

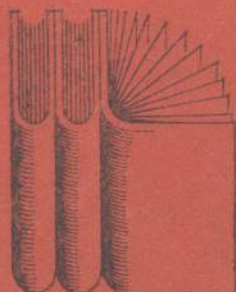
528 (075)

P25

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

УЧЕБНО -
МЕТОДИЧЕСКИЙ
КАБИНЕТ
ПО ВЫСШЕМУ
ОБРАЗОВАНИЮ

УЧЕБНОЕ
ПОСОБИЕ



Г. С. Ратушняк

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ
И СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

КИЕВ

1991

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
ВИННИЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Г.С.Ратушняк

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Утверждено Советом Учебно-методического кабинета
по высшему образованию при Минвузе УССР
в качестве учебного пособия
для студентов строительных специальностей

Киев УМК ВО 1991

НТБ ВНТУ



388709

528(075)

P 25

1991

Ратушняк Г.С. Инженерные изыскания и спе

УДК 528.48, 551.48

Инженерные изыскания и специальные гидролого-климатические исследования: Учеб. пособие / Г.С.Ратушняк. - К.: УМК ВО, 1991. - 116 с.

В учебном пособии рассмотрены задачи, программа и виды инженерных изысканий, выполняемых при проектировании сооружений. Изложены состав, организация и методы производства работ при инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканиях. Приведены новые сведения о научно-техническом прогрессе в инженерно-геодезическом производстве и его влиянии на совершенствование методов и технологии изыскательских работ. Рассмотрены перспективные методы гидролого-климатических исследований при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий.

Рассчитано на студентов строительных специальностей.

Ил. 25. Табл. 24. Библиогр.: 36 назв.

Рецензенты: Ю.В.Полищук, д-р техн.наук (КИСИ)
Г.В.Белоненко, д-р геогр. наук (ОмСХИ)
И.Е.Субботин, канд.техн.наук (КИСИ)

ISBN 5-7763-0346-X

С

Учебно-методический кабинет
по высшему образованию при
Минвузе УССР, 1991.

Учебное издание

Ратушняк Георгий Сергеевич

Инженерные изыскания
и специальные гидролого-климатические
исследования
Учебное пособие

388709

Редактор Л.Г.Рева

Корректоры: Е.Д.Киба

Т.Н.Сенюк-Шевчук

С.Н.Влизько

Н.Ф.Слонина

Св. темплан 1991, поз 40

Подп. к печ. 24.12.90. Формат 60×84^{1/16}. Бумага
тип. № 5. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,76. Усл. кр.-отг. 681.
Уч.-изд. л. 7,65. Тираж 500.

Зак. № 03126А. Цена 0,25 к.

УМК ВО при Минвузе УССР
252135, г. Киев, проспект Победы, 10.
РАПО «Укрвузполиграф»
252151, г. Киев, ул. Волинская, 60.



ПРЕДИСЛОВИЕ

Проектирование, строительство и эксплуатация различных народнохозяйственных объектов предполагают комплексное изучение природных условий с целью выявления их влияния на технико-эксплуатационные характеристики сооружений, их надежность и долговечность.

Инженеру-строителю в его практической деятельности на пути преобразований природной среды необходимо быть во всеоружии знаний ее процессов, течение которых может нарушаться или изменяться в результате строительства различных народнохозяйственных объектов. Эти знания приходят и накапливаются в результате глубоких специальных научных исследований. К 2000 г. инженерным освоением будет охвачено около 15% всей суши, что приведет к формированию новых антропогенных ландшафтов. На возможность отрицательных последствий из-за недоучета в хозяйственной деятельности природных условий указывал Ф.Энгельс, который считал, что нельзя слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых.

Погоня за формальными валовыми показателями строительства во многих случаях приносит не пользу, а вред. В прошлые годы вследствие недооценки экономической и социальной географии строительства вместо реконструкции существующих предприятий и внедрения новых технологий шли по экстенсивному пути создания новых предприятий. Отсутствие не-

обходимой гласности и действенного обсуждения способствовало строительству ведомствами различных объектов без должной экологической экспертизы (Крымская АЭС, крупные нефтеперерабатывающие комплексы и др.). Экологические и социальные аспекты природопользования взаимосвязаны. Примеров катастрофических бедствий вследствие неразумного взаимодействия общества с природой в процессе хозяйственной деятельности предостаточно. Это последствия землетрясения в Армении, Чернобыльской катастрофы, строительства каскада водохранилищ на Волге и Днестре и целый ряд других.

Проблема надлежащей практической подготовки инженеров-строителей находится в тесной взаимосвязи с получением ими знаний по рациональному использованию и охране природных ресурсов в условиях научно-технического прогресса. Решение этой задачи требует соответствующего методического обеспечения учебного процесса, позволяющего развивать экологическое мышление и активизировать творческую самостоятельную деятельность в получении навыков и умений по проектированию, строительству и эксплуатации народнохозяйственных объектов на основе рационального природопользования.

В данном учебном пособии помещены требования нормативно-технических актов, регламентирующих выполнение инженерных изысканий на современном уровне. В сконцентрированном виде изложены положения, связанные с развитием науки и техники, с совершенствованием производства инженерных изысканий и охватывающие крупные разделы наук, используемых в технологических процессах по строительству различных видов сооружений.

При изложении материала учитывалась специфика программ учебных курсов, изучаемых при подготовке инженеров-строителей. Пособие рассчитано на самостоятельную работу студентов. В связи с этим отдельные теоретические положения имеют своеобразную методику изложения и сопровождаются примерами, позволяющими разъяснить теорию и существо рассматриваемых вопросов.

Автор выражает признательность профессору В.С.Мезенцеву и рецензентам за советы и замечания, учет которых способствовал улучшению содержания данного учебного пособия.

1. ЗАДАЧИ И ПРОГРАММА ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

1.1. Программа и техническое задание на изыскания

Основой для разработки проектов строительства служат материалы полевых изысканий и исследований, позволяющие детально изучить естественно-историческую обстановку в районе строительства, хозяйственную и экономическую целесообразность, санитарно-технические, противопожарные и другие условия. Основная задача изысканий и исследований – комплексное изучение природных условий района строительства с целью получения необходимых материалов для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании и строительстве объектов, а также данных для составления прогноза изменений окружающей природной среды под воздействием строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений. Геофизическим исследованиям подвергаются все компоненты природной среды: рельеф земной поверхности, атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера.

Инженерные изыскания для строительства выполняются территориальными изыскательскими, специализированными изыскательскими и проектно-изыскательскими организациями. Допускается выполнение изысканий другими организациями, которым в установленном порядке предоставлено такое право. Для выполнения инженерных изысканий заказчик выдает техническое задание, являющееся основанием для составления программы изысканий и соответствующей сметно-договорной документации на выполнение работ. При разработке технического задания исходят из того, что, во-первых, правильное решение основных вопросов и определение целесообразности мероприятий, намечаемых в проекте, в значительной мере зависит от достоверности и полноты материалов изысканий, во-вторых, излишний объем изысканий приводит к удорожанию и удлинению сроков проектно-изыскательских работ.

Техническое задание, выдаваемое заказчиком проектно-изыскательским или другим организациям, должно содержать: указания о целевом назначении и намечаемых видах изысканий; наименование объекта; данные о местоположении и границах района (участка) строительства; сведения о стадии проектирования, данные о назначении и видах зданий и сооружений; характеристики конструктивных особенностей и основные параметры проектируемых зданий и сооружений (включая подземные части) с указанием возможных вариантов их расположения; данные

о предполагаемых видах воздействий и величинах нагрузок на фундаменты; сведения о намечаемых типах фундаментов, размерах и глубине их заложения; допустимые значения деформаций (осадки, сдвиги, крены) оснований зданий и сооружений; данные об особенностях строительства и эксплуатации объекта, которые могут вызвать изменения природных условий, включая сведения о режимообразующих техногенных факторах, источниках подтопления, составе и количестве сбросов предприятия; особые требования к точности проведения инженерных изысканий и обеспеченности получаемых данных; сроки и порядок представления отчетных материалов.

На основании технического задания и требований соответствующих нормативных документов с учетом результатов анализа собранных в подготовительный период материалов и полевого обследования района составляется (по согласованию с заказчиком) программа изысканий, содержащая: наименование и местоположение объекта с указанием административной принадлежности района (участка) изысканий; краткую физико-географическую характеристику района и местных природных условий (особенности рельефа, климата, режима водотоков и водоемов, неблагоприятные природные процессы и явления), влияющие на организацию и проведение изысканий; сведения об изученности района изысканий, результаты имеющихся материалов и рекомендации по их использованию; обоснование категорий сложности природных условий, состава, объемов, методов и последовательности выполнения изысканий; обоснование площадей и мест проведения отдельных видов изысканий; требования, связанные с охраной окружающей природной среды при выполнении изысканий; особые требования к организации, технологии производства и безопасности ведения работ.

При составлении программы предусматривается максимальное использование материалов ранее выполненных изысканий и другие данные о природных условиях района изысканий. Состав, объемы, методы и последовательность выполнения изыскательских работ обосновываются в программе на основе требований инструкций по инженерным изысканиям для соответствующих видов строительства с учетом назначения и типов зданий, сооружений и установленной стадийности их проектирования, площади исследуемой территории, степени изученности и сложности природных условий.

Содержание и методика инженерных изысканий обуславливаются стадией составления проекта. В настоящее время в соответствии со СНиП 1.02.01-85 проектно-сметная документация разрабатывается в одну

стадию (рабочий проект) или в две стадии (проект и рабочая документация) [28].

Для небольших объектов практикуется одностадийное проектирование — составление рабочего проекта. При двухстадийном проектировании на первой стадии разрабатывается проект, определяющий экономическую целесообразность и техническую возможность строительства и его сметную стоимость. Второй стадией составления проекта является рабочая документация, разрабатываемая на основе утвержденного проекта, содержащая детали элементов сооружений.

1.2. Виды инженерных изысканий

В зависимости от стадии проектирования сооружений инженерные изыскания подразделяются на проблемные, предварительные и окончательные. Проблемные изыскания выполняют для разработки технико-экономического расчета (ТЭР) и составления технико-экономического обоснования (ТЭО). Предварительные изыскания служат для составления технического проекта. Окончательные изыскания выполняют для составления рабочей документации. При двухстадийном проектировании производят предварительные и окончательные изыскания, а при одностадийном — сразу же окончательные изыскания.

Изыскания и исследования кроме различия по составу, содержанию и задачам в зависимости от стадий проектирования различаются по времени получения исходных материалов. Предпостроечные изыскания необходимы при большом промежутке времени между завершением проектных работ и началом строительства. В результате этих изысканий разрабатывают или уточняют проект производства работ. Строительные изыскания выполняют при изменении проекта производства работ в период строительства и сложных разбивочных работах по перенесению проекта в натуру. Они также включают гидрогеологические и геологические исследования в процессе производства земляных работ, исследования строительных материалов и другие. Эксплуатационные изыскания имеют своей целью получение материалов для ремонта, реконструкции и дальнейшего совершенствования построенных сооружений.

В зависимости от вида строительства изыскания по назначению могут быть городскими, промышленными, гидротехническими, гидромелиоративными, автомобильных и железных дорог, трубопроводного транспорта, энергетическими и санитарно-техническими. Если изыскания производятся для нескольких отраслей строительства, то они комплекс-

ные, а если относятся к одной отрасли строительства – специализированные. Степень специализации зависит от характера дифференциации отрасли строительства. Городские инженерные изыскания, охватывающие промышленную, жилую, коммунальную и складскую зоны города, а также его дорожную сеть, являются комплексными, но они включают в себя специализированные изыскания, которые выполняются при строительстве отдельных зданий и сооружений.

В зависимости от характера получаемых материалов изыскания подразделяются на инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-экономические, геоботанические и др. [10; 27]. При инженерно-геодезических изысканиях изучают топографические условия района строительства, получают топографо-геодезические материалы и данные, необходимые для проектирования объектов и выполнения других видов инженерных изысканий. Инженерно-геологические изыскания обеспечивают изучение инженерно-геологических условий района строительства, включая геоморфологическое и геологическое строение, литологический состав, состояние и физико-механические свойства грунтов, гидрогеологические условия, неблагоприятные физико-геологические процессы и явления, а также составление прогноза изменения инженерно-геологических и гидрогеологических условий при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Инженерно-гидрометеорологические изыскания призваны обеспечивать изучение гидрометеорологических условий района строительства и получение материалов и данных по речной и морской гидрологии и климатологии, необходимых для проектирования объектов, а также для оценки возможных изменений гидрометеорологических условий территории и акватории под воздействием строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений. Инженерно-экономические изыскания преследуют цель собрать и обработать сведения экономического характера состояния будущего строительства, решить вопросы, связанные с отводом земельных участков для строительства, согласовать с разными организациями возможные варианты расположения сооружений.

Инженерные изыскания делятся на подготовительные, полевые и камеральные. В подготовительный период изысканий выполняется сбор, анализ и обобщение материалов о природных условиях района, составляются программы, графики и сметы, оформляются договоры на выполнение полевых изысканий. Собирают имеющийся картографический материал, геологические карты, данные о гидрологических и метеорологических наблюдениях, а также отчеты о ранее проведенных изысканиях. Материалы собираются в исполнительных комитетах народных депутатов, изыскатель-

ских и проектно-исследовательских организациях, в учреждениях ГУГК, Мин-гео, Госкомгидромете СССР. Основной объем работ выполняется в период полевых инженерных изысканий. В процессе камеральных работ полученные материалы обрабатывают и составляют технический отчет, который должен содержать данные, необходимые для разработки проектно-сметной документации соответствующей стадии проектирования.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

2.1. Состав и задачи инженерно-геодезических изысканий

Для определения пространственно-геометрических характеристик условий, на основании которых осуществляются проектирование, строительство и эксплуатация инженерных сооружений, выполняются инженерно-геодезические изыскания, обеспечивающие изучение топографических условий района. В состав инженерно-геодезических входят [27]:

- а) сбор и анализ имеющихся материалов топографо-геодезической изученности с целью оценки их репрезентивности и достаточности;
- б) создание геодезической основы топографических съемок путем построения государственной геодезической сети 3 и 4 классов; геодезической сети сгущения 1- и 2-го разрядов и нивелирной сети II, III и IV классов, а также плано-высотной съемочной геодезической сети в виде теодолитно-нивелирных и теодолитно-тахеометрических ходов;
- в) крупномасштабная топографическая съемка аэрофототопографическим и наземными методами;
- г) обновление топографических планов;
- д) съемка подземных инженерных коммуникаций;
- е) геодезическое трассирование линейных сооружений;
- ж) инженерно-геодезическое обеспечение инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических и других видов изысканий, включая специальные геодезические наблюдения;
- з) картографические работы, которые помимо составления топографических карт включают создание геологических, гидрогеологических, климатических, гидрологических, почвенных и других карт.

Состав инженерно-геодезических изысканий, степень их полноты, детальности и точности зависит от стадий проектирования сооружений. При разработке ТЭО и ТЭР изыскания выполняются на большой площади, в мелком масштабе и зачастую без детальных полевых работ. Для рабочего проектирования, связанного с проектированием вертикальной плани-

ровки, переносом в натуру проектов сооружений, выполняется крупномасштабная топографическая съемка.

До начала работ на основании технического задания разрабатывается программа инженерно-геодезических изысканий. Техническое задание на производство топографо-геодезических работ содержит наименование объекта и его общую характеристику; указание о стадийности проектирования; сведения о целевом назначении, видах и объемах работ; данные о системе координат и высот, площадях и масштабах съемок; высотах сечения рельефа по отдельным участкам; указания об очередности производства работ и сроки выдачи материалов. К техническому заданию прилагается схема с указанием границ участков съемки с учетом проектируемых коммуникаций.

Программа производства инженерно-геодезических изысканий составляется на весь комплекс работ и определяет состав, методы и сроки выполнения работ, а также их объемы и сметную стоимость. Текстовая часть программы содержит сведения о физико-географической характеристике района и его топографо-геодезической изученности, проектируемых опорных геодезических сетях и системах координат и высот, видах топографических съемок, привязке, инженерно-геологических выработках, техническом контроле и приемке работ, сроки, объемы и стоимость проектируемых работ и перечень выпускаемых материалов. К программе прилагаются карта-схема с границами участков съемки и разграфкой листов плана, схема проектируемых опорных геодезических сетей, чертежи специальных наружных знаков и центров геодезических пунктов, а также проект привязки инженерно-геологических выработок и других точек.

2.2. Геодезическая основа, масштаб съемки и высота сечения рельефа

Геодезической основой топографических съемок служат пункты геодезических и нивелирных сетей и съемочной геодезической сети. Пункты государственной геодезической сети III и IV классов и геодезической сети сгущения I- и 2-го разрядов определяются методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии и их сочетания. Пункты нивелирной сети II, III и IV классов определяются методом геометрического нивелирования.

Съемочная геодезическая сеть создается с целью сгущения геодезической плановой и высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки. Количество точек съемочного обоснования застроенной территории зависит от масштаба съемки (табл I).

Таблица 1

Количество точек съемочного обоснования [16]

Масштаб съемки	Количество точек съемочного обоснования на 1 км ²
1:5000	Более 4
1:2000	12
1:1000	6

На застроенной территории количество точек съемочного обоснования определяется рекогносцировкой.

Съемочная сеть развивается от пунктов государственных геодезических сетей, геодезических сетей сгущения 1- и 2-го разрядов. Пункты съемочной сети определяются построением триангуляционных сетей, приложением теодолитных и мензульных ходов, прямыми, обратными и комбинированными засечками. При развитии съемочной сети одновременно находятся положения точек в плане и по высоте. Высоты точек съемочной сети определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Допустимые длины теодолитных ходов зависят от масштаба съемки, предельной относительной погрешности и точности мерного прибора (табл. 2).

Таблица 2

Допустимые длины ходов, км, между исходными пунктами при $m_s = 0,2$ мм [16]

Масштаб	Относительная погрешность		
	1:3000	1:2000	1:1000
1:5000	6,0	4,0	2,0
1:2000	3,0	2,0	1,0
1:1000	1,8	1,2	0,6
1:500	0,9	0,6	0,3

Для выполнения в составе инженерно-геодезических изысканий работ, требующих значительной точности, в соответствии с программой создаются геодезические сети специального назначения.

Бид плановой и высотной опорной геодезической сети выбирается в зависимости от площади съемки. Для съемки территорий площадью более 5 км плановая геодезическая сеть создается в виде триангуляции, трилатерации и полигонометрии IУ класса и выше, а также геодезических сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов. Геодезические сети 1- и 2-го разрядов служат плановым обоснованием на площади 2,5...5,0 км².

При съемке площади 1,0...2,5 км² создают геодезические сети 2-го разряда. На площади менее 1 км² плановой основой являются теодолитные ходы или микротриангуляции. Высотным обоснованием на площади свыше 10 км² являются сети нивелирования II, III и IУ классов. Для территории площадью 1-10 км² высотным обоснованием является нивелирование IУ класса, а менее 1 км² - техническое нивелирование.

Объем, содержание и стоимость работ при геодезических изысканиях определяются масштабом съемки, который зависит от масштабообразующих факторов. К ним относятся: полнота изображения, которая зависит от минимального размера, представленного на плане элемента местности; детальность изображения, которая определяется подробностью отображения на плане топографических элементов или допустимых погрешностей в изображении очертаний ситуационных контуров и формы рельефа; точность изображения, выражаемая погрешностью во взаимном положении точек местности на плане и по высоте. Кроме того, масштаб должен учитывать назначение съемки, размеры снимаемого участка и стадию проектирования.

Масштаб топографической съемки рассчитывается по формуле [7]

$$M = A/a, \quad (1)$$

где M - знаменатель масштаба съемки; A - расстояние на местности, соответствующее расстоянию на плане a .

Минимальное значение расстояния A_{min} зависит от масштабообразующих факторов, а минимальное значение a_{min} определяется возможностями графического изображения на плане. Так как A и a независимые величины, то справедливо равенство [2; 7]

$$\epsilon_M^2 / M^2 = \epsilon_A^2 / A^2 + \epsilon_a^2 / a^2, \quad (2)$$

где ϵ_M / M , ϵ_A / A , ϵ_a / a - относительные погрешности масштаба топографической съемки, расстояния на местности и на плане.

Высота сечения рельефа h_c зависит от масштаба съемки, характера рельефа местности, назначения и требуемой точности плана и вида строительства и определяется по формуле [7]

$$h_c = d_{\min} \operatorname{tg} \nu_{\max}, \quad (3)$$

где d_{\min} - наименьшее расстояние между горизонталями; ν_{\max} - предельная крутизна ската, при которой рельеф еще может быть изображен горизонталями.

Нормальная высота сечения h_0 в зависимости от знаменателя масштаба плана M составляет, м:

$$h_0 = 0,0002 M. \quad (4)$$

При инженерно-геодезических изысканиях в зависимости от характера рельефа устанавливают соответствующую масштабу съемки высоту сечения рельефа (табл. 3).

Таблица 3

Высота сечения рельефа, м [16]

Рельеф участков съемки	Масштаб съемки			
	1:5000	1:2000	1:1000	1:500
Равнинный с углами наклона до 2°	0,5; 1,0	0,5; 1,0	0,5	0,5
Всхолмленный с углами наклона до 4°	1,0; 2,0	0,5; 1,0; 2,0	0,5	0,5
Пересеченный с углами наклона до 6°	2,0; 5,0	1,0; 2,0	0,5; 1,0	0,5
Горный и предгорный	2,0; 5,0	2,0	1,0	1,0

В отдельных случаях для составления планов участков промышленных предприятий и улиц городов с густой сетью подземных коммуникаций выполняется топографическая съемка в масштабе 1:200 с высотой сечения рельефа 0,5 и 0,25 м.

Окончательно масштаб топографической съемки и высоту сечения рельефа выбирают с учетом вида строительства, назначения планов, типов зданий и установленной стадийности их проектирования, частоты

инженерных коммуникаций, характера застройки, степени благоустройства территории, природных условий района строительства и характеристики рельефа.

2.3. Назначение и содержание топографических планов

Подготавливаемые по материалам инженерных геодезических изысканий топографические планы в зависимости от масштаба используются для проектирования различных народнохозяйственных объектов.

Крупномасштабный топографический план, на котором изображают весь комплекс наземных, подземных и воздушных сооружений, называется генеральным планом. На строительном генеральном плане показывают запроектированные постоянные сооружения, координаты главных осей точек и отметки основных горизонтов. Исполнительный генеральный план составляется по результатам исполнительной съемки построенных постоянных и временных сооружений.

Топографические планы масштаба 1:5000 предназначаются для разработки [16]:

- генеральных планов и проектов размещения строительства первой очереди крупных, больших и средних городов, а также для составления схем размещения в них проектируемых жилых или промышленных районов;
- планов проектов инженерных сооружений и проектов наиболее сложных узлов при решении планировки пригородной зоны;
- проектов промышленных и горнодобывающих предприятий;
- проектов орошения и осушения земли;
- камерального трассирования автомобильных дорог в условиях сложного рельефа местности, на подходах к крупным пунктам и в других местах со сложной ситуацией;
- трасс воздушных линий электропередачи в местах пересечений и обложений с сооружениями и др.

Кроме того, топографические планы масштаба 1:5000 используются для других целей и являются основой для составления топографических и специализированных планов и карт более мелкого масштаба.

Топографические планы масштаба 1:2000 предназначаются для [16]:

- разработки генеральных планов малых городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов;

- составления проектов детальной планировки и эскизов застройки;
- проектов планировки городских промышленных районов, проектов наиболее сложных транспортных развязок в городах на стадии разработки генерального плана;

составления исполнительных планов горнопромышленных предприятий;

составления проектов и рабочей документации орошения и осушения земель;

проектирования железных и автомобильных дорог на стадии проекта в горных районах и для рабочей документации в равнинных и холмистых районах;

составления рабочей документации трубопроводных, насосных и компрессорных станций, переходов через крупные реки и др.

Топографические планы масштаба 1:1000 предназначаются для [16]:

составления проектов и рабочей документации застройки на незастроенной территории или территории с одноэтажной застройкой;

проектирования вертикальной планировки; составления проектов озеленения территории и планов существующих подземных сетей и сооружений и привязки зданий и сооружений к участкам строительства;

составления рабочей документации бетонных плотин, зданий ГЭС и камер-шлюзов;

проектирования напорных трубопроводов, гидротехнических сооружений, канализации и теплогазоснабжения в населенных пунктах с плотной застройкой;

разработки рабочей документации при проектировании и строительства горнодобывающих и обогатительных предприятий и др.

Топографические планы масштаба 1:500 предназначаются для [16]:

составления исполнительного, генерального плана участка строительства и рабочей документации многоэтажной капитальной застройки с густой сетью подземных коммуникаций и промышленных предприятий;

проектирования вертикальной планировки и привязки зданий и сооружений к участкам строительства на застроенных территориях города;

составления планов подземных сетей и сооружений, рабочей документации плотин, напорных трубопроводов, зданий ГЭС, порталов туннелей и др.

Топографические планы содержат сведения об объектах и контурах местности и рельефе. На них в зависимости от масштаба условными знаками достоверно и с необходимой степенью точности и подробности изображаются:

пункты государственной геодезической сети и планово-высотного обоснования;

зданий, жилья и нежилые постройки с указанием назначения, материала и этажности;

промышленные объекты, буровые и эксплуатационные скважины, наземные трубопроводы, линии электропередач, колодцы и сети подземных коммуникаций, объекты коммунального хозяйства;

железные, шоссейные, грунтовые дороги всех видов и сооружения при них (мосты, туннели, переезды, переправы, путепроводы и т.д.);

гидрография — реки, озера, водохранилища, площади разливов;

объекты гидротехнические и водного транспорта: каналы, водоводы и водораспределительные устройства, плотины, пристани, шлюзы, маяки, навигационные знаки;

объекты водоснабжения: колодцы, колонки, резервуары, отстойники, естественные источники;

рельеф местности с применением горизонталей, отметок высот, бергштрихов, условных знаков обрывов, скал, осыпей, оврагов, воронок, ледников;

растительность древесная, кустарниковая, травяная, культурная: леса, сады, луга и др., отдельно стоящие деревья и кусты с указанием породы;

грунты и микроформы земной поверхности: пески, галечники, такыры, глинистые, щебеночные, монолитные и другие поверхности, болота, солончаки;

границы — политико-административные, землепользований и заповедников, различные ограждения.

