, вычисляют, используя метод наименьших квадратов, параметры вероятнейшей прямой $y = Ax + C$. Для нахождения величин A и C решают систему нормальных уравнений

$$[xx]A + [x]C - [xy] = 0;$$
$$[x]A + nC - [y] = 0,$$

где x и y — соответственно абсциссы и ординаты точек сети, полученные из результатов уравнивания; n — число всех наблюдаемых точек.

Уклонение любой точки от вероятнейшей прямой вычисляют по формуле $\Delta y_i = y_i - Ax_i - C$, где y_i — ордината точки.

Для сети в виде замкнутой правильной фигуры вычисляют параметры вероятнейшей окружности

$$x^2 + y^2 + Ax + Bx + C = 0,$$

где $A = -2x_0$; $B = -2y_0$; $R = (1/2)\sqrt{A^2 + B^2 - 4C}$ — радиус вероятнейшей окружности.

Если обозначить $x_i^2 + y_i^2 = r_{0,i}^2$, где $r_{0,i}$ — расстояние от начала системы координат до любой точки, можно записать

$$Ax_i + By_i + C + r_{0,i}{}^2 = 0.$$

Параметры A, B, C находят при решении следующей системы нормальных уравнений:

$$[xx]A + [xy]B + [x]C + [xr_{0,i}^2] = 0;$$
$$[xy]A + [yy]B + [y]C + [yr_{0,i}^2] = 0;$$
$$[x]A + [y]B + nC + [r_{0,i}^2] = 0.$$

Если требуется вычислить уклонение каждой точки сети по радиусу от вероятнейшей окружности, начало координат переносят в точку с координатами x_0, y_0. В этом случае координаты точек в новой системе выразятся как $x_i' = x_i - x_0$, $y_i' = y_i - y_0$.

Уклонения любой точки сети от вероятнейшей окружности определяются по формуле

$$\Delta R_i = \sqrt{x_i'^2 + y_i'^2} - \frac{1}{2}\sqrt{A^2 - B^2 - 4c}.$$

По результатам геометрического нивелирования для всех знаков площадки вычисляют вероятнейшую плоскость $Ax + By + C = z$, где x, y, z — координаты точек сети.

Параметры A, B и C определяют из решения системы нормальных уравнений

$$[xx]A + [xy]B + [x]C - [xz] = 0;$$
$$[xy]A + [yy]B + [y]C - [yz] = 0;$$
$$[x]A + [y]B + nC - [z] = 0.$$

Уклонения точек по высоте относительно вероятнейшей плоскости находят по формуле

$$\Delta z_i = z_i - (Ax_i + By_i + C).$$

Вероятнейшие оформляющие являются фигурами, относительно стабильными в пространстве. Действительно, даже резкое изменение одной или нескольких точек при большом их общем числе существенно не изменит параметры вероятнейшей оформляющей, поэтому отклонения от нее каждой точки сети в отдельных циклах измерений могут характеризовать стабильность или деформацию положения точки.

4. По отклонениям положения каждой точки сети от вероятнейшей оформляющей в разных циклах измерений строят график и проводят функциональный анализ. Чаще всего в качестве аппроксимирующей кривой, характеризующей динамику движения точки, является синусоида

$$y = A \sin(\omega x + \varphi_0),$$

где A — амплитуда; ω — частота; φ_0 — начальная фаза.

Синусоида отвечает сезонным колебаниям положения каждой точки, при этом $T = 1$ год ≈ 52 недели; $2\pi = 360°$; $\omega = 2\pi/T \approx 7°$/неделя.

Если построить аппроксимирующую синусоиду, то с графика можно определять основные ее параметры. Зная уравнение синусоид, т. е. закономерности изменения смещений, можно для каждой точки вычислить значение смещения на любую дату в течение года.

В отдельных случаях за аппроксимирующую прямую можно принять полином второй степени (параболу) $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$. Отыскание аналитического выражения полинома выполняют по методу наименьших квадратов под условием минимума суммы квадратов отклонений точек от этой параболы.

Аналогично может быть определена динамика изменения от цикла к циклу взаимного положения смежных точек в плане (изменения расстояния) и по высоте (изменения превышения).

Недостаточно при помощи геодезических измерений выявить величины микросмещений пород основания на различных горизонтах (или на одном исследуемом горизонте). Необходимо еще установить связь микросмещений пород с различными факторами. Для этого, одновременно с геодезическими измерениями, организуют циклические наблюдения за температурой пород, уровнем грунтовых вод, атмосферным давлением.

Температуру пород определяют в скважинах на разных горизонтах (через 1—2 м) при помощи заленивленных ртутных и электрических термометров.

Измерения уровня грунтовых вод в скважинах выполняют при помощи рулетки со специальным грузом. Для определения атмосферного давления и температуры воздуха на территории исследовательского геодезического полигона на площадке будущего строительства организуют небольшую метеостанцию.

Указанные факторы влияют на микросмещения пород. Так, изменения температуры приводят к температурным деформациям грунтов, понижение уровня грунтовых вод ведет к уплотнению, а повышение — к разуплотнению грунтов и т. д. Связь указанных факторов с микросмещениями основания определяют на основании корреляционного анализа.

Результаты наблюдений за микросмещениями пород и другими факторами позволяют также выработать рекомендации по усилению оснований. Например, при наблюдениях на геодезическом полигоне Ереванского синхротрона, находящегося на берегу ущелья р. Раздан, были зафиксированы потоки воздуха в скважинах. Эти потоки нагнетались по трещинам в базальте из ущелья. Таким образом, на температурный режим пород основания существенно влияла температура воздуха в разные времена года. Было рекомендовано при выработке котлована под сооружение обнаружившиеся трещины заполнить сыпучим материалом, а на отдельных участках — заливать нагнетаемым жидким бетоном, что и было сделано при строительстве объекта.