На топографических планах помещают собственные названия населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, пристаней, лесов, песков, солончаков, вершин, перевалов, долин, болот, оврагов и других объектов.

2.4. Крупномасштабные топографические съемки

Крупномасштабные топографические съемки, предназначенные для обеспечения проектных и строительных организаций планами разных масштабов, подразделяются на основные и специализированные. Специализированные съемки выполняются с учетом требований, предъявляемых к точности, полноте и детальности изображения ситуации и рельефа местности данным видом строительства. Особенность съемок для строительных целей — аналитическое кодирование характерных точек сооружений и зданий, к которым относятся углы зданий, центры колодцев подземных коммуникаций, вершины поворотов и примыкания путей сообщений.

Топографическая съемка местности выполняется стереотопографическим, комбинированным, мензульным, тахеометрическим, фототеодолитным, горизонтальным и другими методами, позволяющими обеспечить требования нормативных документов по инженерным изысканиям для строительства. Метод съемки выбирают на основе технико-экономического обоснования, учитывающего сроки изысканий, масштаб съемки и высоту сечения рельефа; характер местности, климатические и транспортные условия, наличие оборудования и специалистов.

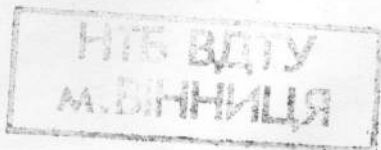
Для получения планов масштабов 1:5000 и 1:2000 наиболее целесообразна аэротопографическая съемка, когда незастроенная территория имеет большие площади с крупными формами рельефа, трассы большой протяженности, а также на застроенных наибольших территориях с одноэтажной или многоэтажной рассредоточенной территорией. Для застроенных территорий рекомендуется горизонтальная и вертикальная съемка, а для незастроенных – мензульная и тахеометрическая.

Прогрессивное направление – создание специализированных планов в виде фотокарт и цифровых моделей местности, представляющих собой отображение в виде пространственных координат множества точек земной поверхности, объединенных в единую систему по определенным математическим законам. Цифровые модели местности строятся на ЭВМ путем обработки исходной топографо-геодезической информации о местности, получаемыми различными методами съемки или путем преобразования в цифровую форму картографического изображения. Топографо-геодезическая информация, используемая для построения цифровых моделей местности, переводится в цифровую форму, индексировается, наносится на машинный носитель и вводится в ЭВМ для обработки по специальным программам.

При создании фотокарт полученное фотоизображение участка местности сочетается с необходимой графической нагрузкой, наносимой условными знаками.

Крупномасштабная аэрофототопографическая съемка выполняется стереотопографическим или комбинированным способом в зависимости от характера территории, масштаба плана, сроков проведения работ и имеющегося стереофотографического оборудования. При этом могут применяться следующие технологические схемы:

а) контурная часть плана создается на основе фотопланов, а съемка рельефа – на универсальных стереофотограмметрических приборах. Дешифрирование выполняется путем сочетания полевого и камерального дешифрирования;



б) контурная часть плана и съемка рельефа составляется на универсальных стереофотографических приборах. Дешифрирование выполняется камерально и в поле на аэрофотоснимках или фотосхемах;

в) контурная часть плана создается на основе фотопланов. Съемка рельефа выполняется мензульным, тахеометрическим или другими наземными методами одновременно с дешифрированием и досъемкой не изобразившихся на фотоплане объектов;

г) контурная часть плана составляется на универсальных стереофотограмметрических приборах в виде графических планов при камеральном дешифрировании всех изобразившихся на аэрофотоснимках объектов. Путем наземных измерений выполняется съемка рельефа, уточняются данные камерального дешифрирования и производится досъемка отсутствующих на графическом плане объектов. Состав полевых топографических работ при аэрофототопографической съемке включает маркировку опознавательных знаков или опознавание на аэрофотоснимках четких контуров, развитие съемочного планового и высотного обоснования, дешифрирование контуров при стереотопографической съемке, съемку рельефа и дешифрирование контуров при комбинированной съемке. Комплекс камеральных работ при стереотопографической съемке состоит из: подготовительных работ, включающих изучение материалов аэрофотосъемки и полевых топографо-геодезических работ, рабочее проектирование и подготовку исходных данных; фотограмметрического сгущения опорной сети; изготовления планов; дешифрирования и стереотопографической съемки контуров и рельефа; подготовки планов к изданию. В комплекс камеральных работ при комбинированной аэрофототопографической съемке входят подготовительные работы; фотограмметрическое сгущение плановой сети; изготовление фотопланов; подготовка планов к изданию. При составлении крупномасштабных планов городов используются высокоточные методы аналитической фотограмметрии. При этом методе на высокоточном стереоскопическом измерителе измеряют координаты точек стереомодели местности, а план составляется на координатографе с программным управлением. При дешифрировании застроенных территорий на фотопланах должны учитываться искажения за перспективу, направление и плотность теней, особенности изображения различных по конструкции крыш. Точность фотопланов застроенных территорий проверяют в полевых условиях промерами между важными контурами, а также между контурами и геодезическими пунктами.

Наземная фототопографическая съемка (фототеодолитная) применяется на территориях со сложными формами рельефа, а также при съемках отдельных объектов, фасадов зданий, карьеров, при наблюдениях за деформациями сооружений и испытаниях конструкций. Топографический план получают по результатам съемки с помощью фототеодолитов, устанавливаемых на земной поверхности на концах базисов, расстояния и превышения между концами которых определяют геодезическими методами, с одновременным ориентированием плана. Объект фотографируют с левого и правого штативов. С целью получения пространственных координат отдельных точек объекта снимки обрабатывают на фотограмметрических приборах, позволяющих автоматически получать плановое положение точек на планшете.

Мензульная съемка применяется на незастроенных небольших участках, где затруднено или экономически нецелесообразно применение аэрофотосъемки, а также на территориях городов и поселков в сочетании с другими методами. Съемка рельефа и контуров производится с помощью мензулы и кипрегелей КМ-2, КН или их заменяющих. На планшет с сеткой квадратов 10x10 см по координатам наносят пункты геодезико-геодезического обоснования. Мензулу центрируют над точкой геодезического обоснования с погрешностью, не превышающей для масштаба I:5000 25 см, масштаба I:2000 - 10 см и масштабов I:1000, I:500 - 5 см. Съёмочное обоснование сгущается приложением мензульных или теодолитных ходов. Разрешается в качестве опорных применять переходные точки, положение которых на планшете определяется прямыми, обратными и комбинированными засечками. Пункты съёмочного высотного обоснования обычно совмещаются с пунктами планового обоснования. Количество точек планового съёмочного обоснования должно быть достаточным для проведения съемки и приложения мензульных ходов длиной не более значений, указанных в табл. 4.

Расстояние между точками мензульного хода измеряется с помощью нитяного дальномера в прямом и обратном направлениях. Расхождения между прямым и обратным значениями не должно превышать $I/200$ длины стороны хода. Расстояния в мензульном ходе при съемке в масштабе I:500 измеряются лентой. Относительная невязка в мензульном ходе должна быть не более 0,8 мм на плане. Высоты переходных точек мензульных ходов и съёмочных пикетов при съемках с сечением рельефа через 0,25; 0,5 и 1,0 м определяются геометрическим нивели-

Требования к съемочному обоснованию
при мензульной съемке [16]

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1000	250	5
1:2000	500	200	5
1:1000	250	100	3
1:500	200	100	2

рованием. При съемках с высотой сечения 2 и 5 м допускается определять методом тригонометрического нивелирования. Высоты точек мензульного хода методом тригонометрического нивелирования определяют кипрегелем или теодолитом при двух положениях круга, а при работе номограммным кипрегелем – дважды на разные высоты визирования при круге лево. Допустимая высотная невязка в мензульном ходе зависит от высоты сечения рельефа (табл. 5).

Таблица 5

Допустимая высотная невязка в мензульном ходе [16]

Сечение рельефа, м	Допустимая невязка, м	Сечение рельефа, м	Допустимая невязка, м
0,5	0,15	2,0	0,50
1,0	0,20	5,0	1,0

Расстояния между пикетами и расстояния от прибора до рейки выбирают в зависимости от масштаба съемки и принятого сечения (табл. 6).

Съемку объектов местности и контуров углощит производят полярным способом. Расстояния от прибора до пикетов определяют по дальномеру кипрегеля, визируя при том положении круга кипрегеля, при котором ориентирована мензула. Высоты пикетных точек при углах наклона местности до 3° определяются горизонтальным лучом кипрегеля с уровнем, при трубе или нивелиром, установленными рядом с мензулой. При углах

Таблица 6

Расстояния от прибора до рейки и между пикетами
при мензульной съемке [16]

Масштаб съемки	Высота сече- ния рель- ефа, м	Макси- мальное расстоя- ние меж- ду пике- тами, м	Максималь- ное рас- стояние до рейки при съемке релье- фа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке четких контуров, м	Максимальное расстояние от прибора до рей- ки при съемке нечетких конту- ров, м
1:5000	0,5	75	250	150	200
	1,0	100	300	150	200
	2,0	120	350	150	200
	5,0	150	350	150	200
1:2000	0,5	50	200	100	150
	1,0	50	250	100	150
	2,0	60	250	100	150
1:1000	0,5	30	150	80	100
	1,0	40	200	80	100
1:500	0,5	20	100	60	80
	1,0	20	150	60	80

наклона местности более 3° высоты пикетных точек определяют наклон-
ным лучом кипрегеля при одном положении круга. Высоты пикетов вычис-
ляются до 0,01 м, выписываются на план с округлением до 0,1 м
при съемке с сечением рельефа 1 м и более. При сечениях рельефа мень-
ше 1 м высоты пикетов вычисляются и выписываются на план до 0,01 м.

В результате выполнения мензульной съемки представляются сле-
дующие материалы: полевой оригинал топографического плана; журналы
топографической съемки и журналы по развитию съемочного обоснова-
ния; ведомости вычисления планового и высотного съемочного обоснова-
ния; кальки высот и контуров; выкопировки по рамкам для сводки
по смежным трапециям; акты контроля и приемы полевых работ.

Тахеометрическая съемка применяется при создании планов небольших участков и трасс линейных сооружений, при съемке застроенной территории, а также в том случае, когда проведение стереотопографической или мензульной съемок экономически нецелесообразно либо технически невозможно. Съемка рельефа и ситуации проводится электронными, авторедукционными, внутривазовыми, топограмными тахеометрами типов ТЭ, ТД, ТВ, ТН, ТА2, Редта 002, Дальта 020 или теодолитами Т30 и Т15К. Сгущение съемочного обоснования осуществляется проложением теодолитно-нивелирных или тахеометрических ходов. Плотность пунктов съемочного обоснования определяется масштабом съемки (табл. 7).

Таблица 7

Требования к съемочному обоснованию
при тахеометрической съемке [16]

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Расстояния между точками тахеометрического хода измеряются дальномером. При съемке масштаба 1:500 линии в тахеометрических ходах измеряются лентой. Углы в тахеометрических ходах измеряются одним полным приемом. Погрешность в измерении углов в полуприемах не должна превышать $30''$ при работе с оптическими теодолитами и $1'$ при измерении угла теодолитом Т30. Угловые невязки в тахеометрических ходах не должны превышать

$$f_p = t \sqrt{n},$$

где $t = 30''$ при измерении углов оптическими теодолитами, $t = 1'$ при измерении углов теодолитом Т30; n - число углов в ходе.

Допустимая линейная невязка [16], м:

$$f_s = S/400 \sqrt{n}, \quad (5)$$

где S - длина хода, м; n - число линий в ходе.

Допустимая высотная невязка [16], см:

$$f_h = 0,04 S / \sqrt{n}. \quad (6)$$

При уравнивании тахеометрических ходов дирекционные углы вычисляются до $1'$, а координаты и высоты точек - до 0,01 м.

Расстояния от точек съемочного обоснования до реечных точек и расстояния между пикетами выбирает в зависимости от масштаба съемки и высоты сечения рельефа (табл. 8).

Таблица 8

Расстояния прибора до рейки и между пикетами
при тахеометрической съемке [16]

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Максимальное расстояние между пикетами, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке рельефа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке контуров, м
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

По окончании работы на станции проверяется ориентирование лимба прибора. Изменение ориентирования за период съемки на данной станции не должно превышать $1,5'$. На станции ведется полевой журнал, в который заносятся измеренные горизонтальные и вертикальные углы и рас-

стояния до пикетных точек, а также абрис, в котором условными знаками примерно выдерживая масштаб изображают ситуацию и зарисовывают пикетные точки.

Состав камеральных работ включает проверку полевых журналов и составление подробной схемы съемочного обоснования; вычисление координат и высот точек съемочного обоснования; вычисление высот всех пикетных точек; накладку точек съемочного обоснования, пикетных точек; проведение горизонталей и нанесение ситуации.

В результате выполнения тахеометрической съемки представляются следующие материалы: схема съемочного обоснования; ведомости вычисления координат и высот точек съемочного обоснования; абрисы к соответствующим планшетам; журналы тахеометрической съемки; план тахеометрической съемки; формуляр плана; акты контроля и приемки работ.

Нивелирование поверхности применяется для составления топографических планов местности со слабовыраженным рельефом и выполняется следующими способами: проложения нивелирных ходов по всем характерным линиям рельефа с разбивкой необходимого числа поперечников; построения на местности правильных геометрических фигур, образующих сплошную сетку на территории, подлежащей съемке.

При нивелировании поверхностей способом проложения нивелирных ходов высотное обоснование создается в соответствии с требованиями, предъявляемыми к обоснованию мензульной или тахеометрической съемки. Параллельно идущие нивелирные ходы связываются между собой перемычками. В обе стороны от нивелирных ходов разбиваются поперечники. Расстояния между нивелирными ходами, перемычками и поперечниками и их длины зависят от масштаба съемки (табл. 9).

Таблица 9

Требования к съемочной сети при нивелировании поверхностей способом нивелирных ходов [16]

Масштаб съемки	Расстояние между нивелирными ходами, м	Расстояние между перемычками, м	Длины поперечников, м	Расстояние между поперечниками, м
1:2000	1000	1000	500	40
1:1000	600	600	300	20
1:500	600	600	300	20

По поперечникам с помощью ленты разбивается пикетаж через 40 м - при съемке в масштабе 1:2000 и через 20 м - при съемке в масштабах 1:1000 и 1:500. В местах перегиба рельефа на нивелирных ходах и поперечниках устраиваются плюсовые точки. Одновременно с разбивкой пикетажа производится съемка ситуации и составляется абрис. Высоты пикетов в нивелирных ходах и поперечниках определяются техническим нивелированием.

При нивелировании поверхностей способом построения на местности геометрических фигур разбиваются основные фигуры со стороны 200...400 м, по которым прокладываются теодолитные и нивелирные ходы, опирающиеся на пункты опорной геодезической сети. Невязки ходов не должны превышать значений, предусмотренных для съемочного обоснования. Затем основные фигуры разбивают на заполняющие квадраты со сторонами 40 м при съемке в масштабе 1:2000 и 20 м - при съемках в масштабах 1:1000 и 1:500. Допускается уменьшение стороны квадрата до 10 м. Одновременно с разбивкой сетки квадратов ведут съемку контуров местности, которые привязывают к сторонам квадратов.

Квадраты со стороной 100...200 м нивелируют каждый в отдельности. Нивелир устанавливают примерно в середине квадрата и производят отсчеты по рейкам, установленным в его вершинах и на плюсовых точках. Отсчеты, произведенные по рейкам, записывают на схеме квадратов. Заполняющие квадраты нивелируют по несколько с одной станции с соблюдением условия, что две смежные станции должны иметь общие связующие точки. Высоты вершин заполняющих квадратов вычисляют через горизонт инструмента. Контроль за точностью нивелирования осуществляется по отсчетам связующих точек, мм:

$$(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2) \leq 15, \quad (7)$$

где a_1, b_1 - отсчеты по связующим точкам вершин первого квадрата;
 a_2, b_2 - соответственно второго квадрата.

Для построения топографического плана наносят на бумагу в заданном масштабе сеть квадратов. Против вершин выписывают отметки, округленные до 0,01 м и интерполированием проводят горизонтали с высотой сечения 0,25 или 0,5 м в зависимости от масштаба съемки и назначения плана.

В результате нивелирования поверхностей представляются следующие материалы: схемы теодолитных и нивелирных ходов; журналы съемочного обоснования; ведомости вычисления координат и высот точек; абрисы съемки ситуации и рельефа, вычерченные планы и формуляры; акты контроля и приемы работ.

Горизонтальная съемка застроенных территорий выполняется наземными методами при отсутствии материалов аэрофотосъемки или при экономической нецелесообразности аэрофототопографических методов. Внутриквартальная горизонтальная съемка, а также съемка фасадов и проездов выполняется самостоятельно или в сочетании с вертикальной съемкой в зависимости от характера застройки. Горизонтальная съемка застроенных территорий в масштабе 1:5000 и редкой застройкой в масштабах 1:2000 и 1:1000 выполняется методом мензульной съемки. Горизонтальная съемка в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 осуществляется способами перпендикуляров, полярным, угловой и линейной засечек, редуционно-полярным и графоаналитическим. Съемка производится с пунктов геодезических сетей, съемочного обоснования и точек съемочных теодолитных ходов. Число пунктов съемочного обоснования при съемке застроенных территорий на 1 км² должно быть не меньше 8 для масштаба 1:2000, 16 - для масштаба 1:1000 и 32 - для масштаба 1:500. В зависимости от условий съемки один или два съемочных теодолитных хода прокладываются вдоль улицы. В населенных пунктах с прямолинейными улицами вместо съемочных ходов разбиваются створные линии между пунктами геодезической основы. Съемка ситуации осуществляется способом перпендикуляров или засечек от точек створной линии. Расстояние между створными точками зависит от масштаба съемки и способа измерений /табл. 10/.

Таблица 10

Расстояние между створными точками [16], м

Масштаб съемки	Измерение рулеткой или лентой	Измерение оптическим дальномером
1:2000	80	120
1:1000	60	80
1:500	40	50

При способе перпендикуляров абсциссой является отрезок от точки съемочного обоснования по стороне теодолитного хода, а ординатой — перпендикуляр от стороны теодолитного хода до определяемой точки, который восставляется теодолитом, эккером или глазомерно. Длина перпендикуляра измеряется один раз с точностью до 0,01 м и не должна превышать допустимого значения, которое зависит от масштаба съемки и способа его построения (табл. 11).

Таблица 11

Допустимая длина перпендикуляра [16], м

Масштаб съемки	Установка эккером	Глазомерная установка
1:2000	60	8
1:1000	40	6
1:500	20	4

Если длины перпендикуляров превышают допустимые значения (табл. 11), то они подкрепляются засечками, протяженность которых не должна быть больше длины мерного прибора (20...50 м).

При полярном способе положение точки определяется углом, измеренным теодолитом при одном положении круга с точностью $1'$, и расстоянием до нее. Расстояние может определяться мерной лентой, стальной рулеткой, оптическим или нитяным дальномером. Максимальные расстояния от прибора до контуров устанавливаются в зависимости от масштаба съемки, метода измерений и характера контуров (табл. 12).

Таблица 12

Максимальные расстояния до контуров [16], м

Метод определения расстояния и масштабы съемки	Четких	Нечетких
При измерении нитяным дальномером		
1:2000	100	150
1:1000	60	100
1:500	40	80
При измерении лентой или оптическим дальномером		
1:2000	250	300
1:1000	130	200
1:500	120	150

Способ прямых угловых засечек применяется в случае, если непосредственное измерение расстояний невозможно. Положение контурной

точки получают в результате измерений двух углов, примыкающих к базису. В качестве базиса может быть сторона или часть теодолитного хода, или любые два пункта съемочного обоснования. Углы измеряют теодолитом одним полуприемом с точностью $1'$. Угол засечки должен быть в пределах $30...150^\circ$. Значения допустимых расстояний от прибора до контурной точки зависят от масштаба съемки и характера контура (табл. 13).

Таблица 13

Допустимые расстояния до контуров [16], м

Масштаб съемки	Четких	Нечетких
1:2000	400	1200
1:1000	200	600
1:500	100	300

Способ линейных засечек применяется, если нет препятствий линейным измерениям. Положение точки определяется линейными промерами лентой или рулеткой от линии съемочного обоснования. Длина линий засечек не должна превышать длину мерных приборов (20...50 м). Углы кварталов, опорных зданий и других важных контуров определяются тремя засечками.

При графоаналитическом способе съемки аналитически определяют координаты четких контуров, а других мензулой. Сначала определяют координаты углов кварталов и отдельных капитальных зданий при проложении ходов съемочного обоснования и наносят их на план. Выполняют обмер габаритов зданий рулеткой. При обмере строений измеряют также расстояния между углами соседних зданий и сооружений, которые используются как контрольные промеры. Плановое положение строений и других контуров определяют с помощью мензулы с пунктов геодезической основы и точек съемочного обоснования. Одновременно с определением планового положения контуров производится съемка рельефа. Допустимые расстояния от прибора до контуров такие же, как и при полярном способе (см. табл. 12).

Высотная съемка применяется при нивелировании застроенных территорий, проездов и отдельных элементов ситуации на равнинных территориях нивелирами или горизонтальным лучом теодолита и кипрегеля с уровнем при трубе, а в всхолмленной местности — наклонным лучом визирова-

ния. Она может выполняться самостоятельно при наличии планов горизонтальной съемки или одновременно с горизонтальной съемкой графоаналитическим или мензульным способом. Нивелирные ходы, прокладываемые для высотной съемки по оси проездов, опираются на реперы нивелирования I-IV классов и технического нивелирования. Допускается прокладывать висячие ходы, приложенные в прямом и обратном направлениях. Допустимые высотные невязки не должны превышать [16], мм

$$f_h = 50 \sqrt{L}, \quad (8)$$

а в ходах короче 2 км [16]

$$f_h = 10 \sqrt{n}, \quad (9)$$

где L - длина, км; n - число станций.

Весь участок покрывается пикетами, максимальное расстояние между которыми не должно превышать при масштабе съемки 1:5000 - 100 м, масштабе 1:2000 - 40 м, масштабе 1:1000 - 30 м и при масштабе 1:500 - 20 м. Чтобы обеспечить изображение всех деталей рельефа, пикеты устраиваются во всех характерных местах. При нивелировании проездов в зависимости от масштаба плана, характера рельефа и других условий разбивка поперечных профилей осуществляется стальной рулеткой или оптическим дальномером через 20, 40, 50 или 100 м. Расстояния между нивелирными точками поперечных профилей не должны превышать при масштабе 1:2000 40 м и масштабе 1:1000 и 1:500 - 20 м.

Длина визирного луча не должна превышать 150 м. Отметки люков колодцев, цоколей зданий, бетонированных лотков, настилов мостов и верха труб на дорогах определяются нивелированием по двум сторонам реки. В остальных случаях отметки точек определяются по одной стороне рейки. В ряде случаев определяют высоты углов кварталов, входов в здания, середины въездов во дворы, трамвайных и железнодорожных рельсов, входов в подвальные помещения, пересечения лотков с осью проездов. Контроль на каждой станции осуществляется определением высоты не менее чем двух контрольных пикетов, которые расположены в полосе перекрытий. Расхождение между контрольными высотами не должны превышать 0,02 м.

Рисовка рельефа выполняется непосредственно в полевых условиях или после камеральной обработки по абрисам. На территориях с плотной застройкой допускается не проводить горизонталы, а подписывать только отметки характерных точек местности и контуров.

2.5. Съёмка подземных коммуникаций

На топографических планах отражают плановое и высотное положение подземных коммуникаций и сооружений, включающих трубопроводы, кабельные сети и туннели или коллекторы. К трубопроводам относятся сети водопровода, канализации, теплофикации, газоснабжения, дренажа, нефте-, мазуто-, паропроводы. К кабельным сетям относятся сети сильных токов высокого и низкого напряжения (для освещения, электротранспорта) и сети слабого тока (телефонные, телеграфные, радиовещания).

Комплекс работ по съёмке ранее построенных подземных коммуникаций и сооружений включает рекогносцировку; плановую и высотную съёмки имеющихся выходов (колодцев, камер, сифонов, выпусков) на поверхность земли; в необходимых случаях вскрытие подземных коммуникаций и сооружений и съёмка их в траншеях и шурфах; обследование подземных коммуникаций и сооружений в колодцах, траншеях и шурфах [3]. По материалам рекогносцировки составляется общая схема по видам подземных коммуникаций, устанавливается взаимосвязь между колодцами, намечаются объёмы предстоящих работ по шурфованию, обследованию и съёмке. При этом необходимые и имеющиеся материалы о подземных коммуникациях и сооружениях получают в организациях их эксплуатирующих. В процессе обследований определяют: назначение и материал колодцев, камер и других сооружений, места их вводов, присоединений и выпусков; положение и вводы кабелей или их групп с указанием назначения и типов. При детальном обследовании колодцев, камер, коллекторов и других подземных сооружений производят обмеры их габаритов, а также конструктивных элементов и фасонных частей, диаметров труб, лотков и каналов.

Для съёмки подземных коммуникаций восстанавливают или создают новую опорную планово-высотную геодезическую сеть. На застроенных территориях плановую съёмку подземных коммуникаций и сооружений выполняют линейными промерами расстояний от капитальной застройки и точек съёмочного обоснования. Длины сторон засечек не должны превышать длины ленты или рулетки, а количество засечек должно быть не менее трёх. На застроенных территориях плановую съёмку производят с точек съёмочного обоснования в масштабе 1:1000 и 1:500 аналитическим методом, а в масштабе 1:2000 и 1:5000 аналитическим или графическим методом. Высотную съёмку подземных коммуникаций и сооружений выполняют техническим нивелированием, которое опирается на точки вы-

сотных опорных сетей и съемочного обоснования. При съемке подземных коммуникаций определяют координаты углов поворота трасс, центров колодцев, мест пересечений с другими коммуникациями, измеряют расстояния между колодцами, определяют отметки для колодцев, верха и низа труб, обечаек люков, колодцев.