На Серпуховском ускорителе изменение уровня грунтовых вод в процессе половодья реки приводит к деформации плоскости сооружения.

7.5. ИЗЫСКАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Лесные массивы страны имеют большое народнохозяйственное значение. Они выполняют важнейшие для жизни человека водорегулирующие, водоохранные, почвозащитные, санитарно-гигиенические и другие функции.

Общий лесной фонд страны составляет около 1,2 млрд. га — несмотря на большие запасы, как показала практика, их надо постоянно сохранять и восстанавливать. Для плановой организации лесного хозяйства необходимо изучение лесного фонда, проведение строгого и всестороннего учета лесных ресурсов, улучшение качественного состава лесов.

Основными направлениями лесоинженерных изысканий являются:
лесная таксация;
изыскания предприятий промышленного освоения лесов;
изыскания лесовозных дорог и путей водного лесотранспорта;
изыскания для проектирования лесомелиоративных работ и др.

Лесная таксация. Лесная таксация тесно связана с лесоустройством. Проекты организации и ведения лесного хозяйства, решающие задачи установления возраста рубки, размеров пользования лесом,

объемов лесохозяйственных и лесовосстановительных мероприятий, основываются прежде всего на таксационных данных.

В задачу таксационных работ входит обеспечение информацией о состоянии и динамике лесосырьевых ресурсов, необходимой для планирования и управления лесным хозяйством и лесной промышленностью, получение лесоинвентаризационных материалов для создания научно обоснованных проектов развития лесного хозяйства и т. д.

Лесная таксация предусматривает учет площадей и запасов леса, их пространственного размещения, изучение лесоповреждений, продуктивности, строения и товарной структуры лесных массивов, закономерности их роста и др.

Выполнение этого комплекса работ неразрывно связано с проведением лесных съемок, т. е. выполнением соответствующих геодезических, топографических, аэрофотосъемочных и картографических работ.

На лесоустроительных планшетах в большинстве случаев рельеф не изображают. Из элементов ситуации наиболее подробно и точно показывают лесную растительность с соответствующими характеристиками. В связи с этим лесная съемка является одной из разновидностей контурной съемки.

Лесные съемки выполняют наземными методами и с применением аэрофото- и космической съемок. Из наземных применяют глазомерную, буссольную теодолитную, тахеометрическую и мензульную съемки [28].

Глазомерную съемку выполняют без использования сложных геодезических приборов для составления схематических чертежей местности. Она отличается низкой точностью с одной стороны и высокой производительностью — с другой. Для работы используют простейшие средства (планшет, компас или буссоль, визирную линейку, транспортир, линейку с миллиметровыми делениями).

Съемку ведут с точек планового съемочного обоснования. На открытой и холмистой местности съемочное обоснование создают способом засечек. В середине участка намечают базис (или несколько смежных базисов), измеряют его шагами и наносят на середину планшета. Ориентируют планшет по компасу (буссоли) или по контурам местности. Засечки выполняют графически при помощи визирной линейки. Точность построения точек съемочного обоснования способом засечек зависит от точности и тщательности ориентирования планшета и визирования.

В закрытой местности строят плановое обоснование в виде хода — замкнутого или разомкнутого. В последнем случае начало и конец хода привязывают к пунктам геодезической сети или контурным точкам карты, предварительно нанесенным на планшет в соответствующем масштабе.

Для сгущения съемочного обоснования между точками основного хода по естественным проходам (дорогам, канавам, просекам, ручьям) прокладывают вспомогательные диагональные ходы. Если естественных проходов нет, эти ходы прокладывают по наиболее просматриваемым участкам леса.

Величины линейных невязок, определяемых графически, не должны превышать для основного хода — 5%, а для вспомогательных — 10% от

длины хода. Невязку разбрасывают графически путем параллельного переноса точек на величины, пропорциональные длине хода от его начала до конкретной исправляемой точки.

Съемку ситуации выполняют с точек съемочного обоснования способами полярным, линейных и угловых засечек и перпендикуляров. Направления на точки строят графически при помощи визирной линейки, а расстояние измеряют на глаз или шагами. Для нанесения на план дорог, линий связи, противопожарных канав и других линейных объектов применяют способ створов.

Одновременно с определением планового положения снимаемых объектов определяют их количественные и качественные характеристики, а также выясняют в органах местной власти собственные названия некоторых из них. Обязательно определяют средние высоты деревьев и расстояния между ними, толщину на уровне груди, породы деревьев и др. Специальные характеристики леса определяют специалисты — лесоинженеры при выполнении работ по таксации.

При съемке лесных массивов имеет широкое распространение буссольная съемка. При буссольной съемке в процессе проложения замкнутых или разомкнутых ходов планового съемочного обоснования магнитные азимуты или румбы направлений хода измеряют буссолью, а длину линий — лентой или рулеткой. Результаты измерений записывают в полевой журнал. Одновременно с точек хода ведут съемку ситуации способами полярных координат, перпендикуляров, линейных и угловых засечек с ведением абриса.

В камеральных условиях по данным полевых измерений на планшете строят ходы съемочного обоснования и накладывают ситуацию. Невязки в ходах не должны превышать 1:200. Невязку разбрасывают параллельным переносом точек хода пропорционально расстоянию от начала хода до корректируемой точки.

При съемке лесных угодий и объектов лесного хозяйства широко применяют теодолитную съемку. Плановое съемочное обоснование строят в виде теодолитных ходов с максимальными длинами между опорными геодезическими пунктами: для съемки в масштабе 1:5000 — 4 км, 1:2000 — 2 км, 1:1000 — 1,2 км. Длины линий в теодолитных ходах должны быть 20—350 м. Допустимая угловая невязка составляет $1'\sqrt{n}$, где n — число углов в ходе.