При съемке и обследовании подземных коммуникаций, не имеющих выходов на поверхность земли, применяют электронные приборы поиска (трубокабелеискатели ТКМ-2, ИПК-2, ИТ-5 и др.) и производят вскрытие этих коммуникаций траншеями и шурфами. Принцип действия этих приборов основан на использовании электромагнитной индукции и заключается в обнаружении переменного электромагнитного поля вокруг токонесущих кабелей или искусственно создаваемого вокруг отыскиваемых трубопроводов. С их помощью можно определять плановое и высотное положение подземных коммуникаций на глубине до 10 м с точностью 0,1 м.

По результатам съемок составляют планы подземных коммуникаций, на которых показывают размещение существующих сетей, указывают их назначение и основные характеристики. К планам прилагаются схемы съемочного обоснования; журналы измерения углов и нивелирования подземных коммуникаций; абрисы обследования и привязок подземных коммуникаций; ведомости вычисления координат углов кварталов, строений и подземных коммуникаций; каталог подземных коммуникаций и пояснительная записка по выполненным работам.

2.6. Обновление топографических планов

Топографический план отображает ситуацию и рельеф местности, характерный для времени выполнения полевых топографо-геодезических работ. Под воздействием природных факторов и хозяйственной деятельности местность видоизменяется. Поэтому топографические карты "стареют" и требуется их периодически обновлять с целью приведения содержания в соответствие с современным состоянием ландшафта. Топографические планы поддерживаются на уровне современного состояния путем корректировки их содержания по материалам съемок текущих изменений, исполнительных съемок вновь построенных зданий и сооружений, а также материалов полевых обследований и аэрофотосъемки. Обновление топографических планов может быть непрерывное или периодическое. Периодичность обновления устанавливается в зависимости от характера и интенсивности изменений на местности, назначения и

масштаба обновляемых планов. На участках, где в результате хозяйственной деятельности значительно изменились ситуации и рельеф, выполняется новая топографическая съемка, так как обновление плана в этом случае становится по техническим причинам невозможным или экономически нецелесообразным. На топографических планах отражается состояние местности летом. При проектировании сооружений сезонно-климатической изменчивости ландшафтов учитывают сезонное обновление топографических материалов, характеризующих фазы развития растительного покрова, разлива рек и состояние водоемов, климатические изменения и микрорельефные образования.

Обновляются планы путем камерального исправления содержания по материалам съемок вновь построенных объектов, полевого обследования и аэрофотосъемки, а также исправлением в поле приемами наземных методов топографической съемки. Основным способом обновления планов масштабов 1:5000 и 1:2000 является камеральное исправление их содержания по аэрофотоснимкам с последующим обследованием. Топографические планы масштабов 1:1000 и 1:500 обновляются постоянным дополнением их содержания материалами исполнительных съемок.

Плановым обоснованием для обновления планов являются пункты геодезических сетей, точки съемочного обоснования, четкие контуры (углы зданий, колодцы и др.) и местные предметы. В качестве высотного обоснования служат нивелирные знаки, пункты геодезических сетей, точки съемочного обоснования и характерные точки с подписанными на плане высотами. При обновлении методами аэрофотосъемки строят плановые фотограмметрические сети. При обновлении планов населенных пунктов используют планшеты городской топографической съемки, опорные и дежурные планы городов. Технология обновления планов определяется объемом изменений, характером местности, используемыми материалами и приборами. По материалам аэрофотосъемки топографические планы могут обновляться на основе нового фотоплана, исправлением копии оригинала плана на прозрачном пластике по аэрофотоснимкам или на универсальных стереофотограмметрических приборах. С целью дополнения содержания камерально исправленных планов необходимыми количественными и качественными характеристиками, собственными названиями, а также объектами местности, не изображенными на фотоснимках, проводятся работы по полевому обследованию.

Поддерживаются топографические планы на уровне, отражающем объективное и достоверное состояние местности, путем картографического учета, обеспечивающего постоянный и непрерывный оборот информации обо

всех изменениях. При небольшом количестве изменений они наносятся на существующие планы после полевой съемки. При значительном количестве изменений старый план использовать в качестве топографической основы нецелесообразно. На изготовленной из него копии делаются изменения в результате вычерчивания всего нового и сохранения оставшегося старого. После исправления копия становится подлинником топографического плана.

2.7. Трассирование линейных сооружений

Трассирование линейных сооружений заключается в определении на местности их оси, плановое и высотное положение которой характеризуется планом и продольным профилем. В плане трасса представляет собой прямые отрезки разного направления, сопрягаемые между собой круговыми или переходными кривыми. В продольном профиле трасса состоит из линий разного уклона, сопрягаемых вертикальными кривыми. Уклоны трассы устанавливаются в зависимости от назначения и характеристик сооружений. При составлении продольного профиля вертикальный масштаб в 10 раз и более крупнее горизонтального. Рельеф местности вдоль трассы характеризуется поперечниками, которые составляют в одинаковых горизонтальном и вертикальном масштабах.

Трассирование линейных сооружений включает поиск на местности оптимального варианта трассы и размещение на ней сооружений. Оптимальное положение трассы на местности выбирается в результате сравнения нескольких целесообразных вариантов на картах масштаба 1:1000000-1:25000. В зависимости от назначения трассы и этапа проектирования трассирование может быть камеральное или полевое [1; 13].

Камеральное трассирование выполняют на топографических картах, на которых по материалам экономических изысканий определяют начальный, конечный и промежуточный пункт трассы. При выборе оптимального направления трассы применяют метод динамического программирования, позволяющий проанализировать все возможные варианты трассы и создать для них цифровые модели местности. В качестве критериев оптимальности могут быть приняты минимальные приведенные затраты, минимальное время строительства, максимальная эксплуатационная надежность. В сложных условиях по конкурирующим вариантам трассы производят аэротопографическую съемку. Автоматизация трассирования по аэрофотоснимкам может быть выполнена с помощью приставок к стереофотограмметрическим приборам дифференциального и универсального типов.

Полевое трассирование позволяет уточнить на местности положение трассы, а также изучить природные и экономические условия и согласовать направление трассы с заинтересованными организациями. Во время полевого трассирования закрепляют пункты поворота трассы и ее линии, ведут геодезические измерения, разрабатывают схемы сооружений и определяют объемы строительных работ. По результатам полевого трассирования составляют проект линейного сооружения. Вдоль оси линейного сооружения прокладывают тахеометрический или теодолитно-нивелирный трассировочный магистральный ход. Пикетаж разбивают через 100 м, а в местах перегибов рельефа местности и характерных элементов ситуации отмечают плюсовые точки. Угловые и линейные измерения в трассировочном ходе выполняют с точностью, обеспечивающей построение хода в масштабе изыскательного плана. На углах поворота трассы разбивают элементы кривых. В характерных участках местности на пикетах или плюсовых точках строят поперечники, на которых разбивают пикетаж и выполняют поперечное нивелирование. Вдоль трассы снимают рельеф и ситуацию. Практикуется применение беспикетного способа трассирования, при котором ограничиваются определением только рельефных и контурных плюсовых точек, а пикеты проектируют на продольном профиле и отметки их определяют интерполированием. По материалам полевого трассирования составляют продольный и поперечные профили, а также трассировочный план. На участках трассы, в которых предполагается строительство инженерных сооружений, производят крупномасштабную топографическую съемку.

2.8. Автоматизация топографических съемок*

Перспективное направление повышения производительности и эффективности труда при инженерно-геодезических изысканиях – внедрение новых способов топографической съемки и построения плана, позволяющих механизировать и автоматизировать полевые и камеральные работы. Эффективность автоматизации топографо-геодезического производства может быть достигнута [34] за счет:

- а) повышения скорости проведения технологических операций;
- б) совмещения времени проведения технологических операций путем агрегатирования технических средств;

* В написании подраздела принимал участие канд. техн. наук С.Г.Лютворт.

в) увеличения доли чистого времени выполнения технологического процесса, уменьшая при этом подготовительные и вычислительные операции;

г) изменения технологического процесса в соответствии с требованиями технических средств автоматизации.

При геодезическом обеспечении строительного производства применяются лазерные методы нивелирования, позволяющие помимо автоматизации ряда технологических процессов повысить объективность и оперативность результатов измерений. Применение лазеров основано на том, что лазерный луч представляет собой физически реализованную опорную линию в пространстве, относительно которой определяют взаимное положение отдельных точек местности или сооружений. На принципе опорной лазерной линии работают устройства, применяемые при вертикальной планировке, копании траншей с проектным уклоном и др.

Для автоматизации нивелирных работ при изысканиях трасс линейных сооружений могут использоваться нивелиры-автоматы, устанавливаемые на транспортное устройство и позволяющие отсчитывать превышения и высоты, а также изображать профиль местности. Принцип действия нивелиров-автоматов основан на использовании физических законов природы - направления силы тяжести или горизонтального положения жидкости в сосуде. Их конструктивная схема содержит датчики угла наклона, датчики скорости, счетно-решающее устройство и печатный механизм. Нивелиры-автоматы не получили широкого распространения из-за особых требований к условиям местности и точности работ (ниже чем при геометрическом нивелировании).

При наземных крупномасштабных съемках основные средства линейных измерений светодальномеры. Отечественные светодальномеры ЗСМ2 и СМ5 и другие могут применяться как самостоятельно, так и совместно с теодолитом. При измерении длин линий весь процесс автоматизирован. Некоторые современные светодальномеры, высвечивая на цифровом табло средние значения многократных измерений, вычисляют также и среднюю квадратическую погрешность.

Для определения пространственного положения земной поверхности применяют гибридные соединения светодальномеров и геодезических приборов с теодолитами. Тахеометр ТА5 конструктивно выполнен в виде оптического теодолита с визуальным отсчитыванием углов и светодальномера ЗСМ2 [34]. Блок обработки информации, включающий специализированный микропроцессор, вычисляет: наклонные дальности, исправленные за не-

стабильность частоты и атмосферные условия; зенитные расстояния с учетом поправки за место зенита; среднее значение углов и двух полуприемов; горизонтальное проложение; превышение; приращения координат. Несмотря на то, что электронные тахеометры позволяют достичь высокой степени автоматизации измерительного процесса, они не исключают при топографической съемке ряд непроизводительных технологических операций (перенос и установку отражателя в снимаемых точках, отыскание отражателя оператором и наведение на него прибора, перенос, установку и ориентирование электронного тахеометра с одной станции на другую). Их недостатки не позволяют очень повысить производительность, так как измерительные операции значительно преобладают над другими по созданию топографического плана.

Перспективное направление автоматизации топографических съемок — разработка подвижных топографических систем [34]. За рубежом и в нашей стране предложены системы, включающие источник со сканирующим лазерным лучом, установленный в точке с известными координатами. Вращающийся в горизонтальной плоскости луч пересекает рейку с фотоприемниками, которая размещена вертикально на транспортном устройстве, которое перемещается по участку съемки. Очередность моментов пресечения лучом фотоприемников при известной скорости вращения дает информацию, позволяющую вычислять координаты и высоту точки, в которой расположена рейка. Дальнейшая обработка информации происходит известными методами. За рубежом предложена подвижная топографическая система, которая состоит из шестиколесной повозки с шарниросоединенной в центре рамой и бортового электронного устройства. Система, перемещаясь по участку съемки, определяет координаты и высоты точек как сумму приращений проекций продольной базы, которые вычисляются с учетом приращения угла между составными частями рамы. Разработанные подвижные топографические системы не позволяют автоматизировать процесс отражения ситуации, и поэтому их широкое использование для выполнения топографических съемок по обеспечению строительного производства невозможно.

Использование и охрана природных ресурсов, территориальное планирование и проектирование на разных уровнях, автоматизация картографирования с использованием цифровой пространственной информации требуют решения теоретических и методических проблем создания географических информационных систем [2; 13; 15; 18; 32; 33]. Процесс автоматизации картографирования, включающий обработку значительного количества информации об изображении земной поверхности и элементах,

характеризующих ее состояние, может быть реализован с использованием метода цепного кодирования информации [22]. Метод цепного кодирования представляет значительный практический интерес при создании карт на базе цифровых моделей местности, представляющих собой отображение в виде пространственных координат множества точек земной поверхности, объединенных в единую систему по определенным математическим законам.

Сущность метода цепного кодирования заключается в том, что соседние точки соединяют между собой прямолинейными отрезками, имеющими горизонтальное, вертикальное или диагональное направление, каждому из которых соответствует свой код. При картографировании земной поверхности и элементов, характеризующих ее состояние, чаще всего применяют линии равных величин (изолинии). Для их описания вводится понятие диады - часть геометрического изображения динамического процесса, в котором время изменения параметра совпадает с геометрическим изображением динамики рассматриваемого процесса, а выделяемые при этом участки равной длины аппроксимируются единичными векторами, где участку, расположенному первым по ходу процесса, присваивается название предыдущего, вторым - последующего, измерения направления движения характеризуются углом, который является количественной мерой кривизны.

Кривую, очерчивающую контур местности или представляющую собой изолинию картографируемого параметра, можно разбить на отрезки с интервалом дискретизации ρ (рис. 1). Положение каждой точки v_j будет характеризоваться координатами x_j и y_j . Пусть для последовательности точек кривой v_{i-1}, v_i, v_{i+1} , расстояние между которыми l_{ij} , справедливо условие

$$|l_{i,i-1}| = |l_i, l_{i+1}| = \rho. \quad (10)$$

Тогда координаты точки v_{i+1} можно определить через координаты точек v_{i-1}, v_i и угол φ_i между отрезками $l_{i,i-1}$ и $l_{i,i+1}$

$$(x_{i+1}, y_{i+1}) = f(x_{i-1}, y_{i-1}, x_i, y_i, \varphi_i). \quad (11)$$

Координаты последующей точки, фиксирующей положение конца диады, таким образом определяют через координаты начала диады и угол между предыдущим и последующим направлением. Начальный угол φ_i можно определить относительно выбранного направления, тогда координаты

точки v_{i+1} :

$$(x_{i+1}, y_{i+1}) = F[x, y, \rho, \alpha(\varphi_j)_{j=1, m-1}^i], \quad (12)$$

где m - количество точек, с помощью которых кривую разбивают на отрезки с заданным интервалом дискретизации.

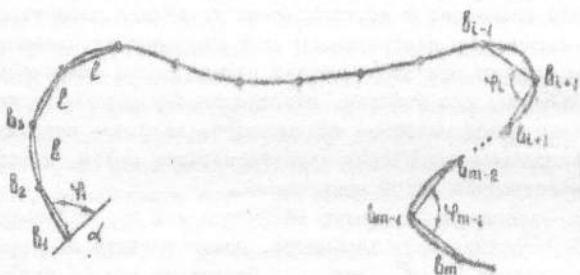


Рис. 1. Схематическое представление углового цепочечного кода

При условии, что x, y, ρ являются параметрами, последовательность $\Phi = (\varphi_j)_{j=1}^m$ представляет собой конфигурацию кривой, полученную в результате обхода ее контура диадой.

Характерные углы, определяющие форму и размеры кривой, представляют собой цепочку. Следовательно, любую кривую, содержащую информацию об изображении земной поверхности или элементов, характеризующих ее состояние, можно представить путем обхода ее с помощью диады в виде цепочечного углового кода. Путь, пройденный диадой, характеризует положение контуров на плане. При строгой фиксации стабильности угла в вертикальной плоскости можно перемещать диаду на местности по точкам с одинаковыми высотами, т.е. по наперед заданной горизонтали.

Представление в виде углового цепочечного кода собранной последовательности взаимосвязанных углов в горизонтальной и вертикальной плоскостях между предыдущими и последующими отрезками трассы перемещения устройства, кинематическая схема которого включает диаду, позволяет уменьшить затраты времени на измерительный процесс и практически исключить камеральную обработку полевых материалов. Минимальное (но достаточное) для характеристики объекта количество цифровой информации способствует быстрой автоматизированной ее обработке и графическому картографированию. Кроме того, полученную информацию можно хранить в памяти ЭВМ в виде цифровой модели местности.

Система для автоматизации картографирования при топографической съемке на основе метода цепного кодирования (рис. 2) включает объект управления (ОУ) 1, содержащий транспортное устройство с шарнирно соединенной рамой в виде кардана (рис. 3), на осях которого ортогонально размещены датчики горизонтального (ДГУ) 2 и вертикального угла (ДВУ) 3, связанные посредством аналого-цифровых преобразователей (АЦП) 4 и 5 и кодирующего-декодирующего устройства (ДК) 6 с вычислительным устройством (ВУ) 7. Транспортное устройство снабжено дополнительным колесом с датчиком частоты оборотов (ДЧО) 8, который через АЦП 9 соединен с ВУ 7, позволяющим определять пройденный путь при передвижении по участку съемки. ВУ 7 соединено запоминающим устройством для хранения табличных данных (ЗУТ) 10 и информации об алгоритме движения на участке съемки (ЗУА) 11, а также посредством приемно-передаточного устройства (ППУ) 2 через буферное запоминающее устройство (БЗУ) 13 с автоматизированным устройством построения плана (УПП) 14 и устройством координации управляющих движений оператора (УКД) 15, которое, в свою очередь, может выполнять обмен информацией с ЗУА 11.

Автоматизированное устройство построения плана (УПП) (рис. 4) по полученной информации об изменениях углов в горизонтальной плоскости в виде углового цепочечного кода содержит кольцо 6 с закрепленными по периметру торцами волоконно-оптических световодов 3, которые световолоконным жгутом 1 соединены с ППУ, и пишущим узлом. Кольцо 6 с помощью пантографа 2 может перемещаться в плоскости листа будущего плана участка съемки. На направление перемещения кольца 6 в плоскости чертежа указывает светящийся элемент 4. УПП может выполнять обратную связь с УКД и ВУ. Количество торцов волоконно-оптических световодов 3 соответствует числу делений горизонтального углового датчика (ДГУ), размещенного на осях карданного соединения.

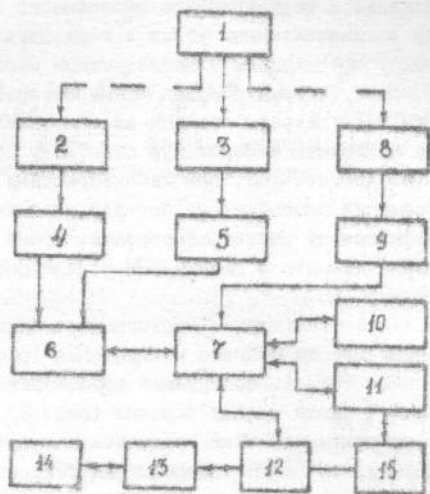


Рис. 2. Структурная схема системы для автоматизации картографирования при топографической съемке

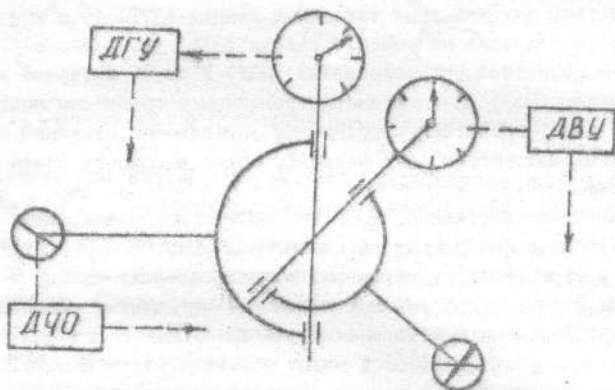


Рис. 3. Кинематическая схема транспортного устройства для съема информации об изменении горизонтальных и вертикальных углов

Автоматизация картографирования при топографической съемке и построении плана местности происходит в следующей технологической последовательности. В начале съемки с целью контроля работоспособности и точности измерительного и вычислительного процессов системы для топографической съемки и построения плана местности транспортное устройство перемещается между пунктами опорной геодезической сети с известными координатами и высотой, которые нанесены на планшете плана (рис. 5). Перед началом движения в ЗУТ и ЗУА (см. рис. 2) заносят соответствующую информацию о высотах пунктов геодезической сети, расстояниях между ними, алгоритмы для вычисления превышений, отметок и расстояний. Перемещением между пунктами опорной геодезической сети осуществляют также ориентацию будущего плана местности в принятой системе координат.

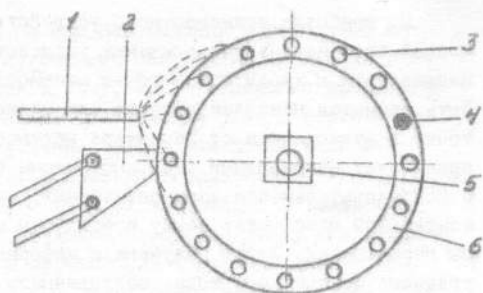


Рис. 4. Автоматизированное устройство построения плана

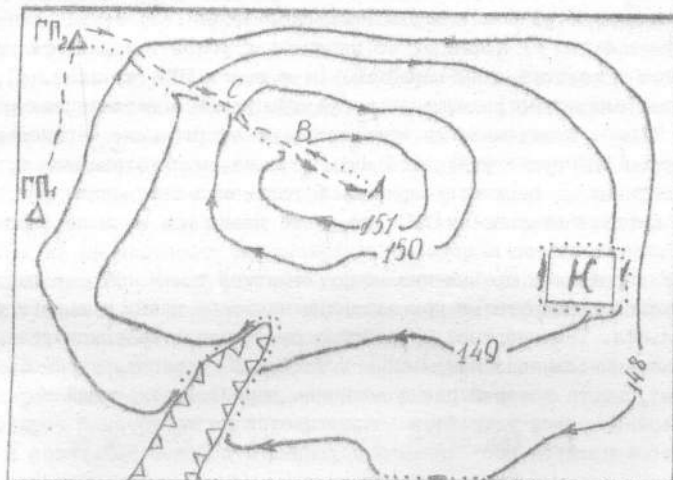


Рис. 5. Схема движения устройства в процессе автоматизации картографирования при построении плана местности

По прибытии транспортного устройства в пункт опорной геодезической сети начинается движение устройства в выбранном оператором направлении к характерной точке местности A , за которую может быть принята наиболее высокая или низкая точка рельефа или другая точка в зависимости от характера местности. При этом одновременно происходит непрерывный сбор информации с ДГУ и ДБУ (см. рис. 3). о последовательности взаимосвязанных углов в вертикальной и горизонтальной плоскостях между предыдущим и последующим отрезками трассы перемещения. Затем полученную информацию представляют в виде углового цепочечного кода, создаваемого диадой.

Полученный цепочечный код АЦП преобразуют в электрический сигнал. Одновременный и непрерывный сбор информации о последовательности взаимосвязанных углов позволяет ортогонально разместить ДБУ и ДГУ на осях шарнирно соединенной в виде кардана рамы транспортного устройства. Сведения о пройденном пути поступают с ДЧО через АЦП в ВУ. По прибытии в точку A вычисляют ее отметку H_A и пройденное расстояние S :

$$H_A = H_0 + \int_0^l \rho_i / \sin \psi_i; \quad (13)$$

$$S = \int_0^l \rho_i / \cos \psi_i, \quad (14)$$

где ρ_i - отрезок кривой, равный интервалу дискретизации; ψ_i - измеренное значение угла в вертикальной плоскости.

Одновременно информацию об изменениях углов в горизонтальной плоскости посредством ПП через БЗУ передают к УПП (см. рис. 4), которое первоначально размещено на будущем плане в геодезическом пункте (Π_2). С заданной дискретностью на направление перемещения оператором УПП будет указывать один из светящихся элементов 4, расположенных по периметру кольца 6 волоконно-светящихся световодов 3. Маршрут перемещения УПП на листе плана при этом не фиксируется (пунктирная линия).

ВУ определяет превышение между отметкой точки A и первой картируемой горизонталью при заданных масштабе плана и высоте сечения рельефа. Транспортное устройство смещается в заданном створе на значение вычисленного превышения в точку B (траектория изображения точками), высота которой равна величине первой картируемой горизонтали. Затем транспортное устройство перемещается по картируемой горизонтали, что обеспечивается постоянным измерением с помощью ДБУ углов в верти-

кальной плоскости и вычислении по ним перемещений и передаче информации в УКД. С помощью УКД изменением направления движения в горизонтальной плоскости стремятся к тому, чтобы изменение превышения было близко к нулю, т.е. отклонения от значения угла в вертикальной плоскости не превышали допустимых, устанавливаемых в зависимости от требуемой точки картографирования горизонтали.

Полученную в процессе перемещения ОУ информацию о взаимосвязанных значениях углов в горизонтальной плоскости между предыдущими и последующими отрезками трассы перемещения (сплошная линия) при одновременном контроле вертикальных углов представляют в виде углового цепочечного кода, который преобразуют с помощью АЦП в электрический сигнал и посредством ППУ через БЗУ передают в УПП. Оператор последовательно перемещает кольцо 6 (см. рис. 4) УПП с помощью пантографа 2 по листу в направлении, на которое указывает светящийся элемент. При этом пишущий узел 5 вычерчивает горизонталь, значение которой подпишет оператор.

После обхода горизонтали и прибытия транспортного устройства в точку *B*, оно смещается в вертикальной плоскости в точку *C*, на величину, равную принятой высоте сечения рельефа. При этом происходит сбор последовательности взаимосвязанных значений углов в вертикальной плоскости между предыдущими и последующими отрезками трассы перемещения, обработка полученной информации и вычисление превышений. Далее весь процесс съема и обработки информации, а также вычерчивания горизонталей повторяют в такой же последовательности. При наличии естественных или искусственных преград выполняют их обход без вычерчивания трассы на листе плана (пунктирные линии) (см. рис. 5). Контролем правильности вычерчивания горизонталей является получение в конце съемки по прибытию в геодезический пункт ($П_2$) его отметки, а также контрольной суммы углов в горизонтальной плоскости. Плановое положение контуров *K* получают в результате обхода их на местности и одновременным сбором последовательности взаимосвязанных значений углов в горизонтальной плоскости, соответствующей обработкой полученной информации и ее отображения способом аналогичным с построением горизонталей.

Точность определения высотного положения точки земной поверхности оценивается средней квадратической погрешностью

$$m_H = \sqrt{m_n^2 + m_e^2 \sin^2 \psi + m_{\rho}^2 \rho^2 / \rho^2 \cos^2 \psi}, \quad (15)$$

а точность определения планового положения контуров средней квадратической погрешностью

$$m_k = \sqrt{m_e^2 / \cos^2 \psi + m_\psi^2 \rho^2 / \sin^2 \varphi + m_\varphi^2}, \quad (16)$$

где m_n , m_e , m_ψ , m_φ — средняя квадратическая погрешность соответственно высотного положения исходного репера, определения отрезка кривой ρ , равного интервалу дискретизации, измерения углов ψ в вертикальной и φ в горизонтальной плоскостях; $\rho = 206265$.