Между точками основных ходов можно прокладывать дополнительные теодолитные ходы. С точек теодолитных ходов ведут съемку ситуации описанными выше способами. Определяют количественные и качественные характеристики снимаемых объектов.

Применяют также тахеометрическую и мензульную съемки, которые в данном случае особенностей не имеют, и их выполняют по общегосударственным инструкциям.

Перечисленные виды наземных съемок применяют для съемок крупных масштабов и относительно небольших лесных угодий и объектов. Наибольшее распространение в лесных съемках получила аэрофотосъемка, а в последнее время — космическая съемка. Здесь мы приведем

лишь общие сведения, касающиеся применения этих методов в лесоустройстве.

С помощью аэрофотосъемки представилась возможность создать принципиально новый технологический процесс производства проектно-изыскательских работ в лесоустройстве. Уже к 1956 г. при помощи аэрофотосъемки был полностью завершен учет лесного фонда СССР.

В настоящее время в стране в целях лесоустройства, таксации, лесоинвентаризации ежегодно аэрофотосъемка проводится на площади около 45 млн. га. В основном, аэрофотосъемку выполняют в масштабах 1:10 000 — 1:15 000 на цветной спектрозональной пленке. Аэроснимки являются плановой основой для рационально сочетающихся между собой камерального лесотаксационного дешифрирования и полевого, определения количественных и качественных характеристик лесов и их пространственного размещения.

Для получения детальной информации о лесе с точностью, близкой к наземным измерениям, проводят аэрофотосъемку в масштабах 1:5000, 1:2000 и крупнее. Применение специальных фотограмметрических приемов позволяет получить даже такие параметры, как высоты и толщины деревьев, размеры крон, ярусность, сомкнутость полога, полнота насаждений, структура и запасы древесины и др. (Малых М. И. Оценка количественных характеристик леса по аэрометодам. В сб. Индикация природных процессов.— М.: 1985, с. 70—76).

Аэрофотоснимки лесных угодий могут быть получены как в процессе запланированного обновления топографических карт, так и в результате выполнения специальных целевых залетов. Аэрофотосъемку в лесоустроительных целях выполняют не только с самолетов, но и с вертолетов [9]. В ЧСФР для получения крупномасштабных аэроснимков с высоты около 200—300 м применяют авиамодели, управляемые по радио.

Использование материалов аэрофотосъемки позволяет сократить, например, объем трудоемких полевых лесотаксационных работ в 1,5—2,0 раза, снизить на 15—20% денежные затраты на их проведение.

Дальнейшее совершенствование аэрометодов в лесоустройстве связано с применением многозональной фотографической, телеметрической, спектрометрической, инфратепловой, радиолокационной и других видов съемок, а также с расширением масштабного ряда аэрофотосъемки.

Использование космических снимков в лесоустройстве в настоящее время еще ограничено экспериментальными работами, ввиду относительно низкой разрешающей способности (около 30×30 м). Эти снимки можно использовать для создания мелкомасштабных карт лесных угодий, для получения общих оперативных данных об их состоянии.

Изыскания предприятий промышленного освоения лесов. Лесозаготовительные предприятия выполняют:

заготовку и вывозку древесины к путям магистрального транспорта, разделку ее и отправку потребителям;

лесохозяйственные и лесокультурные мероприятия по восстановлению лесов и повышению их продуктивности;

работы по подготовке древесины к сплаву, формированию плотов, погрузке на суда;

заготовку живицы и пней, служащих сырьем для целлюлозно-картонного и канифольного производства;

охрану лесов от пожаров и др.

Крупные промышленные комплексы имеют собственное целлюлозно-бумажное производство.

В лесопромышленные предприятия входят лесосырьевая база, промышленные деревообрабатывающие и деревообделочные объекты, лесовозные и другие лесные дороги, объекты лесосплава, поселки, лесоперевалочные базы, лесосклады, объекты лесомелиорации, ЛЭП и др. Лесосырьевые ресурсы современного леспромхоза представляют собой лесной массив площадью в несколько сотен тысяч гектаров с ликвидным запасом древесины 20—50 млн. $м^3$ и сроком работы до 50 лет и более.

Проектирование различных предприятий и сооружений, связанных с освоением лесных массивов, осуществляют на топографических планах масштабов 1:1000, 1:2000, 1:5000 и 1:10 000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5 и 1,0 м.

Комплекс изыскательских работ на площадках строительства промышленных объектов и жилых поселков аналогичен описанным выше. Большие территории лесопромышленных предприятий, включающие лесные массивы, обусловливают широкое использование в изысканиях и проектировании материалов аэрофотосъемки различных масштабов (1:2000 — 1:20 000). Топографические планы по материалам аэрофотосъемки составляют стереотопографическим и комбинированным способами.

Мензульную и тахеометрическую съемки выполняют лишь на ограниченных участках (до 50 га) в крупных масштабах (1:1000 — 1:2000) на местности бедной контурами и в случае, если применить аэрофотосъемку невозможно.

Изыскания трасс лесовозных дорог. Трассы лесовозных дорог, в отличие от транзитных видов сухопутного транспорта, представляют собой обычно целую транспортную сеть (рис. 83). Главный (магистральный) путь *3* должен действовать в течение всего срока освоения лесного массива и связывать всю транспортную сеть лесозаготовительного предприятия со складом *2* вблизи транзитного пути *1*. Ответвления постоянного типа (ветки) *4* действуют в течение нескольких лет. Ответвления временного типа (усы) *5* действуют в течение 1 года.

Густоту лесотранспортной сети устанавливают с учетом типа транспорта, способа трелевки леса, рельефа местности, концентрации лесных запасов. Обычно расстояние между ветками принимают в пределах 3,5—5 км, расстояние между усами — 0,4—1 км. В среднем густота лесовозных дорог составляет 1,0—2,8 км на 100 га.