Способ автоматизации картографирования на основе метода цепного кодирования информации по аналогии с предлагаемой методикой может быть реализован при составлении тематических карт различных природных явлений. Предлагаемый способ позволяет значительно уменьшить затраты времени на измерительный процесс и исключить непроизводительные операции по камеральной обработке полевых материалов.

Контрольные вопросы и задачи для самопроверки

1. Содержание технического задания для выполнения инженерных изысканий.
2. Охарактеризуйте виды инженерных изысканий.
3. Определите параметры геодезической основы для съемок масштаба 1:2000, 1:1000, 1:500.
4. Рассчитайте масштаб съемки и высоту сечения рельефа.
5. Содержание топографических планов.
6. Охарактеризуйте крупномасштабные топографические съемки.
7. Особенности съемки подземных коммуникаций.
8. Состав полевых и камеральных работ при трассировании линейных сооружений.
9. Основные пути автоматизации топографических съемок.

3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

3.1. Состав и задачи инженерно-геологических изысканий

Инженерно-геологические изыскания выполняют с целью изучения инженерно-геологических условий района строительства, включая геоморфологическое, стратиграфическое и тектоническое строение, литологический состав, состояние и физико-механические свойства грунтов, гидро-

логические условия, неблагоприятные физико-геологические процессы и явления, а также составления прогноза изменения геологических и гидрологических условий при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений [1; 2; 27].

Геоморфологические исследования позволяют изучить основные процессы и формы рельефа и установить характер их влияния на разработку проектных решений. Стратиграфия позволяет выяснить генезис и характеристики пород с точки зрения последовательности их напластования и возраста, целесообразность назначения мест закладки геологических выработок и в конечном итоге дать достоверную оценку пород как основания сооружений. Тектонические обследования дают возможность получить сведения о перемещении горных пород под воздействием эндогенных сил, возникающих в недрах Земли и очень опасных для большинства сооружений.

Вещественный состав пород, их структура, условия образования и другие литологические особенности характеризуют строительные свойства пород, а значит, определяют качество оснований и степень устойчивости сооружения. Такие физико-механические свойства горных пород как плотность, влажность, пористость, теплопроводимость, показатель консистенции, сопротивляемость действию внешней нагрузки, водопроницаемость, водопоглощение, растворимость и другие необходимо учитывать при строительстве и эксплуатации сооружений; гидрогеологические условия, характеризующиеся глубиной залегания подземных вод, коэффициентом фильтрации, химическим составом оказывают важное влияние на конструктивные особенности и глубину заложения фундамента, выбор строительных материалов, технологию строительного производства и величину материальных затрат.

К неблагоприятным физико-геологическим процессам относятся: просадочность лессовидных пород, суффозия, оползни, болота, промерзание грунта, вечная мерзлота и тектонические явления. Просадочность лессовидных пород возникает при насыщении их водой и вызывает смещения сооружений. При суффозии происходит механическое или химическое вымывание частиц горных пород и растворимых солей грунтовыми водами. Механическая суффозия происходит благодаря гидродинамической силе грунтового потока и приводит к образованию провалов, воронок, пещер в глинистых породах и лессах. Сооружения, расположенные в зоне проявления механической суффозии, будут подвергаться значительным деформациям. Химическая суффозия или карст есть результат растворения минеральных солей и частиц грунта и выноса их за пределы пласта. Раз-

битию карста способствует антропогенная деятельность человека. Строительство инженерных сооружений на участках с развитым карстом особенно опасно, так как может значительно затруднять их работу или даже привести к их разрушению. При оползнях наблюдается обусловленное деятельностью поверхностных или подземных вод смещение частиц горных пород вниз по склону под действием силы тяжести. Строительство и эксплуатация сооружений в районах, подверженных оползням, требует применения дорогостоящих противооползневых мероприятий.

Болотом называют участок земной поверхности, подвергающийся избыточному увлажнению в результате ухудшения фильтрации воды в грунт, уменьшения испарения с поверхности суши или водоема, выхода на поверхность подземных вод. Строительство сооружений на болотах требует их осушения и устройства дренажа. К вечномерзлым относятся грунты, имеющие постоянную отрицательную температуру. Строительство сооружений на вечномерзлых грунтах сопряжено со многими трудностями. Для возведения таких сооружений необходимы большие материальные затраты, а построенные сооружения могут быть подвержены деформациям, если в их конструкции не учтены особенности вечной мерзлоты. Медленные тектонические явления, при которых земная кора поднимается или опускается, практически безвредны для строительства и прочности сооружений, кроме сдвигов или обрывов при неоднородном подъеме или опускании соседних участков. Сейсмические тектонические явления с очагом землетрясения на глубине 10...700 км вызывают обвалы и оползни, значительные смещения поверхности земли в плане и по высоте и разрушения сооружений. С учетом известной балльности землетрясения в конструкциях зданий и сооружений предусматривают дополнительные меры, придающие им большую прочность (возможно применение для этого высококачественных строительных материалов).

Программа инженерно-геологических изысканий составляется на основе технического задания, выдаваемого заказчиком, и содержит следующие сведения [27]:

наименование и местоположение объекта с указанием административной принадлежности района изысканий;

краткую физико-географическую характеристику района и местных природных условий, влияющих на организацию и производство изысканий;

сведения о геоморфологических и геологических данных района, гидрогеологических условиях, неблагоприятных физико-геологических

процессах и явлениях, составе, состоянии и свойствах грунтов района строительства;

обоснование категорий сложности природных условий, состава, объемов и методов, последовательности выполнения изысканий;

обоснование площадей, мест и масштабов инженерно-геологической съемки и систем опробования грунтов и подземных вод с учетом сложности инженерно-геологических условий и типа проектирующихся сооружений, сроков и частоты проведения стационарных наблюдений;

требования, связанные с охраной окружающей среды при выполнении изысканий;

особые требования, которые предъявляются к составу, объемам и методам работ на участках развития неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений, а также распространения специфических по составу и состоянию грунтов.

Состав и объем работ при инженерно-геологических изысканиях зависят от степени изученности района, стадии проектирования, сложности геологических условий и включает:

отбор, анализ и обобщение данных о природных условиях района строительства;

полевые рекогносцировочные обследования;

инженерно-геологические съемки и разведочные работы;

камеральную обработку.

В подготовительный период собирают, анализируют и обобщают данные о природных условиях с целью разработки рабочей гипотезы об инженерно-геологических условиях района, определения категории сложности этих условий, обоснования направленности этих изысканий, необходимости определения требуемого состава работ, оптимальных объемов и рациональных методов их производства. Особое внимание необходимо уделять сбору материалов об условиях возникновения и причинах развития неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений, распространения и физико-механических свойствах специфических по составу и состоянию грунтов.

В полевых условиях выполняют рекогносцировку с целью оценки качества и уточнения собранных материалов, характеризующих инженерно-геологические условия района строительства; сравнительной оценки инженерно-геологических условий по намеченным вариантам проекта площадки и трасс инженерных коммуникаций; получения материалов, позволяющих выполнить предварительную оценку возможного

естественного развития физико-геологических процессов и изменений геологической среды под воздействием строительства и эксплуатации предприятий и инженерных сооружений. В процессе рекогносцировки выполняют маршрутные наблюдения, проходку отдельных горных выработок, зондирование, геофизические работы, опробование грунтов и подземных вод. Опробованием устанавливают литологический вид грунтов и предварительно оценивают возможность их использования в качестве оснований зданий и сооружений. В районах развития неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений устанавливают ориентировочные контуры площадей распространения этих процессов и явлений, выявляют условия и причины их возникновения и развития, наличие деформаций зданий, намечают участки для проведения стационарных наблюдений и исследований.

Инженерно-геологические съемки выполняют с целью комплексного изучения и оценки геологических условий района строительства, границы которых устанавливают, руководствуясь необходимостью выявления и изучения компонентов природной среды. В процессе инженерно-геологической съемки выполняют дешифрование аэрофотоматериалов и аэровизуальные наблюдения, с учетом которых осуществляют маршрутные наблюдения; проходку горных выработок; геофизические исследования; полевые исследования свойств грунтов, включая статические и динамические зондирования; лабораторные исследования состава и свойств грунтов и химического состава подземных вод; опытно-фильтрационные работы; стационарные наблюдения; обследования состояния инженерных сооружений и месторождений строительных материалов.

Горные выработки проводятся с целью установления геологического разреза и условий залегания грунтов; отбора образцов грунтов и проб воды для лабораторных изучений их свойств и состава; полевых исследований свойств грунтов и их водного и температурного режимов; определения условий залегания, режима и химического состава подземных вод, гидрогеологического параметра, водоносных горизонтов, а также взаимосвязи подземных вод с поверхностными. Вид горных выработок выбирает в зависимости от задач изысканий с учетом условий залегания и литологического состава грунтов, их состояния и необходимой глубины вскрытия. Для вскрытия грунтов при мощности перекрывающих отложений не более 0,5 м делают закопашки. Чтобы вскрыть грунты на склонах при мощности перекрывающих отложений осыпями в ка-

честве горной выработки можно применить расчистки глубиной до 1,5 м. Для вскрытия крутопадающих слоев грунтов при мощности перекрывающих отложений не более 1,5 м устраивают канавы. Для вскрытия грунтов, залегающих горизонтально или моноклинально, делают шурфы и дудки глубиной до 20 м. В сложных инженерно-геологических условиях применяют шахты, штольни и скважины, глубина которых определяется программой изысканий.

Для изучения характеристик грунтов в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой выполняют инженерно-геологическую разведку, при которой выполняют проходку горных выработок, полевые исследования свойств грунтов, геофизические исследования, лабораторные исследования состава и свойств грунтов и химического состава подземных вод, опытно-фильтрационные работы, стационарные наблюдения; границы проведения инженерно-геологической разведки в плане и по глубине устанавливают с учетом размеров сферы взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой. Размеры этой сферы зависят от назначения, видов, габаритов и особенностей конструкций зданий и сооружений, сложности геологических условий, распространения по составу и свойствам грунтов и неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений.

Завершающий этап инженерно-геологических изысканий - камеральная обработка, в ходе которой на основании полевых сведений и материалов составляют инженерно-геологическую карту, представляющую собой уменьшенное изображение на плоскости геологических факторов местности, отобранных, охарактеризованных и обобщенных в соответствии с требованиями проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и предприятий. Карты масштаба 1:1000000 и мельче предназначены для изучения общих закономерностей инженерно-геологических условий, а также составления рабочих гипотез о геологическом строении значительной по площади территории, а также выбора места строительства сооружения в пределах республики или области. Карты масштаба 1:500000-1:50000 используют для размещения значительных по площади промышленных и гражданских комплексов сооружений, для выбора общего направления трасс линейных инженерных сооружений, для составления схемы энергетического использования реки. Карты масштаба 1:25000 и крупнее предназначены для выбора места и размещения объектов промышленного и гражданского строительства, составления генеральных планов и детальной планировки городов.

3.2. Геофизические методы разведки

Геофизические исследования выполняют в целях изучения неоднородности строения толщи грунтов, их состава, состояния и условий залегания, выявления тектонических нарушений и закопированных зон, а также условий залегания подземных вод. Такие геофизические методы, как электроразведка, магниторазведка, гравиметрическая разведка и сейсморазведка позволяют значительно сократить объем буровых и горнопроходческих работ и уточнить геологическое строение.

Электроразведка основывается на изучении условий электропроводимости горных пород, которая зависит от их удельного сопротивления. Осадочные породы обладают низким сопротивлением, метаморфические - промежуточные и изверженные - наиболее высоким. Электроразведка выполняется способами естественного и теллурического поля, электропрофилирования, вертикального электрического зондирования, заряженного тела, радиопросвечивания, радиолокации и др.

Магниторазведка основана на изучении особенностей геомагнитного поля Земли, обусловленного неодинаковыми магнитными свойствами горных пород, которые зависят от их минерального состава. В магниторазведочных работах обычно измеряют не абсолютные значения напряженности магнитного поля, а их отклонение от номинального значения, за которое принимают поле однородно намагниченной сферы. Съёмка бывает площадная и маршрутная. При поисково-разведочных работах применяют аэромагнитную съёмку с летательных аппаратов.

Гравиметрическая разведка основана на определении распределения силы тяжести на поверхности Земли с помощью специальных приборов - гравиметров, вариометров и градиентометров. Сила тяжести меняется с широтой места и высотой точки над уровнем моря. При гравиметрической разведке определяют не абсолютные значения силы тяжести, а отклонение приведенного значения от эталонного. Эталонное значение силы тяжести рассчитывается по формуле Гельмерта в зависимости от широты пункта наблюдения. Приведенное значение силы тяжести равно измеренному на физической поверхности Земли с учетом поправок на высоту точки наблюдения, притяжения масс пород и влияния рельефа.

Сейсморазведка основана на наблюдении за процессами распространения в горных породах искусственно возбуждаемых взрывами в скважинах, а также ударными или вибрационными генераторами упругих волн с помощью сейсморазведочных станций. В результате взрыва образуются

ваются продольные и поперечные волны, которые, встречая на своем пути поверхности раздела пород, преломляются или отражаются и возвращаются к поверхности земли, где регистрируются специальной аппаратурой. Скорость распространения упругих волн в горных породах зависит от минерального состава, структуры, трещиноватости и влажности.

Сейсморазведка выполняется методом отраженных волн или корреляционным методом преломленных волн.

Метод геофизических исследований выбирают в зависимости от задач инженерно-геологических изысканий. Изучение строения массива грунтов, включающее расчленение разреза, определение рельефа кровли скальных пород, установление мощности коры выветривания, определение положения уровня грунтовых вод выполняют вертикальным электрическим зондированием, электропрофилированием, корреляционным методом преломленных волн и методом преломленных волн. При установлении и прослеживании зон тектонических нарушений и трещиноватости применяют электропрофилирование, вертикальное электрическое зондирование, стандартный каротаж, сейсмоакустические методы. Выявляют и оконтуривают полости естественного и искусственного происхождения электропрофилированием, вертикальным электрическим зондированием и стандартным каротажем. Для определения направления, скорости течения и мест разгрузки подземных вод используют метод заряженного тела, резистивиметрию, рахолометрию и термометрию. Физико-механические свойства грунтов определяют сейсмоакустическими и радионуклидными методами, ультразвуковым каротажем и термокаротажем. При сейсмомирорайонировании территорий применяют сейсмоакустические, сейсмологические и радионуклидные методы. Коррозионную активность грунтов и интенсивность блуждающих токов находят вертикальным электрическим зондированием, электропрофилированием и методом естественного поля.

3.3. Разведочное бурение

Для изучения геологического разреза в результате разведочного бурения устраивают скважины, позволяющие выявить последовательность залегания пластов, их мощность, состав, консистенцию, влажность, водность, а также отобрать образцы пород и испытать грунты. Буровые скважины позволяют изучить горизонтальные и пологопадающие пласты. Бурение бывает механическое, термическое, реже - ручное, и заключается в разрыхлении грунта и транспортировке разбуренных частиц от за-

боя к устью. Разрушенный грунт удаляется глинистым или пенным раствором, воздухом, шнековым раствором, желонками. Наиболее распространенные способы проходки буровых скважин — шнековое, роторное и колонковое вращательное бурение, ударно-вращательное бурение и вибрационное бурение.

Способ бурения выбирают исходя из целей проходки, а также инженерно-геологических и гидрологических условий.

Шнековое бурение применяют для проходки песчаных и глинистых грунтов глубиной до 50 м. При этом достигается высокая производительность, так как процесс бурения и подъема грунта происходит одновременно и непрерывно. Однако при шнековом бурении трудно определить четкие границы отдельных пластов, горизонты грунтовых вод, нарушается структура грунта.

Роторное бурение позволяет осуществить горную выработку в любых условиях глубиной более 200 м. Порода срезывается, раздавливается и стирается режущими и дробящими долотами, которые бывают шарошечными и лопастными. Данный способ затрудняет изучение горных пород в ненарушенном состоянии.

Колонковое бурение используется для проходки скважин во всех грунтах и на значительную глубину. Оно позволяет получить образцы пород (керна) с естественной структурой и влажностью.

Ударно-вращательное бурение обладает высокой производительностью и может применяться для проходки любых горных пород на большую глубину. Буровая установка состоит из бурового станка, буровой вышки, силового привода, оборудования для механизации спуско-подъемных операций. Буровой станок включает буровой снаряд, ударные штанги и вспомогательные инструменты.

Перспективным направлением для создания возвратно-поступательного движения рабочего органа при ударно-вращательном бурении является использование гидропривода и гидравлических возбуждателей, которые вследствие отсутствия привода распределителя имеют более простую конструкцию, малозатратны и экономичны. Особенно совершенны и надежны в работе автоколебательные гидравлические возбуждители с гидравлической обратной связью, обеспечивающие простое бесступенчатое регулирование частоты и амплитуды движения рабочего органа бурового станка.

Новая конструкция гидроприводного устройства ударного действия бурового станка [9] показана на рис. 6. Устройство имеет корпус 2, образующий с поршнем-бойком 3 полость 4 холостого и полость 5 рабо-

чего хода, периодически сообщаемую через блок 16 управления с напорной 25 или сливной 22 магистралью, и инструмент 1. Блок управления 16 выполнен в виде размещенного в расточке 17 корпуса 2, подпружиненного пружиной 15 золотника 9, с первым 23 и вторым 10 каналами, проточкой 11 и двумя торцевыми расточками 20 и 27, и двух разных по диаметру плунжеров 19 и 28, размещенных в расточках 20 и 27 золотника 9 и образующих с ним полости 7 и 12 управления. В расточке золотника 9 со стороны пружины 15 находится меньший по диаметру плунжер 19. Первый канал 23 и проточка 11 золотника 9 периодически сообщает расположенную со стороны пружины 15 полость управления 12 с напорной 25 или сливной 22 магистралью, а второй канал 10 золотника 9 - полость управления 7 с напорной магистралью 25. Полость холостого хода 3 сообщена с напорной магистралью 25 насоса 24, имеющей гидропневмоаккумулятор 21. Золотник 9 имеет маслораспределительную канавку 8, а корпус - напорную 26, сливные 6 и 14 расточки, соединенные каналом 13, и канал 29. Блок управления 16 имеет регулировочный винт 18.

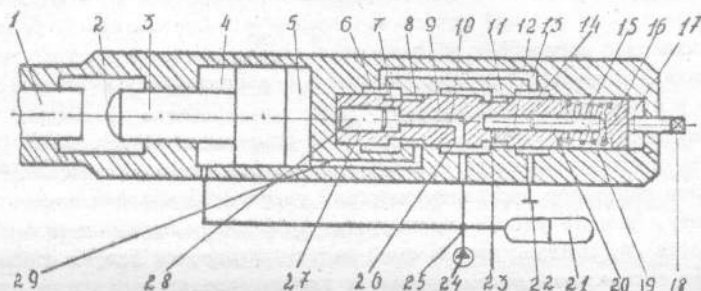


Рис. 6. Гидроприводное устройство ударного действия бурового станка

Гидроприводное ударное устройство бурового станка работает следующим образом. Рабочая жидкость поступает под давлением от насоса 24 в напорную магистраль 5. Происходит зарядка гидропневмоаккумулятора 21 и повышение давления в полости 4 и напорной расточки 26. Под действием нарастающего давления поршень-боек 3 смещается в крайнее правое положение, происходит холостой ход. При этом полость 5 посредством управляющего канала 29, канавки 8 и сливной расточки 6 соединяется со сливной магистралью. Результативное усилие от воздействия рабочей жидкости на плунжеры 19 и 27 и золотник 9 смещает последний вправо, преодолевая усилие пружины 15. При этом проточка 11 отсекается от напорной расточки 26 и сообщается со сливной расточкой 14, в результате чего полость 12 соединяется со сливом. Таким образом, в начальный момент усилие трогания золотника 9 определяется произведением разности рабочих площадей плунжеров 19 и 27 на давление подаваемой рабочей жидкости, развиваемое в результате преодоления сопротивления усилия со стороны пружины 15. После освобождения полости 12 со сливом усилие от воздействия давления рабочей жидкости на золотник 9 определяется только эффективной рабочей площадью плунжера 28. Это приводит к фиксированному удержанию золотника 9 в крайнем правом положении в период, когда канавка 8 в результате смещения золотника 9 сообщается с напорной расточкой 26. При этом канал 29 соединяется с полостью 5. Происходит разрядка гидропневмоаккумулятора 21 и поршень-боек 3 совершает рабочий ход до соударения с инструментом 1. Давление в напорной магистрали 25 снижается, что приводит к возвращению золотника 9 к крайнему левому положению. Далее рабочий цикл повторяется в автоматическом режиме.

Осуществляя настройку пружины 15 с помощью винта 18, можно изменять в требуемом диапазоне давление начала переключения золотника. Это позволяет управлять энергией удара поршня-бойка по инструменту. Частота ударов регулируется изменением производительности насоса 24. Выбором необходимой частоты и энергии ударов обеспечивается оптимальный режим бурения в зависимости от параметров горной породы.

3.4. Гидрогеологические измерения

При гидрогеологических измерениях дескриптивно анализируются гидрогеологические условия с целью обеспечения прогноза и предотвращения при строи-

тельстве и эксплуатации зданий и сооружений, в том числе возможного подтопления территории и изменения химического состава подземных вод. В горных породах вода может находиться в свободном, парообразном, твердом и физически связанном состоянии.

Основными водно-техническими свойствами горных пород являются влажность, влагоемкость и водоотдача.

Под естественной влажностью понимают содержание влаги в грунтах природного залегания [36]:

$$W_c = [(P_w - P_c) / P_c] \cdot 100\%, \quad (17)$$

где P_w, P_c - соответственно масса грунта во влажном состоянии и его скелета, т.е. высушенного грунта при температуре 105 °С.

Влажность грунтов определяют путем высушивания образцов, а также косвенными методами, основанными на изменениях электросопротивления или капиллярного натяжения, тепловых свойствах грунтов или их способности ослаблять прохождение через почвенную влагу гамма-лучей или превращать быстрые нейтроны в медленные.

Влагоемкость грунта - это способность его вмещать или удерживать определенное количество воды. В зависимости от количества и состояния содержащейся в грунте воды различают полную, наименьшую, капиллярную влагоемкость и максимальную гигроскопичность. Полная влагоемкость $W_{пв}$ соответствует состоянию грунта, при котором все поровое пространство заполнено водой [36]:

$$W_{пв} = n / \gamma_c, \quad (18)$$

где n - пористость грунта, γ_c - объемная масса грунта.

Наименьшая влагоемкость $W_{нв}$ соответствует случаю, когда в грунте находится наибольшее возможное количество подвешенной влаги. Ориентировочно наименьшая влагоемкость равна 30-35% объема в суглинистых и глинистых грунтах, 15-30% в легкосуглинистых, 6-15% в супесчаных и 2-6% в песчаных.

Капиллярной влагоемкостью называют то наибольшее количество влаги (подпертой), которое может содержаться в грунте. Оно зависит от плотности его сложения, механического и агрегатного состава, а также высоты расположения этого слоя над уровнем грунтовых вод. Характеристикой капиллярной влагоемкости является капиллярная кривая, характеризующая распределение влаги над зеркалом грунтовых вод.

Максимальная гигроскопичность — это наибольшее количество паровоздушной влаги, которое может поглотить грунт из воздуха, насыщенного водяным паром.

Степень влажности грунтов характеризуется коэффициентом водонасыщения [36]

$$K_g = W_e / W_o. \quad (19)$$

Если $K_g < 0,5$, то породы считают маловлажными, при $K_g = 0,5 \dots 0,8$ относят к влажным, при $K_g = 0,8 \dots 1,0$ они являются насыщенными.

Под набуханием понимают способность грунта увеличивать свой объем при впитывании воды.

Наибольшее подвержены набуханию тяжелые глинистые грунты, а наименьше — супеси и пески.

Усадкой называется способность влажного грунта уменьшать свой объем при высыхании. Глины и суглинки дают наибольшую осадку, а супеси — малую.

Размокаемость — это способность грунта терять связность в воде и превращаться в массу, не оказывающую сопротивления передаваемым нагрузкам. Характер и скорость размокания определяется содержанием в грунте глинистых частиц и водорастворимых частиц (солей), степенью уплотнения и первоначальным увлажнением.

Водоотдача — способность пород, насыщенных до полной влагоемкости, отдавать часть воды путем свободного стекания под действием силы тяжести. Водоотдача увеличивается с увеличением пустот и пор. Наибольшей водоотдачей обладает галечник, а глина и торф почти не отдадут воду, хотя влагоемкость их очень высока. Максимальная водоотдача равна разности между полной $W_{пв}$ и наименьшей $W_{нв}$ влагоемкостью.

В процессе гидрогеологических изысканий определяют водопроницаемость пород, режим подземных вод, характеризующийся смещением их уровня, расхода, скорости направления течения, температуры и химического состава во времени под влиянием естественных или искусственных факторов. Естественные факторы: изменения количества выпадающих атмосферных осадков, условий питания или разгрузки подземных вод, а искусственные факторы — возведение плотин, ирригационных и дренажных каналов, водозабор подземных вод, водопонижение или нагнетание воды в скважины, утечки воды из водоводов и другие мероприятия, связанные с деятельностью человека.

Колебания уровня подземных вод обусловлено различными условиями их питания. Годовые колебания уровня определяются количеством осадков, характером поверхностного и подземного стока, испарением, водопроницаемостью пород зоны аэрации, глубиной залегания грунтовых вод. Возведение промышленных и гражданских зданий изменяет естественные гидрологические условия участка и обычно приводит к постепенному повышению уровня грунтовых вод, затоплению подвалов и подземных коммуникаций.

Химический состав подземных вод весьма разнообразен. В них могут быть обнаружены ионы, образующие истинные растворы, коллоидные вещества, газы, органические соединения, твердые вещества, животные и растительные микроорганизмы. Содержание отдельных элементов в подземных водах зависит от термодинамических и геохимических условий и меняется при изменениях температуры, давления, содержания кислорода или состава пород. Природные воды содержат в растворе ряд элементов и газов, которые могут быть агрессивны по отношению к бетону, т.е. могут обуславливать агрессивные свойства воды по отношению к бетону, многим видам цемента и железу. Наличие агрессивной углекислоты приводит к растворению и выщелачиванию свободной кристаллической извести из цемента, что обуславливает ослабление прочности бетона. Под воздействием сульфатов, содержащихся в подземной воде, из цементной извести образуется гипс, в результате чего снижается прочность бетона из-за его растрескивания и крошения.