При проектировании веток и усов предусматривают упрощенные типы верхнего строения пути, минимальные объемы земляных работ, максимальное использование местных строительных материалов. Трассы лесовозных дорог должны удовлетворять требованиям, устанавливаемым техническими условиями на их проектирование. Обычно они проходят

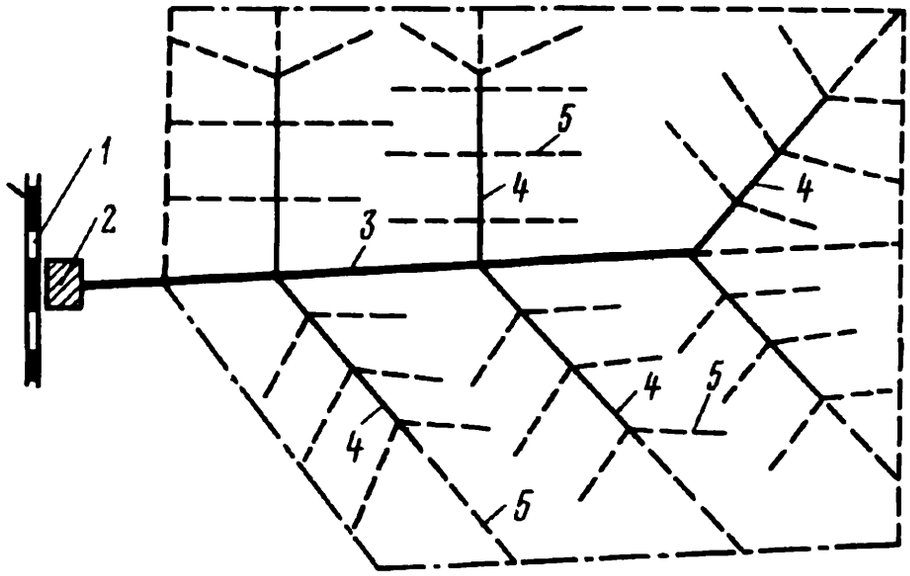


Рис. 83. Трассы лесовозных дорог:
1 — транзитный путь; *2* — склад; *3* — главный путь; *4* — ветки; *5* — усы

в сложных условиях. Для лесовозных дорог основными являются плавность и безопасность движения. Для них установлены минимальные радиусы кривых в зависимости от проектной скорости движения транспорта (табл. 38).

Уклоны лесовозных автодорог не должны превышать, $^{0}/_{00}$: в равнинной местности — 50, в холмистой — 70, в горной — 90. Для снежно-ледяных дорог уклоны не должны превышать в равнинной местности 15, в холмистой — 25 $^{0}/_{00}$.

Проектирование трасс лесовозных автодорог выполняют на топографических планах или на аэрофотоснимках. Вынос трассы в натуру осуществляют геодезическими методами теми же способами, что и при изысканиях обычных автодорог. В процессе полевого трассирования уточняется проект лесовозной автодороги с учетом конкретных условий. Комплекс проводимых при этом инженерно-геодезических работ складывается из выбора и закрепления вершин углов поворота, разбивки пикетажа и поперечных профилей, разбивки кривых, нивелирования трассы, съемки ситуации узкой полосы вдоль трассы.

Таблица 38

Расчетная скорость движения, км/ч	Минимальный радиус кривой, м	
	для одиночных автомобилей и с прицепами при вывозке древесины в сортаментах	для автомобилей с прицепами при вывозке длинномерных грузов
80	250	250
60	125	125
40	60	60
30	50	30
20	40	20
15	30	15

Вершины углов поворота трассы закрепляют после обследования намеченных направлений. Особо тщательному обследованию подлежат переходы через водотоки, овраги, пересечения с существующими магистралями и др. Намеченные углы поворота закрепляют кольями с опознавательными столбами и, по возможности инструментально, привязывают к постоянным предметам местности. На длинных участках прямых намечают створные точки через 500—800 м. Между закрепленными точками, примерно через 100 м, устанавливают по теодолиту вехи.

Углы поворота измеряют теодолитом (Т30, Т15) одним приемом. Для контроля одновременно измеряют по буссоли прямые и обратные магнитные азимуты (румбы) прямых вставок трассы. По трассе разбивают пикетаж через 100 м. Пикеты и плюсовые точки (изгибы рельефа, водотоки, пересечения с характерными объектами местности) закрепляют кольями со сторожками с соответствующими надписями ПК1, ПК2 или ПК8+42 и т. д. В местах резких перегибов рельефа при помощи буссоли или в поперечном направлении, обычно перпендикулярно к трассе, разбивают поперечники, закрепляемые кольями со сторожками, снабженными надписями, например, Л+18 (влево от трассы на 18 м), П+15 (вправо от трассы на 15 м).

Измерение линий по трассе и разбивку пикетажа ведут 20-метровой лентой, рулеткой или светодальномером. В процессе измерений вводят поправку за наклон. При трассировании лесовозных дорог относительная ошибка линейных измерений должна составлять 1:1000. На углах поворота обычным порядком осуществляют разбивку главных точек круговых кривых (начала НК, конца КК и середины СК кривой). Все параметры кривых записывают в пикетажном журнале.

В полосе по 25 метров по обе стороны трассы производят инструментальную съемку ситуации, на остальной части — полуинструментальную. Результаты съемки заносят в пикетажный журнал.

По трассе выполняют техническое нивелирование. Нивелированию подлежат все пикетные и плюсовые точки, точки поперечников, главные точки кривых.

На основании всех геодезических измерений и пикетажного журнала строят план и продольный профиль трассы, которые являются основными отчетными документами. План трассы составляют в масштабе 1:5000 или 1:10 000. Кроме ситуации на план наносят пункты и реперы геодезического обоснования, характеристики кривых и прямых. Продольный профиль составляют в горизонтальном масштабе 1:5000 или 1:10 000, в вертикальном — 1:500 или 1:1000. Продольный профиль используют для проектирования трассы в высотном отношении и для подсчета земляных работ при строительстве лесовозных дорог.

При выборе и изысканиях мостовых переходов учитывают необходимость перпендикулярности оси мостового перехода к препятствию. Если препятствием является река, то она в месте перехода должна быть прямолинейна и иметь наиболее узкую пойму. Съемки участка перехода выполняют в масштабе 1:2000 с сечением рельефа 1 м. Участок съемки должен захватывать всю, заливаемую при высоких горизонтах, пойму.

При изысканиях и проектировании лесовозных автодорог широко применяют материалы аэрофотосъемки [3]. Стереоскопическое трассирование дорог можно производить разными приемами и на различных стереоприборах. Назначение возможных и выбор основных направлений трассы выполняют по накидному монтажу или фотосхемам. Трассирование линии выполняют по руководящему уклону. Для этого по отметкам и горизонталям имеющихся топографических карт определяют превышение между началом и концом участка трассы. Точки начала и конца участка трассы переносят на аэроснимки. Затем просматривают в стереоскоп каждую стереопару и определяют положение трассы дороги. Для уточнения отдельных вариантов трасс, проектируемых по аэроснимкам, в наиболее сложных местах производят рисовку рельефа.

Вынос запроектированной по материалам аэрофотосъемки трассы в натуру с ее уточнением, исходя из конкретных условий, выполняют общими геодезическими методами.

В некоторых случаях — при больших расстояниях вывозки леса из перспективных лесных районов — проектируют и изыскивают железные дороги (колеи 750 и 1524 мм).

Изыскания путей водного лесотранспорта. При разработке проекта лесосплава, помимо транспортно-технологического процесса, проектированию подлежат отдельные вспомогательные объекты: наплавные сооружения (сортировочные и формировочные устройства, запани, лесонаправляющие боны, молепроводы), лесосплавные плотины, лотки и каналы, волнозащитные сооружения, разгрузочно-погрузочные пристани, русловая мелиорация (дноуглубление, берегоукрепление и др.), рабочие поселки, склады и др.

Лесосплавные изыскания необходимы для разработки проекта организации лесосплава и улучшения сплавных путей. Детальные сплавные изыскания проводятся после полевого лесосплавного обследования, проводимого специалистами по лесосплаву.

При изысканиях путей водного лесотранспорта определяют: ширину реки, радиусы закруглений, многорукавность, очертания в плане, глубины, скорости течения, рельеф дна, границы затопления, общую длину водного пути, коэффициенты извилистости и разветвленности отдельных участков водотока, наличие кос, отмелей, стремнин, водопадов, бродов, характер берегов (крутые, пологие, подмывные, устойчивые, песчаные, глинистые, оползневые), засоренность и зарастание русла, тип русловой растительности, расположение в плане староречий, пойменных озер, категория донных грунтов (песчаные, глинистые, каменистые), границы поймы, режим разливов, элементы рельефа поймы, сооружения, имеющиеся в пойме (дороги, дренажная и оросительная сети, берегозащита и берегоукрепление) и т. д.

Получение этих данных основано на топографо-геодезической инструментальной съемке и гидрометрии. Планы рек, получаемые в результате топографо-геодезической и гидрографической съемок, в общем случае составляют в масштабе 1:2000 — при ширине меженного русла до 50 м, 1:5000 — от 50 до 100 м, 1:10 000 — более 100 м.

Топографические и гидрографические работы должны обеспечить составление продольного профиля реки с отображением береговой полосы на ширину 100—200 м по обе стороны от меженных бровок. При наличии высоких незатопляемых берегов полоса береговой съемки может сужаться, ограничиваясь бровками коренных берегов или границей затопления высокими водами. При наземной съемке предъявляются следующие требования: средняя квадратическая ошибка положения предметов и контуров местности относительно ближайших точек съемочного обоснования должна быть 0,8 м; предельная ошибка определения отметок точек местности при высоте сечения рельефа 1 м для местности с уклоном до 2° — 0,5 м, при высоте сечения 2 м и уклоне 6° — 0,8 м.

В сплошь залесенной местности эти допуски могут быть увеличены в 2 раза.

Особое внимание при съемке уделяют участкам, где сплав леса может быть затруднен: перекаты с малыми глубинами; пороги, имеющие перепады или отдельные выступающие скалы и камни; участки с сильно разветвленным руслом; тиховодные плёсовые участки реки; участки с низкими берегами, затапливаемыми при стоянии высоких уровней воды.

В качестве съемочного обоснования служат теодолитные (мензульные) и нивелирные ходы, проложенные по одному или обеим берегам, в зависимости от ширины реки. Длину ходов устанавливают, исходя из инструкций по топографическим съемкам. Для повышения точности съемок следует предусматривать поперечные связки параллельных ходов. Из наземных видов топографической съемки применяют мензульную и тахеометрическую съемки, выполняемые по традиционным программам.

При выполнении гидрографических работ промеры глубин выполняют по створам: перпендикулярным к реке, косым, перекрещивающимся косым и комбинированным. При съемках узких рек и проток, горных рек промеры глубин выполняют также продольным галсом по фарватеру.

Расстояния между створами, в зависимости от характера русла и ширины реки, при детальных промерах колеблются от 25 до 200 м, при упрощенных — от 50 до 500 м. Концевые точки створов включают в теодолитный ход или координируют с его точек.

Независимо от способа промера глубин рабочий уровень фиксируется забивкой урезового кола в промерном створе. На реках с малыми и равномерными уклонами допускается забивка урезовых кольев через 2—5 створов. Отметки горизонтов воды на промежуточных створах получают интерполированием.

Нивелирование урезовых кольев проводят с точек теодолитно-нивелирного хода или нивелирными секциями, проложенными между реперами. Связующими точками при этом являются урезовые колья. При необходимости в местах характерных перегибов продольного профиля реки устанавливают и нивелируют промежуточные урезовые колья.