Под водопроницаемостью понимают способность пропускать воду через поры породы. К водопроницаемым породам относятся галечник, гравий, песок и трещиноватые породы, к полупроницаемым - торф, мергель, лесс, супесь, к непроницаемым - глины, плотные суглинки, нетрещиноватые скальные породы.

Инфильтрация - движение воды через толщу неводоносных пород, происходящее при полном заполнении водой пор или трещин. Водопроницаемость пород характеризуется коэффициентом фильтрации K_f , т.е. скоростью фильтрации при напорном градиенте, равном единице. Сильноводопроницаемые породы имеют $K_f > 30$ м/сут; среднепроницаемые $K_f = 1...30$ м/сут; слабопроницаемые - $K_f = 0,1...1,0$ м/сут; водоупорные - $K_f < 0,001$ м/сут [33]. Значение коэффициента фильтрации зависит от структурно-текстурных особенностей грунтов, размеров частиц и соотношения отдельных фракций. Существует несколько методов определения коэффициента фильтрации: полевые путем проведения

гидрогеологических работ; лабораторные с помощью приборов различной конструкции; расчетные с использованием данных гранулометрического состава и пористости грунтов; по данным геофизических исследований.

Движение гравитационной воды в порах горных пород подчиняется основному закону фильтрации. Единичный расход потока, т.е. количество воды, которое протекает в единицу времени через сечение потока шириной 1 м:

а) при горизонтальном водоупоре (рис. 7,а) [30]

$$q = K_{\varphi} (h_1^2 - h_2^2) / 2l; \quad (20)$$

б) при наклонном водоупоре (рис. 7,б) [30]

$$q = K_{\varphi} (H_1 - H_2) (h_1 + h_2) / 2l, \quad (21)$$

где K_{φ} - коэффициент фильтрации; h_1, h_2 - напор воды в скважинах; l - расстояние между первой и второй скважинами, H_1, H_2 - напор воды в скважинах относительно условной горизонтальной плоскости.

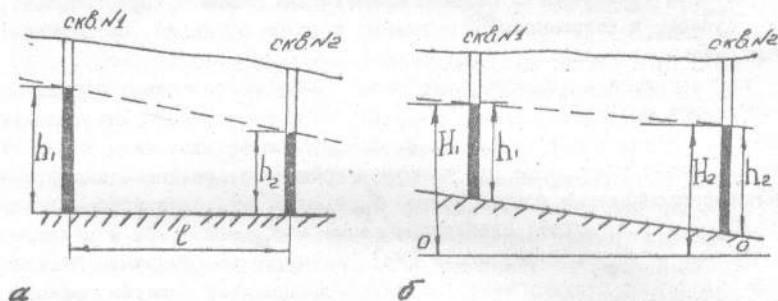


Рис. 7. Схема плоского подземного потока при горизонтальном (а) и наклонном (б) водоупоре

При полевых гидрогеологических исследованиях глубину и мощность водоносного безнапорного пласта находят замерами расстояний от устья скважины до зеркала водоносного горизонта и от зеркала подземных вод до кровли водоупорного пласта. В напорном водоносном пласте мощность горизонта определяется расстоянием между верхним и нижним водоупорами. Уровень замеряется с помощью хлопушки или электроуровнемера. Наблюдения за режимом грунтовых вод должны продолжаться не менее 1 года, чтобы можно было выявить характер изменения режима и в связи с сезонным изменением характера питания подземных вод атмосферными осадками. Направление и уклон потока подземных вод рассчитывают по материалам измерения уровня вод в системе не менее чем 3 скважин. По результатам измерений уровня строят карту гидроизогипс. Линии, перпендикулярные к направлению гидроизогипс, указывают направление уклона водной поверхности, а следовательно, направление движения потока. Скорость подземного потока измеряют, используя минимум 2 скважины. Для этого в верхнюю по течению скважину вводят индикатор и следят за его появлением в нижней скважине. В зависимости от конструкции индикатора и способа оценки появления его в нижней скважине применяют химический, колориметрический и электролитический методы. Скорость грунтового потока и его направление можно установить также методами электро-разведки при наличии только одной скважины.

Для обоснования проектов дренажа подтопляемых территорий, способ временного водопонижения на строительных площадках, временного и постоянного водоснабжения, для определения ожидаемых потерь воды из водохранилищ выполняют опытные откачки. Метод откачек может применяться с использованием одиночных скважин или куста скважин. Продолжительность откачек зависит от характера и расхода водоносного горизонта. Для определения водопроницаемости грунтов, которые не содержат воды, но после завершения строительства сооружения могут оказаться заполненными водой, производят опытные нагнетания или наливы.

Метод выполнения гидрогеологических исследований следует выбирать в зависимости от определяемых гидрогеологических параметров, характера водоносных пород, наличия соответствующих приборов, требуемой точности полученных результатов и затрат материальных средств.

3.5. Исследования физико-технических свойств грунтов

Для выполнения оснований инженерного сооружения необходимо знать физико-технические свойства грунтов (пористость, консистенцию, модуль деформации, сцепление, сопротивление сдвигу и др.). Их можно получить путем лабораторных испытаний образцов пород и полевыми методами.

Сжимаемость отражает уменьшение грунта в объеме под действием внешней нагрузки. Степень сжимаемости грунтов в лабораторных условиях определяют на образцах, находящихся в металлической обойме с жесткими стенками. При полевых исследованиях модуль деформации грунта, характеризующий его степень сжимаемости, определяют испытанием грунта статическими нагрузками в скважинах или шурфах с применением штампов. Сжатие грунта без бокового расширения называется компрессионным и определяется с помощью одометров. По результатам компрессионных испытаний грунта получают график зависимости пористости от напряжения.

Сопротивление грунтов сдвигу характеризует их прочностные свойства и обусловлено силами трения и сцепления, которые возникают между частицами грунта. Испытания на сдвиг могут проводиться в шурфах или скважинах различными методами. В лабораторных и полевых условиях испытания пород на сдвиг можно выполнять с использованием прибора конструкции Литвинова. По результатам испытаний строят график предельного сопротивления грунта сдвигу, отражающий характер зависимости сдвигающего усилия от вертикального давления.

В процессе полевых исследований физико-механических свойств грунтов широко применяют динамическое и статическое зондирования. При динамическом зондировании определяют сопротивление, которое оказывает грунт при забивке в него зонда в виде конуса диаметром 74 мм и углом при вершине 60° . Зонд забивают определенным количеством ударов стандартного молотка. Результаты наблюдений при динамическом зондировании представляют в виде ступенчатых графиков, характеризующих изменение сопротивления грунта внедрению зонда, а также рассчитывают модуль деформации.

При статическом зондировании характеристикой плотности и прочности пород является усилие, которое необходимо для погружения зонда с помощью домкрата на определенную глубину.

Консистенцию глинистых грунтов с ненарушенной структурой устанавливают методами микропенетрации, основанными на определении глубины погружения в породу различных наконечников в виде игл, конусов и др.

3.6. Поиски строительных материалов

К строительным материалам, используемым в качестве заполнителей бетона, облицовки, гидроизоляции и бутового камня, предъявляют следующие требования: они должны быть качественны, иметь запас, а затраты на разработку и доставку к объекту быть минимальными. Каменные строительные материалы должны обладать расчетной механической прочностью в сухом и водонасыщенном состоянии, морозостойкостью, плотностью и пористостью. Важная характеристика песков — гранулометрический состав и содержание глинистых частиц и гипса, а для гравия — петрографический состав и морозостойкость.

Запасы месторождений строительных материалов классифицируют в соответствии с нерудным минеральным сырьем по степени разведанности, изученности качества и условиям разработки. К первой категории относят запасы, разведанные и изученные с исчерпывающей полнотой, дающей возможность установить условия залегания, форму и строение тела полезного ископаемого, его качества, условия разработки и объем с погрешностью 10–15%. Ко второй категории принадлежат запасы, разведанные и изученные с детальностью, позволяющей выявить только основные особенности условий залегания, формы и характер строения полезного ископаемого, его объем с погрешностью 20–40%. К третьей категории относят запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и строения полезного ископаемого, его качества, технологические свойства, условия ведения разведочных работ и объем с погрешностью 40–50%. К четвертой категории относят запасы, которые оценены предварительно. Условия залегания, форма и распространение тела полезного ископаемого определены на основе литературных данных, малочисленных и недостаточно точных геологических и геофизических исследований по материалам геологических выработок.

Содержание и объем изысканий строительных материалов зависят от типа проектируемого сооружения, его класса, стадии проектирования и местных условий. Строительные материалы ищут в результате анализа геологических карт и разрезов, карт четвертичных отложений и материалов дополнительных съемок (геологических). Масштаб геологической съемки выбирают в зависимости от размеров месторождения и сложности геологического строения участка. Во время поисковых работ-

приближенно выясняют качество строительных материалов, их запасы, условия залегания и разработки, объем вскрышных работ, глубину залегания и водообильность подземных вод. Окончательно качество строительных материалов определяют путем испытаний образцов пород. Подсчитывают запасы, используя полученные в результате разведки планы и геологические разрезы.

Контрольные вопросы и задачи для самопроверки

1. Содержание программы инженерно-геологических изысканий.
2. Особенности геофизических методов разведки.
3. Способы разведочного бурения.
4. Водно-технические свойства горных пород.
5. Путем анализа геологических карт определите наличие строительных материалов и их характеристики в заданном районе строительства.

4. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

4.1. Состав и задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий

Инженерно-гидрометеорологические изыскания выполняют с целью изучения гидрометеорологических условий района строительства и получения материалов и данных, необходимых для проектирования объектов и оценки возможных изменений гидрометеорологических условий территории и акватории под воздействием антропогенных условий. В состав инженерно-гидрометеорологических изысканий входят [27]:

- а) сбор, анализ и обобщение данных о гидрологических и метеорологических условиях района строительства с целью оценки их репрезентативности и достаточности;
- б) рекогносцировка района строительства;
- в) гидрологические и метеорологические наблюдения на станциях и постах и исследования;
- г) гидрографические работы;
- д) определение по материалам изысканий и исследований требуемых для проектирования расчетных параметров.

Основой при инженерно-гидрометеорологических изысканиях являются материалы многолетних наблюдений, выполняемых органами Госкомгидромета, а также кратковременных наблюдений, проводимых изыскательскими организациями. Особое внимание обращают на выявление экстремальных значений гидрологических и метеорологических характеристик. Продолжительность и сроки наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками в периоды проявления их экстремальных значений должны обеспечивать регистрацию экстремума, а также ход нарастания и падения значения исследуемого явления.

Следует уделять внимание степени репрезентативности действующих станций и постов гидрометеорологических наблюдений. В дополнение к основным наблюдениям в процессе изысканий соответственно со специальными программами обследуют малые водооборы, на которых возможно образование лавин и селевых потоков; изучают русловые процессы и возможность переработки берегов водотоков и водоемов, зимний режим рек, волнения, морфологию и динамику прибрежной зоны; исследуют гидрологические условия в устьях рек, агрессивные свойства воды, а для сооружений, размещаемых в особо сложных условиях, выполняют экспериментальные исследования, включающие физическое моделирование.

Для оценки возможных изменений природной среды под воздействием строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений дополнительно собирают данные о существующих источниках загрязнения атмосферы и гидросферы и санитарно-гигиенических условиях. С этой целью наблюдают за изменением уровня загрязнения атмосферы в районе работ в характерные периоды путем отбора проб воздуха и воды и проведения полного химического и бактериологического анализов. Будут также наблюдения за воздушными потоками на высоте существующих и проектируемых источников выброса веществ в атмосферу; за течениями, уровнями и расходами воды и изменениями ее химического и бактериологического состава в различные фазы гидрологического режима в местах выброса загрязняющих веществ. Кроме того, наблюдают за переработкой берегов водотоков и водоемов, изменением русловых процессов, водного баланса, водообмена, водообразования и другими компонентами гидрометеорологических условий, которые могут изменяться под воздействием антропогенных факторов. Для всех гидрометеорологических характеристик необходимо определять их экстремальное значение.

4.2. Источники гидролого-климатической информации

Сбор материалов гидролого-климатических изысканий и исследований необходимо производить: в органах Государственного фонда гидрометеорологических материалов Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет); изыскательских и проектно-изыскательских организациях; научно-технических гидрологических и климатологических публикациях; по результатам полевых изысканий и исследований; по результатам региональных научных обобщений и исследований, расчетов в соответствии с региональными методиками, разработанными Главной геофизической обсерваторией им. А.И.Боейкова, Государственным гидрологическим институтом и другими научно-исследовательскими учреждениями.

Средние многолетние сведения о солнечной радиации, радиационном балансе, температуре воздуха и почвы, ветровом режиме, облачности и атмосферных явлениях можно получить из 34 выпусков "Справочника по климату СССР", каждый из которых включает 5 частей. Данные об этих элементах климата за отдельные годы опубликованы в многотомном "Климатологическом справочнике" и "Метеорологических ежемесячниках".

Сведения о ежедневных уровнях и расходах воды во всех створах рек, где ведутся гидрологические измерения, данные о твердом стоке, температуре и химическом составе воды, толщине льда, скоростях, ширине и глубине потоков помещены в "Гидрологических ежегодниках".

Гидрографические характеристики водосборов рек (средний уклон реки, озерность, заболоченность, лесистость, густота овражно-балочной сети, средняя высота и уклон водосбора), значения за каждый год максимальных расходов, слоя стока половодья, даты начала и конца половодья и пика прохождения паводка, средние, наибольшие и наименьшие за все годы наблюдений значения уровней и их даты, средние месячные и годовые расходы, модуль и слой стока за каждый год от начала наблюдений; сведения о пересыхании и замерзании рек; данные об уровнях, температуре воды, ледовых явлениях на озерах можно найти в многотомном справочнике "Основные гидрологические характеристики".

Сведения о характеристиках снежного покрова, испарении и агро-климатических данных, агрогидрологических константах и влажности почвы помещены соответственно в многотомной справочной литературе "Материалы наблюдений за снежным покровом", "Материалы наблюдений

Над испарением с водной поверхности", "Агроклиматический справочник" и "Агроклиматические ресурсы", "Справочники агрогидрологических свойств почв" и "Материалы измерения влажности почв".

Научное обобщение гидролого-климатических материалов за все годы наблюдений имеется в 30-томной монографии-справочнике "Ресурсы поверхностных вод СССР". В каждом томе содержатся сведения о природных условиях региона, гидрологическое районирование и водный баланс, норма и изменчивость стока и его внутригодовое распределение, характеристика максимального, минимального режима озер и болот, гидрохимическая характеристика вод, гидрографическое описание рек и озер. В таблицах помещены внутригодовое распределение стока, максимальные расходы воды и слой стока за каждое полугодье по годам наблюдений. Кроме текстового описания и таблиц описаны результаты анализа в виде графика, формул и карт изолиний гидролого-климатических характеристик.

4.3. Гидрография местности

Гидрографическое исследование местности своей целью имеет изучение и описание конкретных водных объектов с качественной и количественной характеристикой их положения, режима и местных условий и выявления закономерностей географического распространения вод и особенностей их морфологии, режима и хозяйственного значения в отдельных естественно-исторических районах и ландшафтных зонах [10, 17]. К гидрографическим элементам местности относятся реки, ручьи, озера, болота и другие постоянные и временные водные объекты на земной поверхности.

Под рекой понимают водный поток сравнительно больших размеров, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и текущий в разработанном им русле [31]. В зависимости от условий формирования режима различают равнинные, горные, озерные, болотные, карстовые реки, а в зависимости от размера - большие, средние и малые. По ширине реки бывают узкие (до 60 м), средние и широкие (до 300 м), а по водосборной площади - малые (до 2000 км²), средние и большие (более 50000 км²). Совокупность рек, находящихся в пределах какой-то территории, сливающихся вместе и выносящих воды с этой территории в виде общего потока, образуют речную систему (рис. 8). Речная система состоит из главной реки и притоков первого порядка, впадающих в главную реку, и притоков второго по-

рядка, впадающих в притоки первого порядка и т.д. Часть земной поверхности, включающая толщу почвогрунтов, откуда происходит сток вод, называется бассейном, и включает в себя поверхностный и подземный водосборы. Основные гидрографические характеристики речной системы: протяженность ее рек, их извилистость, разветвленность и густота речной сети, а основная характеристика реки – ее длина, т.е. расстояние от истока до устья. За исток реки принимают место, где начинается постоянное течение воды в русло. Под устьем реки понимают место впадения ее в море, океан, озеро, другую реку или где она полностью используется на хозяйственные нужды. Русло реки в плане имеет извилистую форму. Извилистость реки – это отношение длины реки к прямой, соединяющей исток и устье. Густота речной сети характеризуется длиной речной сети, приходящейся на 1 км^2 площади бассейна.

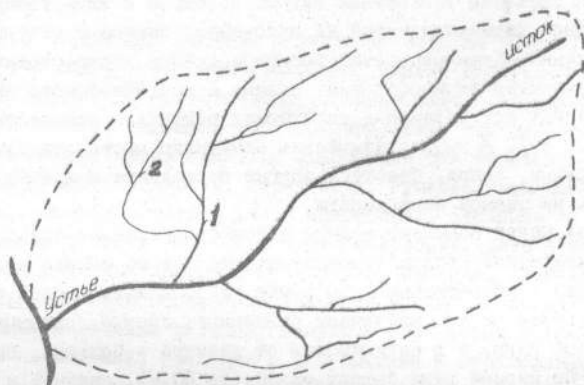


Рис. 8. Схема речной системы

Режим бассейна характеризуется рядом гидрографических характеристик, из которых основными являются площадь водосбора, коэффи-

циент развития водораздельной линии, длина, средняя ширина, асимметрия бассейна, заболоченность, распахиваемость, залесенность, распределение площадей по высотным зонам. К основным морфологическим характеристикам русла реки относятся площадь поперечного сечения, ширина, наибольшая и средняя глубины. Распределение глубин реки на плане изображается с помощью изобат – линий равных глубин. Линия наибольших глубин называется стержнем реки. Поперечное сечение русла реки, ограниченное уровнем воды, называется живым сечением. Распределение скоростей течения в живом сечении русла неравномерное и его изображают с помощью линий равных скоростей – изотах (рис. 9). Линия, соединяющая точки наибольшей поверхностной скорости течения в потоке и имеющая в плане очертание в соответствии с распределением плесов и перекаатов, называется стержнем. Распределение скоростей по живому сечению на заданной глубине показывают на эпюре скоростей (см. рис. 9). По скорости реки подразделяются на: со слабым течением (до 0,5 м/с), средним (0,5...1,0 м/с), быстрым (1-2 м/с) и весьма быстрым (более 2 м/с).

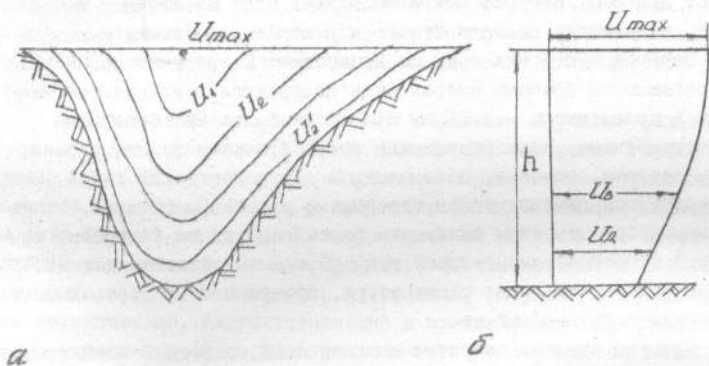


Рис. 9. Изотахи в поперечном сечении речного потока со свободной поверхностью (а) и эпюра осредненных местных скоростей потока (б)

Расход воды - это объем воды, протекающей через живое сечение потока в единицу времени, м³/с:

$$Q = V_{cp} \omega, \quad (22)$$

где ω - площадь живого сечения реки; V_{cp} - средняя скорость потока.

Расходом взвешенных наносов называется количество твердых частиц, проносимых через поперечное сечение во взвешенном состоянии, кг/с.

Расход растворимых веществ - количество проносимых веществ в водном растворе через поперечное сечение потока в единицу времени, кг/с.

По расходу воды реки подразделяются на малые (до 10 м³/с), средние (10-100 м³/с), большие (100-500 м³/с) и очень большие (более 500 м³/с).

Скопление воды в углублениях земной поверхности образует озеро. В зависимости от его происхождения озера бывают плотинные, котловинные, пойменные и смешанные. Плотинные озера образуются в результате перекрытия долины каким-либо обвалом, ледником, выносами наносов или искусственной запрудой. Котловинные озера образуются вследствие выдувания горных пород, тектонических или ледниковых процессов и химической эрозии. Пойменные озера - это замкнутые водоемы в пределах поймы реки и представляющие собой отчленивающийся от основного рукава русла отдельные рукава и протоки. В зависимости от притока и стока озера подразделяются на сточные и бессточные, не имеющие поверхностного или подземного стока и расходующие поступающую в них воду на испарение. Озера делятся на пресные и соленые. В пресных озерах соль содержится в количестве менее 1%, в солоноватых - 1-2%, в соленых - более 2%. Основными морфометрическими характеристиками озера являются длина, ширина, площадь зеркала, глубина, объем воды и длина береговой линии. Озера характеризуются геологическим строением, уровенным режимом, почвенным и ботаническим описанием бассейна, водным балансом, температурой, особенностями озерной воды и режимом ледовых явлений. Основные показатели воды: температура, прозрачность, цвет, химический состав и газовый режим.

К болотам относят достаточно однородный природный комплекс, занимающий некоторый участок земной поверхности, характеризующийся

обильным застойным или слабopрочным увлажнением горизонтов грунта в течение большей части года, наличием процесса торфообразования и специфической болотной растительностью. По комплексу условий водного и связанного с ним минерального питания озера подразделяют на низинные, верховые и переходные болота. Низинные болота, помимо атмосферных осадков, питаются поверхностными и грунтовыми водами, они вытянуты по форме, имеют резко выраженные берега и покрыты травяной растительностью. Верховые болота питаются только за счет атмосферных осадков, эти озера расположены на водоразделах и покрыты моховой растительностью. Переходные болота — смешанного питания и покрыты лесной растительностью. По расположению в рельефе местности болота подразделяют на пойменные, долинные, склоновые, водораздельные и притеррасные, а по степени проходимости пешеходом — непроходимые, труднопроходимые и проходимые. К особой категории болот относят переувлажненные минеральные земли.

4.4. Гидрометрические работы

Гидрометрические работы выполняют с целью определения величин, характеризующих движение и состояние жидкости и режим водных объектов. В задачу этих работ входят измерения уровней, глубин, рельефа дна и свободной поверхности потока, напоров и давлений, скоростей и направлений течения жидкости, пульсаций скоростей и давлений, элементов волн, гидравлических уклонов, объемных, весовых и массовых расходов жидкости, мутности потока, расходов наносов и пульпы, элементов, характеризующих термический и ледовый режим потоков.

Для составления планов водных объектов, изучения рельефа их дна выполняют промерные работы, включающие измерения глубин и координирование точек промеров. Глубины измеряют гидрометрической штангой (наметкой), лотом и профилографами. С помощью наметки и лота определяют глубину непосредственно по величине погружения штанги или лотлиня в воду. Профилографы автоматически регистрируют профиль водного сечения и по принципу действия их подразделяют на механические, гидростатические и акустические. При измерении механическим профилографом искомая глубина передается записывающему механизму с помощью промерного груза на тросе или жесткой штанге.

Действие гидростатического профилографа основано на зависимости гидростатического давления от глубины воды. Принцип работы акустического профилографа (эхолота) основан на измерении времени прохождения ультразвукового сигнала от поверхности воды до дна и обратно, значение которого пропорционально глубине. Глубины измеряют штангой и лотом с судна, мостов и специальных гидрометрических переправ. Дистанционным профилографом глубины измеряют с движущегося катера. Местоположение промерных точек находят по размеченному тросу, который натянута между противоположными берегами, геодезическими угломерными инструментами с помощью засечек, секстантом с промерного судна на ориентиры по берегу и радиогеодезическим способом. Измерение и кодирование промерных глубин осуществляют по поперечным, продольным и косым галсам. По результатам промерных работ строят поперечный профиль водоема, позволяющий определить его морфологические характеристики, продольный профиль по линии наибольших глубин и план водоема в горизонталях и изобатах, характеризующих пространственное распределение одинаковых глубин.

Расход зависит от уровня воды в реке, за который принимают высоту поверхности воды, отсчитываемую относительно некоторой постоянной плоскости сравнения. Для измерения уровней воды выбирают типичный прямолинейный участок реки, на котором устраивают водомерный пост. По назначению водомерные посты бывают основные (для систематического наблюдения за уровнями), гидростворные (для наблюдения за уровнями только при изменении расходов воды), гидропрогностические (для предсказания водного режима), уклоновые (для определения разности отметок поверхности воды) и специального назначения. В зависимости от срока действия водомерные посты подразделяют на постоянные, временные и передвижные, устанавливаемые в местах стоянок изыскательских работ. По способу установки, устройству и конструктивным особенностям водомерные посты бывают простые, самопущие и дистанционные. Простые водомерные посты делятся на речные, свайные, смешанные и передаточные. Речной пост состоит из одной или нескольких размеченных через двухсантиметровые деления металлических или деревянных реек, прикрепленных к гидротехническому сооружению или забитой в дно русла свай. Свайный пост состоит из ряда свай, установленных в одном створе перпендикулярно к течению реки и забиваемых в дно и берега реки с превышениями одна над другой 0,2...0,8 м. Смешанный водомерный пост представляет собой сочетание элементов речного и свайного постов. Самопущие водомерные

посты оборудуются самописцами уровней воды и позволяют непрерывно определять уровень воды на любой промежуток времени. Дистанционные водомерные посты автоматически непрерывно или периодически передают уровни воды на определенное расстояние, где они регистрируются. Стандартные сроки наблюдений на водомерных постах - 8 и 20 часов по местному времени.

Колебания уровней воды в реке могут быть многолетними, вызванными изменениями климата, сезонными и случайными изменениями. Амплитуда колебаний уровня может достигать несколько метров.