На больших реках с однообразным планом и профилем не реже чем через 2—3 км, а на малых — через 1 км, должны быть отнивелированы горизонты высоких вод. Для приведения рабочих уровней к одной

дате проводят водомерные наблюдения на водомерных точках. Поверхностные скорости течения воды определяют вертушками или поверхностными поплавками. Все гидрографические работы выполняют методами, изложенными в гл. 6.

В практике лесосплавного проектирования принято изображать донный рельеф горизонталями, преимущественно с сечением 1 м, с добавлением полуметровых горизонталей на перекатах, отмелях и т. п.

При изысканиях путей водного лесотранспорта очень широкое применение находит аэрофотосъемка [3]. Использование материалов аэрофотосъемки при изысканиях позволяет существенно сократить объем полевых работ и общий срок проектирования при высоком его качестве. Вместо плана реки с узкой прилегающей полосой, а в некоторых случаях — схематической съемкой отдельных участков, проектировщик получает детальный фотоплан или фотосхему не только реки, но и ее поймы, что позволяет оценить русловые процессы, влияющие на состояние сплавного пути.

Аэрофотосъемку для рек шириной от 20 до 75 м проводят в масштабе 1:5000, от 75 до 150 м — 1:10 000, 150 м и более — 1:12 000—1:15 000. Лучшим временем аэрофотосъемки считается период меженных горизонтов воды в реке, когда она наиболее прозрачна, в часы стояния солнца над горизонтом 25—50°.

Аэрофотосъемочные работы сопровождаются, как обычно, наземными геодезическими работами по созданию планово-высотного обоснования, привязке опознаков и полевому дешифрированию, а также комплексом необходимых гидрологических работ.

Изыскания объектов лесной мелиорации. В составе лесного фонда лесхозов насчитывается немало площадей, занятых низкопроизводительными насаждениями и безлесными болотами. Мелиоративные работы в лесных массивах проводят с целью повышения продуктивности лесов, повышения производительности остающихся на корню заболоченных насаждений, освоения болот.

Мозаичное расположение мелиоративного фонда в лесных условиях, рассредоточение его по большой территории обусловливает обычно большой объем изыскательских и строительных работ. Основой для проектирования объектов лесной мелиорации являются крупномасштабные топографические планы. Для составления крупномасштабных мелиоративных планов служат также черно-белые и спектрозональные аэрофотоснимки с разрешающей способностью 1—3 м с давностью съемки не более 10 лет. Применение аэроснимков при детальных изысканиях сокращает общий объем топографических работ почти в 2 раза.

Для мелиоративного районирования могут быть использованы мелкомасштабные аэроснимки с разрешающей способностью 10—30 м.

Изыскания и вынос в натуру трасс лесоосушительных и лесообводнительных каналов и канав выполняют по правилам трассирования линейных сооружений, изложенным выше (существенных особенностей не имеют). Использование материалов аэросъемки на стадии трассирования позволяет значительно уменьшить объем рекогносцировок и корректировок положения намеченных проектом трасс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архитектурное* проектирование промышленных предприятий/Под ред. С. В. Демидова, А. А. Хрусталева.— М.: Стройиздат, 1984.

2. *Белый Л. Д.* Инженерная геология.— М.: Высшая школа, 1985.

3. *Беляев Н. И.* Опыт применения аэрометодов в лесоинженерном деле.— М.: Лесная промышленность, 1978.

4. *Бойко А. В.* Методы и средства автоматизации топографических съемок.— М.: Недра, 1980.

5. *Буденков Н. А., Ганьшин В. Н.* Геодезические работы при речных и озерных изысканиях.— М.: Недра, 1979.

6. *Видуев В. Г., Полищук Ю. В.* Инженерные изыскания.— Киев: Вища школа, 1979.

7. *Ганьшин В. Н., Хренов Л. С.* Таблицы разбивки круговых и переходных кривых.— М.: Недра, 1985.

8. *Глотов Г. Ф.* Курс инженерной геодезии.— М.: Недра, 1972.

9. *Дворяшкин М. В., Кармазин А. У.* Лесная крупномасштабная аэрофотосъемка с вертолетов.— М.: Лесная промышленность, 1978.

10. *Железняков В. Г.* Гидрология и гидрометрия.— М.: Высшая школа, 1981.

11. *Зворыкин Д. Н.* Развитие проектного дела в СССР.— М.: Стройиздат, 1984.

12. *Инженерно-геодезические* работы для проектирования и строительства энергетических объектов/А. А. Карлсон, Л. И. Пик, О. А. Пономарев, В. И. Сердюков.— М.: Недра, 1986.

13. *Инженерные* изыскания в строительстве/С. П. Абрамов, Ф. В. Залесский, Т. А. Ларина и др.— М.: Стройиздат, 1982.

14. *Инженерные* изыскания в строительстве/Под ред. С. П. Абрамова.— М.: Стройиздат, 1982.

15. *Инструкция* по инженерно-геодезическим изысканиями магистральных каналов.— М.: Гидропроект, 1970.

16. *Инструкция* по инженерным изысканиям для промышленного строительства. СН 225—79.— М.: Стройиздат, 1979.

17. *Инструкция* по нивелированию/I, II, III и IV классов.— М.: Недра, 1974.

18. *Инструкция* о построении государственной геодезической сети СССР.— М.: Недра, 1976.

19. *Инструкция* по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог.— Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1985.

20. *Инструкция* по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.— М.: Недра, 1985.

21. *Инструкция* по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ.— М.: ПГО «Аэрогеология», 1984.

22. *Использование* ЭВМ при проектировании генеральных планов и объемно-планировочных решений зданий промышленных предприятий/И. П. Минаков, Н. И. Рафалович, В. С. Тимощук и др.— Л.: Стройиздат, 1982.