За температурой воды наблюдают с помощью термометров, начиная с первых весенних оттепелей, и прекращают осенью через 3-5 суток после установления ледостава. Измерения толщины льда и шуги, а также наблюдения за водной растительностью проводят 10, 20 числа и в последний день каждого месяца.

По результатам измерений на водомерном посту вычисляют средние суточные уровни, составляют таблицы ежедневных уровней и строят графики их колебаний, по которым определяют многолетние характеристики уровней и даты их наступления. Контроль и анализ материалов наблюдений выполняют с помощью комплексных графиков, основных гидрометеорологических элементов, на который наносят температуру воздуха и воды, уровни, жидкие и твердые осадки, высоту снега на льду, толщину льда и шуги, расходы воды, взвешенных и влекомых наносов, мутность воды, содержание в ней солей.

Скорость течения и его направление переменны во времени и пространстве. Осредненная скорость за промежуток времени [11] составляет:

$$\bar{U} = (1/t_0) \int_0^{t_0} U dt, \quad (23)$$

где \bar{U} - мгновенная пульсирующая скорость в данной точке потока в данный момент времени.

Распределение местных скоростей \bar{U} в вертикальной плоскости характеризуют эшором скоростей по вертикали. Наибольшая скорость течения при безнапорном течении у поверхности воды, а наименьшая - у дна (см. рис. 9). Распределение осредненных местных скоростей в пределах поперечного сечения потока представляется в виде изотах, т.е. линий равных местных скоростей.

Скорости и направления течений измеряют гидрометрическими поплавками, вертушками, трубками, флюгерами, динамометрами, гидрокатазондами, ультразвуковыми и радиоактивными измерителями скоро-

стей, батометрами-тахометрами. Поплавки бывают поверхностные, глубинные и поплавки-интеграторы. Скорость каждого поверхностного поплавка соответствует поверхностной скорости потока

$$U_{\text{пов}} = L_c / t, \quad (24)$$

где L_c - расстояние между створами; t - время прохождения поплавком этого расстояния.

Средняя скорость водного потока, определяемая поплавком-интегратором

$$U_{\text{ср}} = U_i L_i / h, \quad (25)$$

где U_i - скорость вертикального подъема поплавка в стоячей воде, устанавливаемая предварительным тарированием; L_i - расстояние от вертикали до точки всплытия поплавка; h - глубина.

Гидрометрические вертушки состоят из корпуса, рабочего колеса (ротора), контактного механизма, сигнального устройства и стабилизатора направления. Принцип работы вертушек основан на зависимости частоты вращения ротора от скорости течения жидкости. Вертушки размещают по направлению оси вращения ротора, устройству контактного винта, контактного и счетного механизма, способу опускания их в воду. Для определения скорости течения можно применить вертушки ВВ-57, ГР-21, ГР-11, ГР-55, ГР-96 и др. Скорости течения воды вертушками измеряют точечным и интеграционным способами. Точечный способ заключается в измерении местных скоростей в строго фиксированных точках на скоростных вертикалях. При интеграционном способе измеряют осредненную скорость по вертикальному, горизонтальному или косому направлению. Скорости измеряют у поверхности, 0,2; 0,6; 0,8 рабочей глубины и у дна потока. Средняя скорость по вертикали равна [11]

$$V_{\text{ср}} = 0,1 (V_{\text{пов}} + 3V_{0,2} + 3V_{0,6} + 2V_{0,8} + V_{\text{дн}}). \quad (26)$$

Если скорость измеряют сокращенным способом на всех глубинах, то среднюю скорость по вертикали определяют с учетом количества измерений.

При графическом способе определения средней скорости по вертикали строят эмпир распределения скоростей по глубине h , определяют ее площадь, численно равную элементарному расходу Q_3 . Средняя скорость по вертикали

$$V_{\text{ср}} = Q_3 / h. \quad (27)$$

Для определения средней скорости открытого потока при равномерном движении используют формулу Шези

$$V = C \sqrt{RI}, \quad (28)$$

где I - продольный уклон водной поверхности участка реки;
 R - гидравлический радиус, равный отношению площади живого сечения потока к смоченному периметру; C - коэффициент Шези, учитывающий влияние шероховатости русла на скорость течения и изменяющийся в пределах $20, \dots, 40 \text{ м}^{0,5}/\text{с}^2$.

Расход потока жидкости

$$Q = \int_{\omega} u_n d\omega, \quad (29)$$

где u_n - проекция местной скорости на нормаль к площади размером ω .

Расход воды измеряют непосредственными и косвенными методами. К непосредственным методам относятся объемный способ, заключающийся в определении времени t заполнения жидкостью протарированного резервуара объемом W

$$Q = W/t. \quad (30)$$

При косвенных методах определяют параметры потока, используемые затем для вычисления расходов. Их подразделяют на гидрометрические, гидравлические, гидравлико-гидрометрические и гидрологические.

Для определения расхода гидрометрическим способом на выбранном участке реки разбивают перпендикулярно к направлению течения гидрометрический створ. Он оборудуется гидрометрической переправой, в качестве которой применяют балочные и подвесные мостики, катера, паромы и т.д. (дистанционные гидрометрические установки). В створе измеряют глубину и скорости течения на скоростных вертикалях. Количество скоростных вертикалей назначают в зависимости от необходимой точности изучения кинематики потока. При детальном способе скорости вертикали располагают равномерно через одну промерную вертикаль на расстоянии $1/10$ ширины реки. Основной способ предусматривает уменьшение числа вертикалей, но их должно быть не менее пяти. При сокращенном способе скорость измеряют на одной-двух вертикалях в точках на $0,2 h$ и $0,8 h$ или в одной точке на $0,6 h$.

Гидрометрический метод предусматривает определение расхода воды аналитическим, графическим и графоаналитическим способами. Для

вычисления расхода воды аналитическим способом применяют зависимость [11]:

$$Q = K u_{B_1} \omega_1 + 0,5(u_{B_1} + u_{B_2}) \omega_2 + 0,5(u_{B_{n-1}} + u_{B_n}) \omega_n + K \omega_{B_n} \omega_{n+1} \quad (31)$$

где $u_{B_1}, u_{B_2}, u_{B_n}$ - средние скорости на вертикалях, рассчитанные по (26); $\omega_1, \omega_2, \omega_{n+1}$ - площади водного сечения между вертикалями, принимаемые за трапеции; K - коэффициент для скоростей на прибрежных вертикалях, ($K = 0,7 \dots 0,9$).

Графический способ расчета применяют в случае детального измерения расхода. Сначала строят профиль живого сечения, на который наносят скоростные вертикали. На этом же чертеже строят эпюры скоростей для каждой скоростной вертикали и вычисляют среднюю скорость течения. На профиле живого сечения потока от линии уровня воды на каждой скоростной вертикали откладывают средние их скорости и строят плавную эпюру скоростей по ширине реки. Умножая скорость на рабочие глубины, вычисляют элементарные расходы воды. По этим данным на поперечном профиле строят эпюру распределения элементарных расходов по ширине реки. Площадь этой эпюры равна общему расходу воды.

Гидравлично-гидрометрический способ, разработанный Г.В. Железняковым [11], основан на зависимости расхода воды открытого потока от его кинематической структуры и морфометрии. Для определения расхода воды выполняют измерения, характерные для гидрометрического способа и используют гидравлические зависимости, описывающие характер движения потока. Расход потока

$$Q = Q_f - Q_d \beta / K_M, \quad (32)$$

где Q_f - фиктивный расход воды, вычисляемый по измеренным поверхностным скоростям и глубинам потока; β - параметр, учитывающий неравномерность распределения глубины по ширине потока; K_M - переменный параметр, зависящий от морфологических характеристик русла, Q_d - динамический расход воды.

$$Q_d = \omega \sqrt{g I h_{cp}}, \quad (33)$$

ω - площадь живого сечения; g - ускорение свободного падения; h_{cp} - средняя глубина потока; I - уклон поверхности потока.

При гидравлическом способе расход определяют расходомерами в виде гидрометрических лотков или водосливов, представляющих собой

стену, перегородившую поток, через которую происходит перелив жидкости. Этот способ позволяет автоматизировать измерение расходов, которые вычисляют по формулам в зависимости от уровня воды и направления и параметров расходомеров. Водосливы бывают тонкостенные, практического профиля и с широким порогом.

Расход воды Q , протекаемый через водослив;

а) тонкостенный прямоугольный

$$Q = m B \sqrt{2g} H^{3/2}; \quad (34)$$

б) тонкостенный трапецеидальный

$$Q = 1,86 B H^{3/2}; \quad (35)$$

в) тонкостенный треугольный

$$Q = 0,8 m t g (\alpha/2) \sqrt{2} H^{5/2}; \quad (36)$$

г) практического профиля

$$Q = K_c m B \sqrt{2g} H^{3/2}; \quad (37)$$

д) с широким порогом

$$Q = m B \epsilon \sqrt{2g} H_0^{3/2}; \quad (38)$$

е) гидрометрический лоток

$$Q = a B H^n, \quad (39)$$

где H - измеренный напор на водосливе; B - ширина водослива; α - угол выреза водослива; K_c - коэффициент, учитывающий скорость подхода; m - коэффициент расхода водослива; ϵ - коэффициент подтопления; H_0 - полный напор с учетом скорости подхода к сооружению; a, n - эмпирические коэффициенты, устанавливаемые для каждого лотка.

Гидрологические способы определения расходов воды не требуют каких-либо измерений потока воды, а основаны на связи расходов воды с физико-географическими факторами бассейна

$$Q = yF/t, \quad (40)$$

где y - слой стока с водосборной площади размером F за период t , определяемый как остаточный член уравнения водного баланса рассматриваемого водосбора реки.

Измерение расходов требует значительных затрат времени и средств. Уровни измеряют на реке ежедневно в стандартные сроки. Между уровнями и расходами воды существует зависимость $Q = f(H)$, которая называется кривой расходов воды. Используя кривую расходов воды по ежедневным уровням, определяют ежедневные расходы воды.

Одновременно с измерением расходов отбирают пробы для определения взвешенных наносов и стока растворенных веществ. Для определения мутности пробы отбирают батометрами мгновенного или длительно-го наполнения и вакуумными батометрами точечным, суммарным и интегральным способами. Фильтрованием или высушиванием находят массу наносов, а также их механический состав путем обмера крупных частиц или просеивания их через сито. Перспективными способами определения мутности воды являются фотометрический и фотозлектрический способы, которые основаны на измерении ослабления светового луча взвешенными в воде наносами, и использовании радиоактивных изотопов. Для отбора проб донных наносов применяют донные батометры, которые в течение длительного времени улавливают наносы.

Химический состав и физические свойства проб воды, включающие температуру, прозрачность, цвет, вкус, запах, кислотность или щелочность, содержание свободной углекислоты и кислорода определяют с помощью полевой гидрохимической лаборатории непосредственно у водного объекта. По данным химического анализа рассчитывают минерализацию воды и расход растворенных в ней веществ.

4.5. Гидрологические расчеты

В процессе гидрологических расчетов решают следующие задачи [25]:

1) определяют норму годового стока, максимальные расходы половодий и паводков, внутригодовое распределение стока, минимальные расходы воды, строят гидрографы половодий и паводков, т.е. графики изменений во времени расходов воды (рис. 10);

2) выполняют расчеты гидрометеорологических характеристик водных объектов, включающих испарения с поверхности воды и суши, атмосферных осадков;

3) рассчитывают водный баланс отдельных водных объектов;

4) устанавливают сток наносов, динамику водных масс, характеристики термического и гидрохимического режимов.

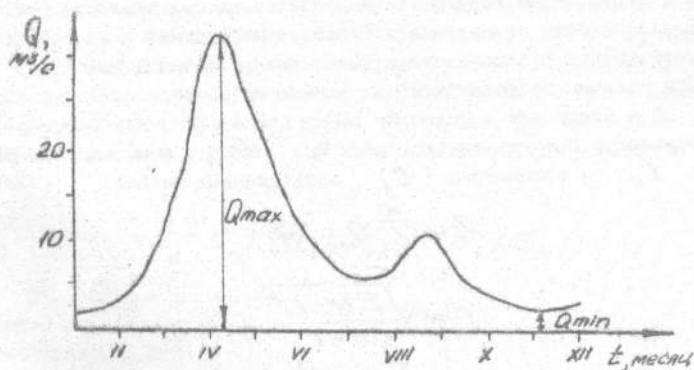


Рис. 10. Гидрограф стока

Нормой годового стока является его среднее значение за много-летний период с неизменными географическими условиями, одинаковым уровнем хозяйственного освоения реки и ее бассейна. Годовой сток выражают в виде: расхода воды Q (м³/с), модуля стока M (л/с.км²) и слоя стока h (мм).

Модуль стока – расход воды, стекающей в единицу времени с единицы площади водосбора F

$$M = Q/F. \quad (41)$$

Слой стока – количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо промежуток времени t , выраженное в виде слоя, равномерно распределенного по площади F

$$h = Q/ft. \quad (42)$$

Максимальный расход воды – наибольший расход воды половодья. Различают наибольший средний суточный и наибольший мгновенный срочный расход воды. Минимальный расход – наименьший расход в межень.

Различают суточные, среднемесячные и абсолютные минимумы. За период наблюдений бывает различные расходы.

Цель расчета годового стока - определение объема стока в средний по водности год, а также в маловодные и многоводные годы, маловодные и многоводные годы различной повторяемости и месяцы этих лет. В зависимости от наличия материалов наблюдений и их продолжительности расчет годового стока выполняют различными методами.

При наличии репрезентативных данных гидрометрических наблюдений за 30 и более лет определяют норму стока \bar{Q} как среднюю арифметическую средних годовых расходов Q_{cp} , коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s вариационных рядов:

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^n Q_{cp} / n, \quad (43)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (\kappa - 1)^2}{n - 1}}, \quad (44)$$

$$C_s = \frac{\sum (\kappa - 1)^3}{C_v^3 (n - 1)}, \quad (45)$$

где n - количество лет наблюдений за стоками; $\kappa = Q_i / \bar{Q}$ - модульный коэффициент.

При отсутствии достаточно продолжительных рядов лет наблюдений коэффициент асимметрии устанавливают методом графического подбора теоретических кривых обеспеченности к эмпирическим точкам обеспеченности.

Расход заданной обеспеченности определяют с учетом коэффициента вариации и ординат теоретической кривой обеспеченности, полученной интегрированием биномиальной кривой распределения:

$$Q_{P\%} = \bar{Q} (1 + C_v \Phi_{P\%}), \quad (46)$$

где $\Phi_{P\%}$ - нормированное отклонение кривой обеспеченности.

Внутригодовое распределение стока в год заданной обеспеченности описывают по реальному году, в котором средний годовой расход близок по значению к расходу заданной обеспеченности.

При недостаточном количестве лет гидрометрических наблюдений, когда погрешность определения нормы годового стока

$$b = 100 C_v / \sqrt{n} > 5\%, \quad (47)$$

подбирают створ-аналог и удлиняют ряд средних годовых расходов.

Приведение статических параметров к многолетнему периоду осуществляют графическим или графоаналитическим методами. Графический метод применяют для определения в основном нормы годового стока при наличии не менее 6 соответственных значений годового стока в расчетном створе и в створе реки-аналога. Зависимости считаются удовлетворительными, если отклонение большей части точек от средней линии связи не превышает 15%. Графоаналитический метод применяют при наличии тесной связи (коэффициент корреляции двух рядов более 0,8). При наличии тесной связи нормы годового стока определяются непосредственно по графику (рис. 11). Для нахождения более достоверного годового стока \bar{Q} его вычисляют по уравнению корреляции

$$\bar{Q}_0 = Q_n + (\bar{Q}_a - Q_{na}) * \epsilon_0 / \epsilon_a, \quad (48)$$

где Q_n, Q_{na} - значения среднего годового расхода рассматриваемой реки и аналога, вычисленные за период наблюдений n в расчетном створе; ϵ_0, ϵ_a - средние квадратические отклонения годовых расходов воды рассматриваемой реки и аналога; μ - коэффициент корреляции

$$\mu = [\Sigma(\Delta Q_n \Delta Q_a)]:$$

$$: \sqrt{\Sigma(\Delta Q_n^2) \Sigma(\Delta Q_a^2)}, \quad (49)$$

$\Delta Q_n, \Delta Q_a$ - отклонения годовых расходов по рассматриваемой реке и аналогу от средних многолетних значений.

Средние квадратические отклонения определяют по формуле Бесселя. Коэффициент вариации годового стока вычисляют по зависимости

$$C_{v_0} = C_{v_a} A \bar{Q}_a / \bar{Q}_0, \quad (50)$$

где C_{v_a} - коэффициент вариации реки-аналога; A - угловой коэффициент прямой, выражающей зависимость годового стока в этих створах.

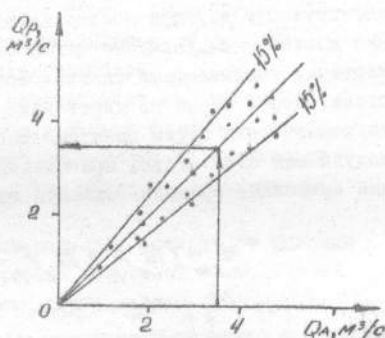


Рис. 11. График связи расходов стока в расчетном створе и в реке-аналоге

При отсутствии гидрометрических наблюдений норму годового стока и коэффициент вариации определяют интерполяцией между данными наблюдений на реках данного физико-географического района с учетом влияния карста, выходов подземных вод, особенностей геологического строения и почвогрунтов бассейна, пересыхания и перемерзания рек. Норму годового стока находят интерполяцией между опорными пунктами с известными значениями, а также по картам модуля и слоя годового стока. Для расчета стока интерполяцией между опорными пунктами на топографическую карту наносят норму годового стока, выраженную в модуле или слое стока, в центрах водосборов двух-трех опорных пунктов. Величину стока для расчетного пункта при незначительно меняющемся рельефе определяют с помощью прямолинейной интерполяции. В горных районах изменение стока принимают пропорционально высотам местности. При расчете стока по картам используют результаты картографирования стока, выполненные Государственным гидрологическим институтом и другими исследовательскими организациями. Для получения достоверных значений целесообразно пользоваться региональными картами, учитывающими физико-географические условия формирования стока. Норма стока по карте находится для центра водосбора неизученной реки путем прямолинейной интерполяции между изолиниями модуля или слоя стока. При наличии на водосборе нескольких изолиний вычисляют средневзвешенную величину

$$M_{cp} = (M_1 F_1 + M_2 F_2 + \dots + M_n F_n) / F, \quad (51)$$

где M_1, M_2, M_n - средние значения стока между соседними изолиниями, пересекающими водосбор; F_1, F_2, F_n - соответствующие площади между изолиниями; F - площадь водосбора до расчетного водосбора.

Полученное значение с карты корректируют с учетом заболоченности, лесистости, озерности и других факторов, оказывающих существенное влияние на условия формирования стока.

Внутригодовое распределение стока при отсутствии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений для равнинных территорий при сравнительно однообразных физико-географических условиях рассчитывают методом аналогии. При этом границы сезонов и лимитирующего периода, среднее распределение стока по сезонам в долях от годового, соотношение между коэффициентами изменчивости сезонного и годового стока, распределение стока маловодных сезонов по ме-

сяцам для определения группы водности сезона устанавливают по данным реки-аналога. При отсутствии репрезентативных аналогов внутри-годовое распределение стока находят по региональным зависимостям параметров сезонного стока от площади и средней высоты водосбора, озерности, характера почво-грунтов и других физико-географических стокообразующих факторов. Коэффициент вариации определяют для всей территории по формуле [25]:

$$C_v = A_0 / M_0^{0.4} (F + 1000)^{0.1} \quad (52)$$

или по региональным зависимостям

$$C_v = A_p / U^2 \beta_n^8, \quad (53)$$

где U - слой стока; M_0 - средний многолетний модуль стока; β_n - относительное суммарное увлажнение; $A_0, A_p, \vartheta, \beta$ - региональные параметры, учитывающие условия формирования стока (согласно исследованиям автора для условий Забайкалья $A_p = 0,85$, $\vartheta = 0,18$, $\beta = 0,3$); F - площадь водосбора.

Все гидротехнические сооружения рассчитывают на мгновенный расчетный расход воды, который возможен в данных физико-географических условиях. Обеспеченность расхода определяют в зависимости от капитальности сооружений по результатам технико-экономических расчетов.

Выбор метода расчета максимальных расходов зависит от условий их образования: а) от снеготаяния с учетом возможной составляющей от дождей; б) дождей с учетом возможной составляющей от снеготаяния. Расчеты выполняют для максимальных мгновенных расходов.

При наличии достаточно продолжительных наблюдений максимальные расходы воды различной вероятности превышения определяют по среднему максимальному расходу воды, коэффициентам вариации и асимметрии. В расчетах используют аппарат статистического метода по аналогии с расчетами нормы годового стока. Данные гидрометрических наблюдений являются достаточными, если нет пропусков в наблюдениях за годы с выдающимися, редкими максимумами, а частота наблюдений обеспечивает регистрацию наибольшего уровня за период половодья. Продолжительность периода наблюдений в зависимости от физико-географических зон составляет для лесной зоны 25 лет, а для полупустынной - 50 лет. При установлении расчетных максимальных расходов воды необходимо использовать также данные о наивысших исторических уровнях воды изучаемой реки. Кривые обеспеченности строят отдельно для максимальных

расходов талых вод, дождевых паводков и соответствующих им слоев стока.

При недостаточности рядов наблюдений для построения кривой обеспеченности максимальных расходов выполняют приведение по графическим или аналитическим зависимостям. Реку-аналог выбирают, исходя из однородности физико-географических условий формирования максимальных расходов и примерного равенства площадей водосбора.

В случае отсутствия гидрометрических наблюдений или недостаточности рядов наблюдений их приводят к многолетнему периоду. Значения максимальных расходов различной вероятности превышения определяют по региональным эмпирическим формулам. Максимальные расходы талых вод $Q_{max p}$ равнинной территории вычисляют по формуле [8; 25]

$$Q_{max p} = K_A \mu_p \mu K_{03} K_n K_B F / (F + F_1)^{n_1}, \quad (54)$$

где K_A - коэффициент дружности половодья, определяемый по рекам-аналогам; μ - коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов; h_p - расчетный слой суммарного весеннего стока ежегодной вероятности превышения; K_{03}, K_n, K_B - коэффициенты снижения максимального расхода озерами, лесами и болотами; F, F_1 - расчетная и дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукции; n_1 - показатель степени редукции.

Максимальные расходы дождевых паводков в зависимости от площади водосбора и физико-географических условий (зоны) определяют:

а) по эмпирической редукционной формуле [8; 25]

$$Q_{max p} = M_{200} \lambda_p K_{03} K_3 K_B F (200/F)^{n_2}, \quad (55)$$

б) по формуле предельной интенсивности стока [8; 25]

$$Q_{max p} = M_{1\%} \alpha_c P_{1\%} K_{03} \lambda_p F, \quad (56)$$

где M_{200} - модуль максимального расхода воды 1% обеспеченности, приведенный к площади водосбора 200 км²; λ_p - коэффициент перехода к другим обеспеченностям; n_2 - показатель степени редукции; K_3 - коэффициент, учитывающий изменение модуля максимального расхода с увеличением средней высоты водосбора; $M_{1\%}$ - максимальный модуль стока 1% обеспеченности; $P_{1\%}$ - суточный слой осадков 1%

обеспеченности, определяемый в зависимости от геоморфологической характеристики русла, продолжительности склонового добега и района; α_c - сборный коэффициент паводного стока, определяемый в зависимости от физико-географических условий формирования стока.

Основные параметры гидрографа половодья: объем, максимальный расход, общая продолжительность и продолжительность подъема и его очертания. Расчетные гидрографы строят по модели наблюдаемых гидрографов, схематизации геометрических фигур и уравнениям, а также по ходу водоотдачи и графику распределения единичных площадей.

Расчетные наивысшие уровни воды рек в створе поста определяют по эмпирической кривой обеспеченности ежегодных высших мгновенных или срочных уровней воды за весь период наблюдений. Расчетные значения наивысших уровней от створа поста с длительным рядом наблюдений к другим створам в пределах участка одной реки переносят по кривым расхода $Q = f(H)$ (рис. 12), кривым связи соответственных уровней воды и уклону водной поверхности. Способы переноса уровней выбирают в зависимости от протяженности участка, его проточности, уклонов водной поверхности и морфометрии русла. Расчетные наивысшие уровни воды рек для свободного состояния русла в случае недостаточности гидрометрических данных определяют по соответственным значениям равнообеспеченных максимальных расходов и кривой расходов $Q = f(H)$. Кривую расходов воды при отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений строят по гидравлическим и морфометрическим характеристикам русла реки в расчетном створе.

Расчетные минимальные расходы воды рек находят для зимнего и летнего и осеннего сезонов. За зимний период принимают время от

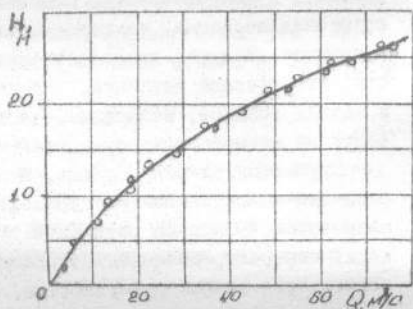


Рис. 12. Кривая расходов $Q = f(H)$

начала проявления ледовых явлений до начала весеннего половодья. Летне-осенним является период от конца весеннего половодья до начала ледовых явлений на реках. Основными расчетными характеристиками являются минимальный среднесуточный расход, минимальный среднемесячный расход за календарный месяц или за 30 дней с наименьшим стоком. При наличии гидрометрических наблюдений минимальные расходы воды расчетной обеспеченности определяют, используя статистические методы. При недостаточном ряде наблюдений параметры кривой обеспеченности минимального стока приводят к многолетнему периоду по рекам-аналогам. Определение минимальных средних месячных расходов воды выполняют по картам изолиний минимального стока 80% обеспеченности, эмпирическим региональным зависимостям расходов воды от площади бассейна реки и интерполяцией между пунктами наблюдений за минимальными расходами воды.

4.6. Метеорологические изыскания

Метеорологические изыскания выполняются с целью выяснения различных физико-метеорологических процессов и явлений, происходящих в атмосфере и деятельном слое почво-грунтов, на проектные и жилищно-эксплуатационные характеристики сооружений, на их надежность и долговечность. Основные метеорологические элементы: солнечная радиация, температура воздуха и грунтов, скорость и направление воздуха, продолжительность солнечного сияния и облачности, атмосферное давление, влажность воздуха, количество твердых и жидких осадков, испарение. Наблюдения за этими характеристиками ведут на метеорологических станциях.