23. *Климов О. Д.* Основы инженерных изысканий.— М.: Недра, 1974.

24. *Коськов Б. И.* Справочное пособие по съемке городов.— М.: Недра, 1986.

25. *Ливанов М. М.* Инженерно-геодезическая съемка и составление исполнительных планов промышленных предприятий.— М.: Недра, 1966.

26. *Методы* и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве/В. Д. Большаков, И. Ю. Васютинский, Е. Б. Клюшин и др.— М.: Недра, 1976.

27. *Общая* гидрология/Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина.— Л.: Гидрометеоиздат, 1973.

28. *Основы* геодезии, топографического черчения и лесной таксации/В. Г. Загреев, В. Л. Вагин, Б. Л. Брук.— М.: Высшая школа, 1982.

29. *Парамонова Е. Г., Юнусов А. Г.* Геодезические работы в мелиоративном строительстве.— М.: Недра, 1981.

30. *Полевой В. А.* Работа с трехкоординатным топопривязчиком.— М.: Недра, 1978.

31. *Правила* устройства электроустановок. Канализация электроэнергии.— М.: Атомиздат, 1978.

32. *Правила* устройства электроустановок. Распределительные устройства и подстанции.— М.: Атомиздат, 1978.

33. *Прикладная* геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений/Г. П. Левчук, В. Е. Новак, Н. Н. Лебедев.— М.: Недра, 1983.

34. *Прикладная* геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ/Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов.— М.: Недра, 1981.

35. *Прихода А. Г.* Барометрическое нивелирование.— М.: Недра, 1972.

36. *Райфельд В. Ф.* Инженерно-геодезические работы при изысканиях линейных сооружений.— М.: Недра, 1983.

37. *Руководство* по инженерным изысканиям в строительстве/Т. А. Ларина, С. П. Абрамов, О. В. Слинко.— М.: Стройиздат, 1982.

38. *Руководство* по топографическим съемкам в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.— М.: Недра, 1977.

39. *Северьянов Н. И.* Краткий справочник по изысканиям для линейного строительства.— М.: Стройиздат, 1972.

40. *Селиханович В. Г.* Геодезия.— М.: Недра, 1981, ч. II.

41. *Справочник* геодезиста/Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука.— М.: Недра, 1985.

42. *Справочник* по инженерной геодезии/Под ред. Н. Г. Видуева.— Киев: Вища школа, 1987.

43. *Справочник* проектировщика. Градостроительство/Под ред. В. Н. Белоусова.— М.: Стройиздат, 1978.

44. *Справочное* пособие по прикладной геодезии/Под ред. В. Д. Большакова.— М.: Недра, 1987.

45. *Справочное* руководство по инженерно-геодезическим работам/Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука.— М.: Недра, 1980.

46. *Справочное* руководство по крупномасштабным съемкам/В. Н. Ганьшин, Б. И. Коськов, Л. С. Хренов.— М.: Недра, 1980.

47. *Субботин И. Е.* Инженерно-геодезические работы при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных нефтегазопроводов.— М.: Недра, 1987.

48. *Субботин И. Е., Мазницкий А. С.* Справочник по инженерно-геодезическим изысканиям для линейного строительства.— Киев: Будивельник, 1984.

49. *Уставич Г. А., Костина Г. Д.* Геодезические работы при строительстве и эксплуатации крупных энергетических объектов.— М.: Недра, 1982.

50. *Федоров В. И.* Аэроизыскания автомобильных дорог и мостовых переходов.— М.: Транспорт, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер

_____
(наименование организации)

_____
(подпись, инициалы и фамилия)

_____
(дата)

Техническое задание

на производство _____
(виды инженерных изысканий)

_____
(наименование организации, подразделения)

1. Наименование объекта _____
2. Местоположение объекта _____
3. Заказчик _____
4. Основания для выдачи задания _____
5. Стадия проектирования _____
6. Площади участков (площадок), назначение и протяженность инженерных коммуникаций _____
7. Назначение и техническая характеристика проектируемых объектов

_____

8. Особенности строительства и эксплуатации объекта _____
9. Инженерно-геодезические изыскания _____
10. Инженерно-геологические изыскания _____
11. Инженерно-гидрометеорологические изыскания _____
12. Поиски и разведка местных строительных материалов _____
13. Изыскания источников водоснабжения _____
14. Особые требования к изысканиям, точности, надежности и обеспеченности данных _____

15. Сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях _____

Главный инженер проекта _____
(подпись, инициалы и фамилия)

« » _____ Телефон _____
(дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Главное управление
геодезии и картографии
при Совете Министров СССР

Территориальная инспекция
Государственного геодезического
надзора
« » _____ 19 г.
№ _____

Исп. вх. № _____
Экз. № _____
Действительно по _____ 19 ___ г.
Разрешение № _____
на производство топографо-геодезических работ
Выдано _____

По заявлению от _____ за № _____

Назначение работ _____

Местоположение участка работ _____

Работы финансируются _____

К производству разрешены следующие работы: _____

Порядковый номер	Виды топографо-геодезических работ	Единица измерения	Объем работ в натуральном выражении	Стоимость работ, руб.	
				единицы работ	всего объема работ

Итого:

1. Разрешено к производству работ на сумму _____ тыс. руб.

2. Произведено снижение стоимости работ на _____ тыс. руб.

Организация, производящая работы, обязуется:

1. Топографо-геодезические работы производить в соответствии с требованиями общеобязательных технических инструкций _____

2. Соблюдать требования Инструкции об охране геодезических знаков, изданной в 1952 г. в соответствии с постановлением Совета Министров Союза ССР.

3. Сдать выполненные топографо-геодезические работы Комиссии по государственной приемке работ не позднее _____

4. Своевременно представлять в _____ территориальную инспекцию Госгеонадзора копии актов внутриведомственного контроля, а также актов приемки топографо-геодезических работ технической комиссией.