Лучистая энергия Солнца, состоящая из прямой и рассеянной радиации и приходящая на горизонтальную землю (земную поверхность), называется суммарной радиацией Q . На земной поверхности происходит перераспределение поступающей солнечной радиации. Часть ее поглощается земной поверхностью, а часть отражается от земли в атмосферу. Алгебраическая сумма приходных и расходных составляющих радиации называется радиационным балансом, Дж/м²·год)

$$R^+ = Q(1 - \alpha) - E, \quad (57)$$

где $Q(1 - \alpha) = B_x$ - поглощенная коротковолновая радиация;
 α - альbedo - отражательная способность земной поверхности;
 E - эффективное излучение земной поверхности.

Суммарную радиацию измеряют термоэлектрическим пиранометром, радиационный баланс - термоэлектрическим балансометром 6 раз в сутки. Радиационный баланс деятельной поверхности определяет значение и знак потоков теплоты в воздух и почву, испарения и конденсации, а следовательно, термический режим воздуха.

Температуру воздуха характеризуют на основе показаний термометров, помещенных с целью защиты от солнечной радиации в психрометрической будке на высоте 2 м от поверхности земли. Суточный ход температуры воздуха характеризуется по данным термографов. Результаты измерений обобщают в виде таблиц средних месячных и годовых температур воздуха, средний и абсолютный минимум и максимум температур, суммы средних суточных температур воздуха ниже -15° , -10° , -5° , 0° и выше $0,5^{\circ}$, 10° и 15° $^{\circ}\text{C}$, даты первого и последнего заморозков и продолжительность безморозного периода и др.

Атмосферное давление - это сила гидростатического давления воздуха, равномерно действующего на единицу площади (Па - паскаль). Его измеряют ртутным столбом (барометром), анероидами, термобарометрами и барографами.

Влажность воздуха характеризуется упругостью водяного пара, относительной влажностью воздуха и недостатком насыщения воздуха водяным паром.

Упругость водяного пара e - парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе. Абсолютная влажность воздуха α - это масса водяного пара, содержащаяся в единице объема воздуха [35], мм

$$\alpha = 1,06e / (1 - \alpha t), \quad (58)$$

где e - упругость водяного пара, мм, t - температура воздуха; α - коэффициент расширения воздуха при абсолютном давлении.

Относительная влажность r - отношение упругости пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщенного пара при данной температуре

$$r = (e/E) \cdot 100\%, \quad (59)$$

где E - максимально возможная упругость водяного пара при данной температуре.

Дефицит влажности воздуха d - разность между упругостью пара E , насыщающего пространство при данной температуре, и упру-

гостью фактически содержащегося в воздухе пара e на данном уровне

$$d = E - e. \quad (60)$$

Атмосферные осадки характеризуются количеством, продолжительностью и видом (снег, дождь или смешанные атмосферные осадки). Величины осадков измеряют осадкомерами, установленными на высоте 2 м над поверхностью земли, и пиввиографами, которые регистрируют количество, продолжительность и интенсивность дождя. Результаты измерений осадков обобщают в виде таблиц средних месячных и годовых значений, наибольших и наименьших месячных и годовых осадков различной обеспеченности, суточных максимумов осадков различной обеспеченности, максимальной интенсивности осадков, числа дней с осадками различной обеспеченности и др. Снежный покров характеризуется по результатам наблюдений по рейке, установленной на защищенных от ветра участках, и материалами снегосъемок. Материалы наблюдений обобщаются в виде таблиц средней декадной высоты снежного покрова, запасов воды, высоты и плотности снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады, дат образования и разрушения устойчивого покрова различной обеспеченности, наибольших декадных высот снежного покрова различной обеспеченности и др.

Ветровой режим характеризуется направлением и скоростью ветра. Скорость ветра — вектор, горизонтальная составляющая которого значительно больше вертикальной. При наблюдениях скорость ветра характеризуют ее горизонтальную составляющую (м/с, км/ч). Направление ветра определяют географическим азимутом или румбом (откуда он дует — 16 румбов). Скорость и направление ветра измеряют на высоте 10...12 м флюгерами, анеморумбографами, а скорости — только анемометрами. Скорость ветра характеризуют в баллах по шкале Бофорта (от 0 до 12 баллов).

Обработанные результаты наблюдений над скоростью и направлением ветра изображают в виде розы ветров (рис. 13), которую строят в такой последовательности. Наблюдения над ветром группируют по 8 или 16 румбам и определяют процент повторяемости каждого направления ветра. Затем распределяют наблюдения по группам и скоростям. Выбрав масштаб для процента повторяемости ветра, из центра описывают окружность, радиус которой равен проценту повторяемости штилей. Из этого круга последовательно откладывают проценты повторяемости ветров различной скорости. Затем соединяют прямыми точки с одинаковыми

скоростями и получают розу ветров. Для наглядности площади с одинаковыми скоростями покрывают различной штриховкой или красками.

Часть атмосферных осадков, поступающих к земной поверхности, в процессе теплообмена превращается в парообразное состояние, т.е. испаряется. Для измерения испарения применяют гидравлические и весовые испарители. Чтобы изучить динамику испарения во взаимосвязи с грунтовыми водами применяют лизимитры, т.е. устройства, в которые заключают элементарный участок зоны аэрации в натуральном масштабе по глубине и с моделью водосного слоя. Для определения испарения широко применяют расчетные зависимости, основанные на решении уравнений теплового и водного балансов, турбулентной диффузии, а также эмпирические зависимости от ряда метеорологических параметров.

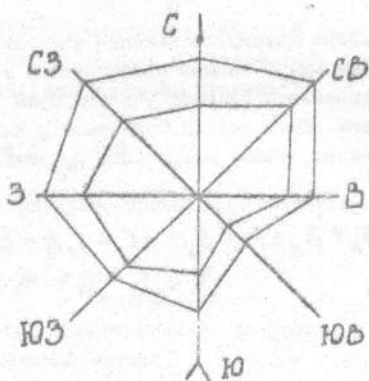


Рис. 13. Роза ветров

Контрольные вопросы и задачи для самопроверки

1. Источники гидролого-климатической информации.
2. Охарактеризуйте гидрографию местности заданного района строительства на карте масштаба 1:10000.
3. Состав и содержание гидрометрических работ.
4. Основные гидрологические характеристики и методы их определения.
5. Содержание метеорологических изысканий.
6. В результате анализа гидролого-климатических карт охарактеризуйте природные условия района строительства.

5.1. Теплоэнергетические ресурсы климата и процесса теплообмена

Согласно закону сохранения энергии применительно к процессу теплообмена между земной поверхностью и атмосферой уравнение теплоэнергетического баланса участка суши в соответствии со схемой теплообмена (рис. 14) (В.С.Мезенцев, И.В.Карнацевич и др., 1975; Г.В.Белоненко, 1965) может быть представлено в следующем виде [4; 14]:

$$B_{\kappa} + B_A + P^+ + B_1 + LC \pm \ell, h = LZ + B_0 + P^- \pm \ell, h_0 + B_2, \quad (61)$$

где B_{κ} , B_0 , B_A - соответственно поглощенная радиация, длинноволновое излучение земной поверхности и поглощенная ею часть протизоизлучения атмосферы; P^+ , P^- - соответственно турбулентный теплообмен, направленный к деятельной поверхности и в атмосферу; B_1 , B_2 - теплообмен в деятельном слое почвогрунтов, имеющий двух-

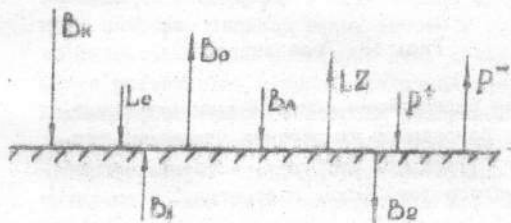


Рис. 14. Схема теплообмена

значный суточный и годовой ход; LC - теплота, выделяемая при конденсации водяных паров; LZ - затраты теплоты на процесс суммарного испарения; L - скрытая теплота парообразования; ℓ, h - выделение или затраты теплоты в связи с замерзанием почвенной влаги или ее оттаиванием; ℓ, h_0 - затраты теплоты на таяние снега в весенний период.

С учетом, что $(\ell, h_0 \pm \ell, h) = \pm$ и $(B_0 - B_A) = E_{\text{эф}}$, а также различного порядка входящих в него величин теплотопотоков, уравнение (61) можно представить в виде

$$B_{\kappa} + P^+ + B_1 - B_2 = LZ + E_{\text{эф}} + P^- \pm. \quad (62)$$

В левой части уравнения (62) представлены сумма теплоточков, характеризующая теплоэнергетические ресурсы климата

$$LZ_k = B_k + P^+ + B_1 - B_2, \quad (63)$$

где Z_k - водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов климата.

Аналитическое выражение закона сохранения и превращения энергии применительно к теплоэнергетическим ресурсам климата

$$LZ_k = LZ + E_{\text{эф}} - P^- + t. \quad (64)$$

Величина теплоэнергетических ресурсов процесса суммарного испарения

$$LZ_m = R^+ + P^+ + B_1 - B_2 + t, \quad (65)$$

где Z_m - водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов суммарного испарения; R^+ - радиационный баланс.

Баланс приходных и расходных статей теплоэнергетических ресурсов процесса суммарного испарения выражается равенством

$$LZ_m = LZ + E_{\text{эф}} - P^- - LC, \quad (66)$$

где $(E_{\text{эф}} + P^- - LC) = T$ - затраты теплоэнергетических ресурсов на суммарный теплообмен.

Тогда уравнение теплоэнергетического баланса процесса суммарного испарения в общем виде

$$LZ_m = LZ + T. \quad (67)$$

В уравнении теплоэнергетического баланса (67) суммарное испарение и теплообмен характеризуются теоретическими пределами (табл. 15)

$$0 \leq Z \leq Z_m, \quad 0 \leq T \leq LZ_m.$$

Таблица 14

Радиационный баланс земной поверхности [9], МДж/м². год

Элемент баланса	Океан	Суша	Земля
Суммарная радиация	5945	5945	5945
Поглощенная радиация	5498	4166	5108
Эффективное излучение	1637	2110	1509
Радиационный баланс	3923	2467	3509

Теплоэнергетический баланс земной поверхности [9], МДж/(м²·год)

Элемент баланса	Океан	Суша	Земля
Теплоэнергетические ресурсы	3810	2763	3509
Затраты теплоты на процесс испарения	3517	1976	3069
Затраты теплоты на суммарный теплообмен	293	767	440

На территории Украины поглощенная радиация в среднем за год составляет 3100...3200 МДж/м² в северных и северо-восточных районах, 4200...4300 МДж/м² на южном берегу Крыма /рис. 15/ [35].

Большую часть теплоэнергетических ресурсов подстилающая поверхность получает в весенне-летний период, когда месячные значения превышают 350,0 МДж/м², достигая в ряде случаев 600 МДж/м². Зимой месячные значения поглощенной радиации не превышают 100 МДж/м², что является результатом небольших высот солнца и продолжительности дня. Летом при безоблачной погоде суточные суммы поглощенной радиации могут достигать 25 МДж/м². На территории Украины средние многолетние годовые значения радиационного баланса изменяются от 1700 МДж/м² на северо-востоке республики до 2600 МДж/м² на западном побережье Крымского полуострова (рис. 16) [35]. Зимой радиационный баланс в северной части республики бывает отрицательным, что является результатом устойчивого снежного покрова, характеризующегося высокими отражательными и излучательными свойствами. Наибольших значений радиационный баланс достигает летом, когда его месячные суммы на юге республики могут достичь 420 МДж/м², а суточные суммы в отдельные дни превышают 20 МДж/м². Радиационный баланс имеет четко выраженный годовой и суточный ход. В годовом ходе переход через ноль происходит в декабре-январе и феврале-марте. Величина суточного хода радиационного баланса зависит от сезона года. Летом переход через ноль происходит после восхода солнца и перед его заходом. В отдельные годы радиационный режим может значительно отличаться от среднего многолетнего.

Внутригодовое распределение приходных и расходных статей теплоэнергетических ресурсов процесса теплообмена очень неравномерно (табл. 16) и максимумы в летние месяцы могут более чем в 5 раз превышать минимальные значения в осенне-весенний период.

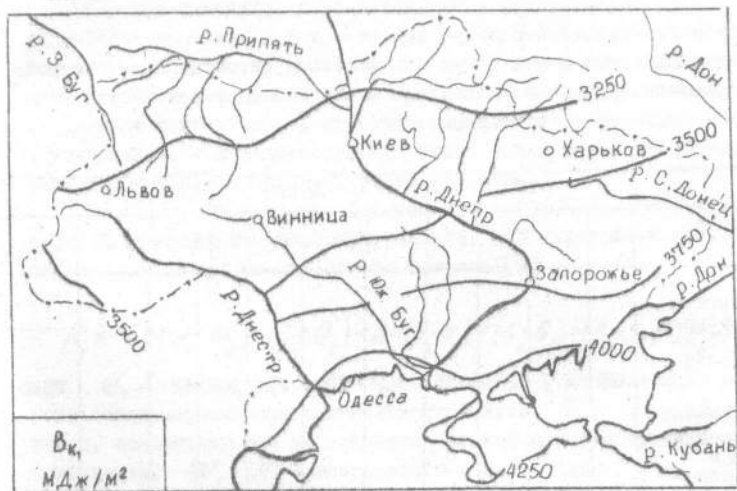


Рис. 15. Годовые значения поглощенной радиации, МДж/м²



Рис. 16. Годовые значения радиационного баланса, МДж/м²

Таблица 16

Баланс приходных и расходных статей теплоэнергетических ресурсов процесса суммарного испарения в средний многолетний год в Виннице, МДж/м²

Элемент баланса	Месяц										Год
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII-I	
Теплоэнергетические ресурсы процесса суммарного испарения	56	177	289	355	359	327	224	107	42	89	2025
Затраты теплоэнергетических ресурсов на процесс испарения	45	151	225	242	218	185	123	62	28	64	1343
Затраты теплоты на суммарный теплообмен	11	26	64	113	141	142	401	45	14	25	682

Теплоэнергетические ресурсы, поступающие к земной поверхности и преобразуемые на ней в тепловую энергию, обуславливают фазовые превращения воды, биологические и химические процессы. Данные табл. 14-16 и рис. 15-16 свидетельствуют, что структура и пространственно-временные распределения элементов теплоэнергетического баланса подвержены значительному изменению. Результаты численного моделирования позволяют установить изменения теплоэнергетических ресурсов климата и процесса тепловлагообмена, вызванные деятельностью человека. Оценка влияния антропогенных факторов позволяет прогнозировать целесообразность, возможные последствия и размеры влияния строительства народнохозяйственных объектов на компоненты природной среды.

5.2. Водный баланс природных объектов

Количественный учет водных ресурсов природных объектов, выявление региональных особенностей их преобразования в процессе тепловла-

гообмена имеет большое познавательное и практическое значение при разработке проектов и эксплуатации народнохозяйственных объектов. Водный баланс участка деятельности поверхности суши является математическим выражением закона сохранения и превращения вещества в процессе влагообмена между компонентами географической оболочки и устанавливает в количественной форме связь между приходными и расходными характеристиками этого процесса.

За расчетный интервал времени для единичного участка суши от дневной поверхности до водоупора (рис. 17) влагообмен можно представить в виде уравнения водного баланса [9]

$$K_p X + C + (W_1 - W_2) + (Q_1 + Q_2) = Z + (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1), \quad (68)$$

где $K_p X$ - сумма атмосферных осадков X , исправленная на недоучет осадкомерными приборами коэффициентом K_p ; C - количество влаги, конденсирующей на элементах земной поверхности и в верхнем слое почвы; W_1, W_2 - влагозапасы в слое почвы h_p соответственно на начало и конец расчетного промежутка времени; Q_1, Q_2 -

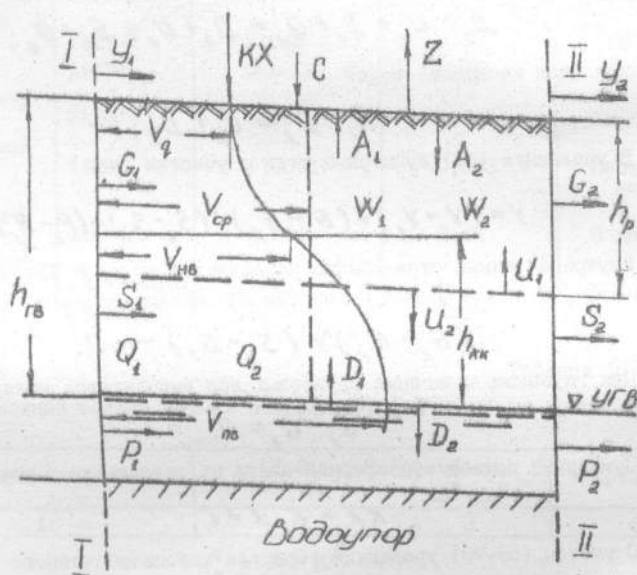


Рис. 17. Схема влагообмена

влагозапасы в слое $(h_{гв} - h_p)$ соответственно на начало и конец расчетного промежутка времени; A_1, A_2 - влагообмен между почвой и воздухом на уровне дневной поверхности; Z - суммарное испарение; Y_1, Y_2 - приток и сток поверхностных вод; G_1, G_2 - приток и сток почвенной влаги в слое h_p ; S_1, S_2 - приток и сток почвенной влаги в слое $(h_{гв} - h_p)$; P_1, P_2 - приток и сток грунтовых вод; D_1, D_2 - влагообмен между почвенным слоем аэрации и слоем насыщения грунтовой водой; U_1, U_2 - влагообмен между слоями почвы h_p и $(h_{гв} - h_p)$; $h_{гв}$ - глубина залегания грунтовых вод.

Уравнение водного баланса для дневной поверхности земли

$$K_1 X + Y_1 + A_1 + C = Z + Y_2 + A_2; \quad (69)$$

для расчетного слоя почвы h_p

$$A_2 + G_1 + W_1 + U_1 = A_1 + G_2 + W_2 + U_2; \quad (70)$$

для аэрированного слоя почв грунтов

$$D_1 + U_2 + S_1 + Q_1 = D_2 + U_1 + S_2 + Q_2; \quad (71)$$

для слоя насыщения водой

$$P_1 + D_2 = P_2 + D_1. \quad (72)$$

В уравнении (69) суммарный сток с участка суши

$$Y = (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1). \quad (73)$$

Внутрипочвенный сток обычно наблюдается редко и его значение незначительно по сравнению с другими элементами водного баланса

$$(G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) \rightarrow 0. \quad (74)$$

При глубоком залегании грунтовых вод выполняется условие

$$Q_1 - Q_2 = 0. \quad (75)$$

Суммарный приход атмосферной влаги на деятельную поверхность

$$KX = K_1 X + C. \quad (76)$$

С учетом (69-76) уравнение (63) для любого расчетного промежутка принимает вид

$$KX + W_1 - W_2 = Z + Y, \quad (77)$$

где $(KX + W_1 - W_2) = H$ - суммарное увлажнение.

В уравнении водного баланса (табл. 17 и 18) суммарный сток и суммарное испарение характеризуются теоретическими пределами:

$$0 \leq Y \leq H \quad Z \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad H \rightarrow 0, \quad Z \rightarrow Z_m \quad \text{при} \quad H \rightarrow \infty.$$

Таблица 17

Мировые запасы воды и период их возобновления [8]

Виды воды	Объем, км ³	Доля от мировых запасов, %		Период возобнов- ления
		от общих запасов	от запасов пресных вод	
Мировой океан	1338 · 10 ⁶	96,5	-	2500 лет
Подземные воды	234 · 10 ⁵	1,7	-	1400 лет
Почвенная влага	16500	0,001	0,05	1 год
Ледники и веч- ные снега	24064120	1,74	68,7	9700 лет
Подземные льды	300000	0,022	0,86	1000 лет
Запасы воды в озерах	176400	0,013	-	17 лет
Воды болот	11470	0,0008	0,03	5 лет
Воды в руслах рек	2120	0,0002	0,006	16 дней
Биологическая вода	1120	0,0001	0,003	Несколько часов
Вода в атмо- сфере	12900	0,001	0,04	8 дней
Общие запасы воды	1385984610	100	-	-
Пресные воды	35029210	2,53	100	-

Таблица 18

Водный баланс земной поверхности [9]

Элемент баланса	Слой, мм/год	Объем, 10 ³ км ³	Процент
1	2	3	4
Океан ($F_0 = 361 \cdot 10^6 \text{ км}^2$)			
Осадки на океан	1270	458,0	90,7

1	2	3	4
Приток в океан	130	46,8	9,3
Испарение с океана	1400	504,8	100
Суша ($F_c = 149 \cdot 10^6 \text{ км}^2$)			
Осадки на сушу	1100	164	100
Сток с суши	314	46,8	28,5
Испарение с суши	786	117,2	71,5
Земной шар ($F_z = 510 \cdot 10^6 \text{ км}^2$)			
Осадки	1220	622	100
Испарение	1220	622	100

По запасам поверхностных вод Украина занимает второе место среди союзных республик, а по ресурсам на душу населения - одно из последних. На Украине на одного жителя приходится около 1,1 тыс. м³ воды в год, тогда как на одного жителя СССР - 20 тыс. м³ воды. Водные ресурсы по территории республики распределены очень неравномерно. В западных областях наибольшие запасы воды (2...7 тыс. м³ на одного жителя), а в южных районах приходится на одного жителя в 10...15 раз меньше воды (табл. 19).

Таблица 19

Водные ресурсы Украины (И.А. Железняк, С.С. Левковский, 1972) [33]

Область, республика	Средний годовой объем, км ³			Ресурсы местного стока на одного жи- теля, м ³
	местный сток	приток	общий сток	
1	2	3	4	5
Киевская	1,86	44,2	46,1	592
Черкасская	1,21	46,2	47,4	806
Винницкая	2,05	7,82	9,9	954

1	2	3	4	5
Хмельницкая	2,18	6,80	9,0	1340
Житомирская	2,76	0,60	3,4	1730
Тернопольская	1,63	6,15	7,0	1470
Черновицкая	1,30	8,53	9,8	1580
Кировоградская	1,12	48,8	49,9	876
Одесская	0,36	10,3	10,7	165
УССР	49,9	35,9	85,8	1060

Средняя многолетняя годовая сумма осадков на Украине составляет 609 мм, которые в основном расходуются на процесс суммарного испарения (526 мм). На формирование вод местного стока расходуется 83 мм, причем на поверхностный сток приходится 64 мм, а на подземный - 19 мм [29]. Вследствие широтного изменения климатических факторов общей закономерностью изменения элементов водного баланса является уменьшение его составляющих с севера на юг (табл. 20). В горных районах Карпат и Крыма на характер пространственно-временного распределения элементов водного баланса значительно влияет высотная поясность.

Таблица 20

Средний многолетний водный баланс на Украине
(И.А.Железняк, С.С.Левковский, 1972) [33], мм

Область, республика	Осадки	Сток			Испаре- ние
		суммар- ный	поверхно- стный	подзем- ный	
Киевская	645	64	48	16	581
Черкасская	572	58	48	10	514
Винницкая	592	77	59	18	518
Хмельницкая	673	105	74	31	599
Житомирская	682	92	76	16	590
Тернопольская	724	121	68	53	603
Черновицкая	788	160	106	54	628
Кировоградская	536	45	41	4	491
Одесская	495	11	11	0	484
УССР	609	83	64	19	526

Пространственное распределение элементов водного баланса на территории Винницкой области характеризуется явно выраженной зональностью (рис. 18–20). Средние многолетние суммы осадков (рис. 18) изменяются от 630 мм на северо-западе до 540 мм на юго-западе области. Наибольшие годовые значения суммарного испарения (540 мм) на северо-западе, а наименьшие (500 мм) на юге (рис. 19). В соответствии с характером поступления к деятельной поверхности ресурсов теплоты и влаги их преобразования в процессе тепловлагообмена доля суммарного стока изменяется от 40 до 90 мм (рис. 20). Внутри года элементы водного баланса характеризуются значительной изменчивостью (табл. 21).



Рис. 18. Средние многолетние суммы осадков, мм/год

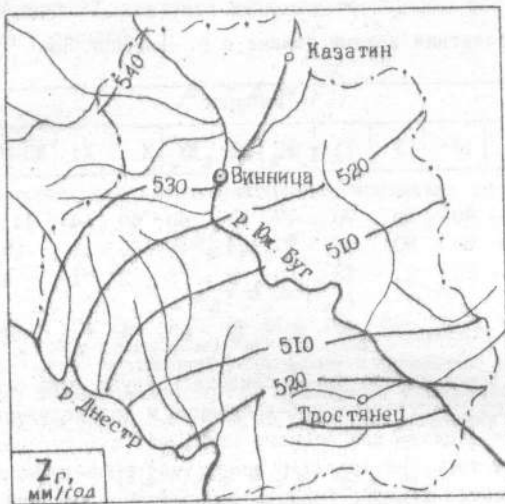


Рис. 19. Средние многолетние значения суммарного испарения, мм/год

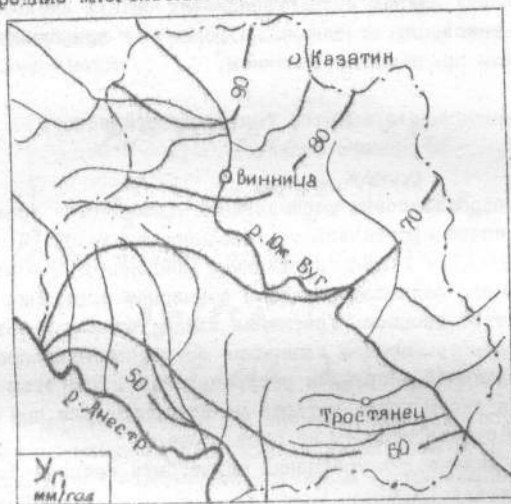


Рис. 20. Средние многолетние значения суммарного стока, мм/год

Таблица 21

Средний многолетний водный баланс в г. Винница, мм

Элементы баланса	Месяцы										Год
	Ш	Ю	У	У1	УП	УШ	1Х	Х	Х1	ХП-П	
Осадки	31	48	65	78	77	73	48	46	44	111	621
Испарение	18	60	90	96	87	74	49	25	11	25	535
Сток	5	22	21	13	8	5	3	2	1	4	86
Изменение влагозапасов	+56	-34	-46	-31	-18	-6	+4	+19	+32	+34	0

Данные табл. 17-21 и рис. 18-20 свидетельствуют, что структура водного баланса, его пространственно-временный и количественный режим различны как в целом для земного шара, так и в его отдельных регионах. Кроме того, на характер пространственно-временного распределения элементов водного баланса существенное влияние оказывает антропогенные факторы. Поэтому при гидролого-климатических инженерных изысканиях важная роль принадлежит оценке адекватности получаемых результатов, происходящим на различных природных объектах гидрологическим процессам и явлениям.