5. Уведомить _____ территориальную инспекцию Госгеонадзора об изменениях в объемах работ, установленных данным разрешением.

6. По прибытии в районы работ зарегистрировать производственное подразделение в местных Советах депутатов трудящихся, предъявляя при этом разрешение на производство работ.

7. Представить в инспекцию сведения по обследованию геознаков в соответствии с инструкцией об охране геодезических знаков _____

Начальник _____ территориальной инспекции Государственного геодезического надзора

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

АКТ

приемки топографо-геодезических работ от _____
(исполнителя, партии, экспедиции)

за _____ 19 _____ г.
(месяц, квартал, год)

« _____ » 19 _____ г. _____
(место)

Мы, нижеподписавшиеся, _____

_____
(нач. партии, ст. геодезист партии, экспедиции, объединения, треста)

с одной стороны и _____
(исполнитель работ, нач. партии, ст. геодезист экспедиции)

с другой стороны, составили настоящий акт в том, что первый принял, а второй сдал завершенные топографо-геодезические работы, выполненные на _____ в следующих объемах:
(участок геологоразведочных работ)

Порядковый номер	Вид работы	Единица измерения	План	Выполнено	Принято завершенных работ	Сметная стоимость принятых работ	Качество принятых работ		
							отлично	хорошо	удовлетворительно

Сметная стоимость незавершенных работ _____ тыс. руб.

Перечень и объемы учтенных актом незавершенных работ:

_____

Фактическая стоимость забракованных работ _____ тыс. руб.
Работы забракованы по следующим причинам:

_____

Акт составлен в _____ экз., из которых первый находится _____,

второй _____, третий _____.

Работу сдал _____

Работу принял _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

(составляется в момент обнаружения брака непосредственно на месте контроля, приемки)

АКТ

на обнаруженный брак в топографо-геодезических работах, выполненных

_____

(исполнителем, партией, экспедицией)

_____ « _____ » _____ 19 _____ г.

(место)

Брак обнаружен представителем (комиссией) _____

(организация,

_____

должность, фамилия, имя, отчество)

в период производства текущего контроля (приемки) топографо-геодезических работ (полевых, камеральных) в присутствии _____

_____

(исполнителя, нач. партии, ст. геодезиста партии, экспедиции)

путем контрольных полевых измерений, при просмотре полевых и камеральных материалов, проверке методики вычислений (ненужное вычеркнуть).

а) Существо брака _____

_____

_____

б) Объем и фактическая стоимость забракованных работ _____

_____

в) Причины, вызвавшие брак _____

_____

_____

г) Предложения о порядке и сроках ликвидации брака и использования забракованных материалов _____

_____

(уничтожение или частичное использование)

д) Предложения по возмещению убытков от брака и ответственности виновных лиц _____

_____

_____

Комиссия (представитель)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Исполнитель _____

Начальник партии _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. Виды инженерных сооружений 4

1.1. Классификация инженерных сооружений 4
1.2. Промышленные сооружения 4
1.3. Объекты энергетики 7
1.4. Гидротехнические сооружения 10
1.5. Сооружения транспорта и связи 15
1.6. Жилые, административные и общественные здания 24
1.7. Прецизионные и уникальные сооружения 25
1.8. Сельскохозяйственные сооружения 28

2. Проектирование инженерных сооружений 29

2.1. Организация проектного дела в СССР 29
2.2. Стадии проектирования 33
2.3. Состав и содержание проектов 35
2.4. Нормативные документы на проектные работы 37
2.5. Требования к выбору площадки для строительства 38
2.6. Методы проектирования. САПР 42

3. Инженерные изыскания для строительства 48

3.1. Виды инженерных изысканий для строительства 48
3.2. Организация инженерных изысканий в СССР 50
3.3. Техника безопасности при производстве инженерных изысканий 63
3.4. Роль космических исследований в практике инженерных изысканий 65
3.5. Роль инженерных изысканий в охране окружающей среды 66

4. Топографо-геодезические изыскания 68

4.1. Состав топографо-геодезических изысканий. Назначение топографических планов 68
4.2. Общие принципы создания планово-высотного обоснования для топографо-геодезических изысканий 72
4.3. Виды крупномасштабной топографической съемки 81
4.4. Крупномасштабная съемка промплощадок, городских и поселковых территорий для целей проектирования, модернизации и благоустройства 94
4.5. Цифровая модель местности. Автоматизированные устройства составления графической документации 100

5. Инженерно-геологические изыскания 105

5.1. Классификация горных пород, их свойства 105
5.2. Подземные воды 108
5.3. Физико-геологические процессы 112
5.4. Состав и содержание инженерно-геологических изысканий 116
5.5. Буровые и горно-проходческие разведочные работы. Методы изучения физико-технических свойств грунтов 118
5.6. Геофизические методы разведки 123
5.7. Гидрогеологические исследования 125
5.8. Геодезические работы при выполнении инженерно-геологических изысканий 128
5.9. Геодезические работы при геологических и геофизических разведках 130

6. Инженерно-гидрологические изыскания 147

6.1. Краткие сведения о гидрологии суши 147

6.2. Речная система. Гидрологические характеристики реки 148
6.3. Озера. Шельфы морей и океанов 155
6.4. Состав и содержание гидрометрических работ 159
6.5. Геодезические работы при гидрологических изысканиях 165

7. Особенности инженерно-геодезических и топографических изысканий для проектирования различных видов сооружений 166

7.1. Изыскания сооружений транспорта и линий связи 166
7.2. Изыскания при проектировании гидротехнических сооружений 197
7.3. Изыскания промышленных сооружений, жилых и административных зданий 205
7.4. Изыскания при проектировании прецизионных сооружений 210
7.5. Изыскания объектов лесоустройства 220

Список литературы 230

Приложения 232