5.3. Взаимосвязь элементов теплоэнергетического и водного балансов

В практике водобалансовых исследований применяются уравнения связи элементов теплоэнергетического и водного балансов [4; 5; 14]. Это обусловлено тем, что общими расходными компонентами теплоэнергетического и водного балансов являются суммарное испарение и затраты теплоты на этот процесс. Уравнения связи устанавливают аналитическую зависимость суммарного испарения от компонентов процесса преобразования солнечной энергии и ресурсов влаги. При этом тепловые ресурсы выражаются слоем воды, которая может испариться при условии полного расхода ресурсов теплоты на этот процесс.

Все элементы балансовых уравнений могут быть представлены в относительных величинах:

а) водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов процесса суммарного испарения

$$\beta_z + \beta_T = 1; \quad (78)$$

$$\beta_z + \beta_y = \beta_H; \quad (79)$$

б) водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов климата

$$\delta_z + \beta_T = 1; \quad (80)$$

$$\delta_z + \delta_y = \delta_H; \quad (81)$$

где $\beta_z, \delta_z, \beta_y, \delta_y, \beta_H, \delta_H, \beta_T, \delta_T$ - относительные суммарные испарения, сток, суммарное увлажнение и суммарный теплообмен соответственно водным эквивалентам суммарного испарения и климата.

В дифференциальной форме балансовые уравнения имеют вид:

$$\partial \beta_z / \partial \beta_H + \partial \beta_y / \partial \beta_H = 1; \quad (82)$$

$$\partial \delta_z / \partial \delta_H + \partial \delta_y / \partial \delta_H = 1. \quad (83)$$

Интегрирование уравнений (82)-(83) в общем виде после соответствующей подстановки

$$\beta_H = \int (1 - \beta_z^n)^{(n+1)/n} d\beta_z; \quad (84)$$

$$\delta_H = \int (1 + e^{an} \delta_z^n)^{n/(n+1)} d\delta_z \quad (85)$$

позволяет получить частные уравнения связи [4; 9]:

$$\beta_z = (1 + \beta_H^{-n})^{-1/n}, \quad (86)$$

$$\delta_z = \delta_H (1 + e^{an} \delta_H^n)^{-1/n}, \quad (87)$$

где n - параметр, числовые значения которого обуславливаются соотношением суммарного испарения и увлажнения в оптимальных условиях и физико-географическими условиями формирования стока с деятельной поверхностью; a - параметр, характеризующий возможный верхний относительный предел затрат теплоэнергетических ресурсов климата на процесс суммарного испарения.

Возможные значения параметра n находятся в пределах 1,0...3,0, а параметра δ - 0...0,3.

Существует определенная взаимосвязь балансовых элементов с водно-физическими свойствами и влажностью почвы, которая в зависимости от выбранной агрогидрологической константы в дифференциальной формуле аппроксимируется уравнениями:

а) при выражении влажности почвы в долях наименьшей влажности [9]

$$d\beta_z = r V^{r-1} (1 - \beta_z^n)^{(n+1)/n} dV; \quad (88)$$

б) при выражении влажности почвы в долях полной влагоемкости [4]

$$d\delta_z = 1/c V^{1/c-1} (1 + e^{an} V^{n/c})^{n/(n+1)} dV; \quad (89)$$

где r, c - параметры, характеризующие водно-физические свойства почв.

В результате интегрирования уравнений (88)-(89) получают:

$$\beta_z = (1 + V^{-rn})^{-1/n}, \quad (90)$$

$$\delta_z = V^{1/c} (1 + e^{an} V^{n/c})^{-1/n}. \quad (91)$$

Уравнения связи позволяют при воднобалансовых исследованиях, особенно слабо изученных регионов, определять значения суммарного испарения, стока и влажности почвы за любые расчетные интервалы. Задача включает сбор и подготовку исходных репрезентативных данных, характеризующих атмосферные осадки, условия формирования стока, теплоэнергетические ресурсы и водно-физические свойства почв.

Результаты численного и картографического моделирования характера пространственного распределения средних многолетних относительных величин балансовых элементов на территории Винницкой области показаны на рис. 21-24. Значения средних многолетних значений относительного суммарного увлажнения изменяются от 0,6 на юго-западе до 0,8 на севере (рис. 21), а относительного суммарного испарения соответственно в тех же районах от 0,55 до 0,70 (рис. 22). Это свидетельствует о том, что на суммарный теплообмен расходуется 30-45% теплоэнергетических ресурсов. Средняя многолетняя годовая влажность почвы составляет 70-90% наименьшей влажности (рис. 23). На сток

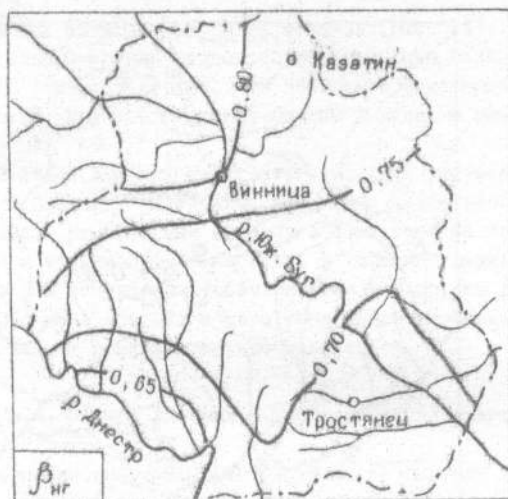


Рис. 21. Средние многолетние значения относительного суммарного увлажнения



Рис. 22. Средние многолетние значения относительного суммарного испарения



Рис. 23. Средняя многолетняя годовая влажность почвы в долях наименьшей влагоемкости



Рис. 24. Средний многолетний коэффициент годового стока

в средний год расходуется 7–15% осадков (рис. 24). Характер внутри-годового распределения относительных значений балансовых элементов (табл. 22) свидетельствует, что наиболее увлажнена деятельность поверхностей грунтов в осенне-зимний период, а меньше всего – летом.

Вследствие высоких теплоэнергетических ресурсов в летне-осенний период при незначительном увлажнении деятельной поверхности, большая часть атмосферных осадков расходуется на процесс суммарного испарения и только 3–10% – на сток. В весенний период на сток расходуется до 50% атмосферных осадков, так как грунты в достаточной степени насыщены влагой, а доля теплоэнергетических ресурсов, поступающих к земной поверхности, небольшая.

Б.4. Оценка оптимальных условий тепловлагообеспеченности

Разрушение природных систем жизнеобеспечения происходит в результате непомерного техногенного воздействия на природу, неумеренных запросов общества к природным ресурсам и их чрезмерной эксплуатации. Опасные процессы, вызванные антропогенной деятельностью, охватывают все геосистемы и геосферы. Наиболее сложным из опасных природно-антропогенных процессов является изменение климата. Ряд признаков свидетельствует [6] о начавшемся процессе потепления, сопровождающимся экстремальными отклонениями и общей дестабилизацией, изменении газовой структуры атмосферы, истощению озонового слоя и выпадению кислотных осадков. Нарушается круговорот воды. Происходит количественное истощение и качественное ухудшение водных ресурсов. В результате продолжающегося массового обезлесивания усиливаются эрозия и падение естественного плодородия почв, расширяется опустынивание. Усиливаются стихийные бедствия, вызванные нерациональным природоиспользованием. С наибольшей силой этому подвержены районы экстремальных природных условий и хрупких экосистем – аридные и засушливые территории, горные районы и местность вечной мерзлоты.

Естественная тепловлагообеспеченность деятельной поверхности характеризует комплекс природных производительных сил. Существует ряд методов количественной оценки тепловлагообеспеченности земной поверхности, позволяющих охарактеризовать характер взаимоотношения ресурсов теплоты и влаги, как с помощью материалов непосредственных многолетних наблюдений за элементами теплоэнергетического и водного балансов, так и с помощью относительных показателей. В качестве от-

Таблица 22

Средние многолетние значения относительных балансовых элементов по г. Винница

Показатель	Месяцы											В год
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII-I		
Относительное суммарное увлажнение	1,05	1,18	0,96	0,77	0,66	0,61	0,59	0,52	0,73	0,83	0,80	
Относительное суммарное испарение	0,81	0,85	0,78	0,68	0,61	0,57	0,55	0,58	0,66	0,71	0,68	
Коэффициент стока	0,17	0,48	0,33	0,17	0,10	0,07	0,06	0,04	0,03	0,04	0,14	
Влажность почвы в долях наименьшей влажности	1,03	1,12	0,98	0,84	0,76	0,72	0,70	0,73	0,61	0,68	0,86	

носительных показателей использовались: коэффициент увлажнения, характеризующий отношение суммы атмосферных осадков к функции дефицита влажности воздуха; гидротермический коэффициент - отношение осадков и функции температуры воздуха; индекс сухости климата - отношение радиационного баланса к сумме осадков. Общий недостаток этих показателей - недоучет внутригодового перераспределения ресурсов влаги в активном слое деятельной поверхности, в особенности за внутригодовые периоды.

В качестве показателя уровня оптимальности увлажнения за любой интервал времени рекомендуется принимать [14] величину оптимального запаса влаги в расчетном слое почвы W_0 . Верхним критерием оптимума увлажнения деятельного слоя почвы, при котором создаются наилучшие условия для развития фитоценозов, является наименьшая влагоемкость W_{NB} , а нижшим - влажность разрыва капиллярных связей, W_{PK} . Отклонения увлажненности от ее оптимума приводят к ухудшению условий жизнедеятельности или даже к гибели фитоценозов.

При полной соразмерности теплоэнергетических ресурсов и влагозапасов справедливы равенства [4; 9]:

$$KX + W_1 - W_2 = V_0^{\mu} Z_m; \quad (92)$$

$$KX + W_1 - W_2 = V_0^{\mu/c} e^{-\sigma} Z_k; \quad (93)$$

где $V_0 = W_0 / W_{NB}$ - значение оптимального заноса влаги в расчетном слое почвы, отнесенная к наименьшей влагоемкости.

В случаях, когда наблюдается дебаланс между теплотой и влагой, дефициты суммарного увлажнения за любой отрезок времени для различного уровня оптимальности увлажнения [4; 9]:

$$\Delta H_{V_0} = KX + W_1 - W_2 - V_0^{\mu} Z_m; \quad (94)$$

$$\Delta H_{V_0} = KX + W_1 - W_2 - V_0^{\mu/c} e^{-\sigma} Z_k. \quad (95)$$

При оптимальном соотношении теплоэнергетических и водных ресурсов суммарное испарение также стремится к оптимальному значению. Относительное оптимальное испарение [4; 9]:

$$\beta_{z_0} = (1 + V_0^{-\mu/c})^{-1/n}; \quad (96)$$

$$\delta_{z_0} = e^{-\sigma} (1 - V_0^{-\mu/c})^{-1/n}. \quad (97)$$

Дефициты суммарного испарения за расчетный период в естественных условиях теплообмена составляют [4; 9]:

$$\Delta Z = Z - Z_m (1 + V_o^{-rn})^{-1/n}, \quad (98)$$

$$\Delta Z = Z - Z_k e^{-a} (1 + V_o^{-rc/c})^{-1/n}, \quad (99)$$

Дефицит суммарного испарения в условиях недостаточного увлажнения характеризует неиспользуемые на процесс испарения теплоэнергетические ресурсы. Эти теплоресурсы перерасходуются на турбулентный теплообмен и нагревание почвы. В условиях избыточного увлажнения значения дефицитов суммарного испарения указывают на перерасход ресурсов теплоты на испарение, обусловливая недостаточный турбулентный теплообмен и объем в почве.

Народнохозяйственные объекты проектируются с учетом динамики увлажненности в годы заданной теплооблагообеспеченности. Дефициты суммарного увлажнения в годы заданной $P\%$ -обеспеченности

$$\Delta H_{P\%} = \Delta \bar{H} (1 + C_v \Phi_{P\%}), \quad (100)$$

где $\Delta \bar{H}$ - среднее многолетнее значение дефицита суммарного увлажнения; C_v - коэффициент вариации дефицитов суммарного увлажнения; $\Phi_{P\%}$ - нормированное отклонение с учетом, что многолетние колебания модульных коэффициентов дефицитов суммарного увлажнения обобщаются интегральной кривой нормального распределения вероятностей Гаусса.

Значения коэффициентов вариации получают путем статистической обработки дефицитов суммарного увлажнения за достаточно длинный ряд конкретных лет, а при отсутствии таких данных - по эмпирической зависимости

$$C_{v\Delta H} = A V_{oi}^m / \Delta \bar{H} V_{oi}, \quad (101)$$

где A - параметр, числовые значения которого изменяются в пределах 75...100 в зависимости от физико-географических условий формирования дефицитов суммарного увлажнения; V_{oi} - требуемый оптимальный уровень увлажнения (0,8...1,0); $\Delta \bar{H} V_{oi}$ - средние многолетние дефициты суммарного увлажнения за расчетный период при заданном уровне оптимальности (рис. 25).



Рис. 25. Средние многолетние летние дефициты суммарного увлажнения, мм

Основной источник теплоэнергетических ресурсов климата - лучистая энергия Солнца, преобразуемая земной поверхностью в тепловую и обуславливающая фазовые превращения воды, биологические и химические процессы. Климат нашей планеты в целом и отдельных ее континентов характеризуется относительной стабильностью. В соответствии с гипотезой Е.С.Мезенцева [9] на Земле сложилась полная соразмерность ресурсов теплоты и влаги, которая в соответствии с математической интерпретацией процесса теплообмена характеризуется равенством осадков водному эквиваленту теплоэнергетических ресурсов процесса суммарного испарения $KX_p = Z_{mr} = 1100$ мм/год, т.е. $KX_p / Z_{mr} = 1$. Вследствие того, что теплоэнергетические ресурсы климата больше теплоэнергетических процесса суммарного испарения, справедливо условие при оптимальной тепло-влажнообеспеченности:

$$H_o / Z_{ko} = Z_{mo} / Z_{ko} \neq 1. \quad (102)$$

При оптимальных условиях увлажнения

$$H_o = Z_o + Y_o; \quad (103)$$

$$H_o / Z_{m_o} = Z_o / Z_{m_o} + Y_o / Z_{m_o} = 1; \quad (104)$$

$$H_o / Z_{k_o} = Z_o / Z_{k_o} + Y_o / Z_{k_o} = \alpha_o; \quad (105)$$

$$\delta_{H_o} = \beta_{H_o} - (1 - \alpha_o). \quad (106)$$

Из уравнений (104)–(106) следует, что так как $H_o = Z_{m_o} = Z_o + Y_o$, то:

$$(Z_o + Y_o) / Z_{k_o} = H_o / Z_{k_o} = Z_{m_o} / Z_{k_o}; \quad (107)$$

$$\delta_{Z_o} + \delta_{Y_o} = \delta_{H_o} = Z_{m_o} / Z_{k_o} = \alpha_o; \quad (108)$$

$$\beta_{H_o} = 1 / \delta_{H_o} - \delta_{H_o} = 1; \quad (109)$$

$$\delta_{H_o}^2 + \delta_{H_o} = 1. \quad (110)$$

Уравнение (110) имеет два корня: $(\sqrt{5}-1)/2$ и $(-\sqrt{5}-1)/2$. Положительный корень этого уравнения является величиной обратной "золотой пропорции" $1/x = 0,618$ при $x = 1,618$.

Результаты анализа свидетельствуют, что в природе существует полная гармония как соразмерность частей целого и единого, слияние различных компонентов преобразования теплоэнергетических и водных ресурсов в единое органическое целое. Так как в гармонии получает внешнее проявление внутренняя упорядоченность, то доля теплоэнергетических ресурсов климата, затрачиваемых на процесс теплообмена в оптимальных условиях, также характеризуется "золотой пропорцией".

На основании алгоритмической теории измерений "золотая пропорция" [30]:

$$x = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n)}{\varphi_p(n-1)}. \quad (111)$$

Подставив вместо $\varphi_p(n)$ его значение, задаваемое в рекуррентной формуле

$$\varphi_p(n) = \varphi_p(n-1) + \varphi_p(n-2), \quad (112)$$

получим зависимость [30]

$$x = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n-1) + \varphi_p(n-p-1)}{\varphi_p(n-1)} = 1 + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n-p-1)}{\varphi_p(n-1)}, \quad (113)$$

где φ_n - значение числа ряда Фибоначчи, p - параметр, определяющий закон связи каждого последующего числа ряда с предыдущим.

Соотношение между теплоэнергетическими ресурсами климата и суммарным увлажнением при оптимальных условиях теплоэнергообеспеченности:

$$1/d_0 = \frac{Z_{K_0}}{H_0} = \frac{Z_{K_0}}{Z_{M_0}} = 1 + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n-p-1)}{\varphi_p(n-1)}. \quad (114)$$

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют, что значения $1/d_0 = 1,618$ при $p = 1$.

Анализ пространственно-временного распределения показателей увлажненности (табл. 23, 24 и рис. 25) свидетельствует, что даже в сравнительно однородных физико-географических условиях Винницкой области в результате взаимодействия теплоэнергетических и водных ресурсов имеются значительные отклонения естественных условий увлажненности от оптимальных. Количественные и качественные значения этих диспропорций позволяют дать достоверную характеристику условий формирования специфических компонентов ландшафта и наметить рациональные пути их преобразования с целью оптимизации.

Таблица 23

Средние многолетние дефициты суммарного увлажнения
в Виннице, мм

Оптималь- ный уро- вень увлаж- нения	Месяцы						В год
	IX	X	XI	II	III	IX	
$V_0 = 1,0$	23	50	63	66	57	41	186
$V_0 = 0,9$	12	33	43	45	38	28	68
$V_0 = 0,8$	3	17	23	25	20	16	+44

Дефициты суммарного увлажнения и испарения в Биннице
за май-август в годы различной обеспеченности при $V_0 = 1$, мм

Дефицит	Р% -обеспеченность				
	10	20	50	80	90
Суммарного увлажнения	245	207	136	65	27
Суммарного испарения	183	145	74	3	+35

Контрольные вопросы и задачи для самопроверки

1. Запишите уравнение теплоэнергетического баланса.
2. Запишите уравнение водного баланса.
3. Для заданного пункта определите по карте элементы теплоэнергетического и водного балансов, относительные и количественные показатели тепловлагообеспеченности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бурный научно-технический прогресс и неуклонный рост общественного самосознания по проблеме взаимодействия природы и общества требуют объединения всех усилий на предотвращение катастроф, вызванных недостаточным изучением природных условий строительства в процессе инженерных изысканий. В ходе развития производительных сил и их территориальной дифференциации влияние географической среды на общественное производство меняется во времени и от района к району.

В процессе инженерных изысканий необходимо изучить весь комплекс природных предпосылок строительства и эксплуатации инженерных сооружений и разработать прогноз изменения тех процессов, которые будут происходить в результате взаимодействия сооружений и окружаю-

щей природной обстановки. Оптимальное с природо-охранных позиций размещение проектируемых объектов должно определяться взаимосвязкой экологических показателей и характеристик, исходя из руководящего критерия - приоритета интересов ведущего природопользователя, т.е. человека. В условиях перехода экономики к использованию преимущественного интенсивных источников экономического роста особое внимание необходимо уделять возможности ресурсосбережения путем использования вторичных ресурсов.

Комплексные инженерные изыскания должны содержать современные методы исследований сложнейшей проблемы взаимодействия природы и общества, основанные на математических моделях сохранения и превращения энергии и вещества между компонентами географической оболочки с учетом антропогенных факторов. При выделении материальных средств на инженерные изыскания и их выполнении необходимо помнить, что разрушение природных систем жизнеобеспечения происходит в результате непомерного техногенного воздействия на природу, неумеренных запросов общества к природным ресурсам и их чрезмерной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов и др. Инженерные изыскания: Справочник по общестроительным работам. - М.: Стройиздат, 1975.
2. Баран П.И., Войтенко С.П., Полищук Ю.В. и др. Справочник по инженерной геодезии. - К.: Выща шк., 1978.
3. Баран П.И. и др. Съёмка и картографирование подземных инженерных сетей. - К.: Будивельник, 1966.
4. Белоненко Г.В. Воднобалансовые расчеты неизученных бассейнов малых рек. - Омск: Изд. Омского СХИ, 1985.
5. Березников К.П. Теплообмен и вопросы орошения и осушения на юге Дальнего Востока // Тр. ДВНГМИ, 1978. - Вып. 72.
6. Будыко М.И. Климат и жизнь. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971.
7. Видуев Н.Г., Полищук Ю.В. Инженерные изыскания. - К.: Выща шк., 1979.
8. Гидрологические и воднобалансовые расчеты / Под ред. Н.Г.Галущенко. - К.: Выща шк., 1987.
9. Гушля А.В., Мезенцев В.С. Воднобалансовые исследования. - К.: Выща шк., 1982.

10. Давыдов А.Д. Гидромелиоративные и гидротехнические изыска-
ния. - Омск: Изд-во Омского СХИ, 1963.
11. Железняков Г.В. Гидрометрия. - М.: Колос, 1972.
12. Климов О.Д. Основы инженерных изысканий. - М.: Недра, 1974.
13. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геоде-
зия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженер-
ных сооружений. - М.: Недра, 1983.
14. Кезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В. и др. Режимы
влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края. - М.:
Колос, 1974.
15. Инженерная геодезия /Г.В.Багратуни, В.Н.Ганьшин, Б.Д.Дани-
левич и др. - М.: Недра, 1984.
16. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000,
1:2000, 1:1000 и 1:500. - М.: Недра, 1965.
17. Мозжухин О.А. Гидрографические работы в инженерных изыска-
ниях. - М.: Недра, 1971.
18. Островский А.Л., Стацишин И.И., Терещук А.И. Изыскание
эффективных методов учета мивелирной рефракции // Геодезия, карто-
графия и аэрофотосъемка, 1986. - Вып. 53.
18. Пономарчук А.Ф., Коц И.В., Ратушняк Г.С. и др. Устройство
ударного действия. - А.С. 1372039. - Бюл. № 5, 1988.
20. Пособие по инженерным изысканиям для строительства. - М.:
Стройиздат, 1974.
21. Ратушняк Г.С. Расчеты гидролого-климатических характери-
стик в зоне западного участка Байкало-Амурской магистрали // Науч.
тр. - Омск: СХИ, 1976. - Т. 151.
22. Ратушняк Г.С., Лятоврт С.Г. Автоматизация картографирования
на основе метода цепного кодирования информации // Геодезия, карто-
графия и аэрофотосъемка. - 1990. - Вып. 52.
23. Руководство по технике безопасности на инженерно-геодези-
ческих изыскательских работах. - М.: Стройиздат, 1971.
24. Смирнов Р.А., Грыза А.А. Эффективность и качество инже-
нерных изысканий в строительстве. - К.: Будивельник, 1979.
25. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических ха-
рактеристик / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1985.
26. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. -
М.: Стройиздат, 1985.

27. СНиП П-9-78. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения / Госстрой СССР. - М. Стройиздат, 1979.
28. СНиП 1.02.01-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений / Госстрой СССР. - М., 1986.
29. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И.Стрельца. - К.: Урожай, 1987.
30. Справочник по инженерной геологии / Под ред. М.В.Чуринова. - М.: Недра, 1981.
31. Стахов А.П. Коды золотой пропорции. - М.: "Радио и связь", 1984.
32. Субботин И.Е., Мазницкий А.С. Справочник по инженерно-геодезическим изысканиям для линейного строительства. - К.: Будивельник, 1984.
33. Субботин И.Е., Мазницкий А.С. Справочник строителя по инженерной геодезии. - К.: Будивельник, 1989.
34. Технические средства автоматизации полевых процессов наземных крупномасштабных съемок // Обз. инф-ция. - М.: ЦНИИГАиК, 1983. - Вып. 75.
35. Украина и Молдавия / Под ред. И.П. Герасимова. - М.: Недра, 1972.
36. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. - Л.: Гидрометеоздат, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Задачи и программа инженерных изысканий	5
1.1. Программа и техническое задание на изыскания	5
1.2. Виды инженерных изысканий	7
2. Инженерно-геодезические изыскания	9
2.1. Состав и задачи инженерных изысканий	9
2.2. Геодезическая основа, масштаб съемки и высота сечения рельефа	10
2.3. Назначение и содержание топографических планов	14

2.4.	Крупномасштабные топографические съемки,	16
2.5.	Съемка подземных коммуникаций,	30
2.6.	Обновление топографических планов,	31
2.7.	Трассирование линейных сооружений,	33
2.8.	Автоматизация топографических съемок	34
3.	Инженерно-геологические изыскания,	44
3.1.	Состав и задачи инженерно-геологических изысканий	44
3.2.	Геофизические методы разведки,	50
3.3.	Разведочное бурение,	51
3.4.	Гидрогеологические изыскания	54
3.5.	Исследования физико-технических свойств грунтов,	60
3.6.	Поиски строительных материалов	61
4.	Инженерно-гидрометеорологические изыскания	62
4.1.	Состав и задачи инженерно-гидрометеорологических изысканий	62
4.2.	Источники гидролого-климатической информации	64
4.3.	Гидрография местности,	65
4.4.	Гидрометрические работы,	69
4.5.	Гидрологические расчеты,	76
4.6.	Метеорологические изыскания,	84
5.	Гидролого-климатические исследования,	88
5.1.	Теплоэнергетические ресурсы климата и процесса тепловлагообмена,	88
5.2.	Водный баланс природных объектов,	92
5.3.	Взаимосвязь элементов теплоэнергетического и водного балансов,	100
5.4.	Оценка оптимальных условий тепловлагообеспеченности,	106
	Заключение	112
	Список литературы	113