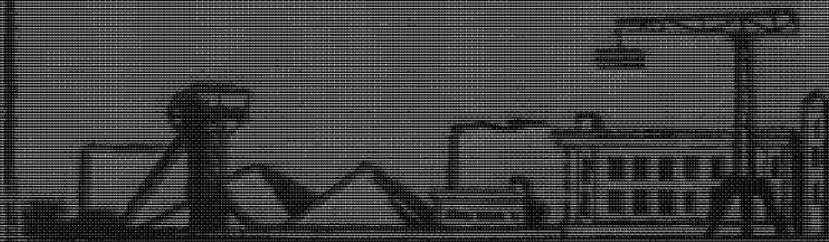


Издательство Угольщины

*Справочник*  
по инженерным  
изысканиям  
для строительства



УГЛЕТЭХИЗДАТ — 1956

Н. Н. СЕВЕРЬЯНОВ, М. С. АГАФИНОВ

СПРАВОЧНИК  
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ  
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УГЛЕТЕХИЗДАТ  
Москва 1958

## **АННОТАЦИЯ**

Справочник содержит основные теоретические и практические сведения, необходимые для производства инженерных изысканий на строительных площадках промышленных предприятий и населенных пунктов, изысканий дорог, водоводов, канализации, воздушных сетей и других объектов.

В справочнике приводятся нормативы, формулы, таблицы различных показателей, указания о точности измерений и составе изыскательских работ, общие для различных отраслей промышленности, а также отражает особенности этих работ для строительства угольных предприятий.

Справочник предназначается для инженеров и техников — изыскателей, проектировщиков и строителей, работающих в угольной и горнорудной промышленности, а также может быть использован работниками других отраслей народного хозяйства.

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокие темпы строительства во всех отраслях промышленности нашей страны требуют повышенного внимания к инженерным изысканиям, обеспечивающим исходными материалами проектирование и строительство зданий и сооружений.

Полноценность материалов изысканий достигается при соблюдении двух условий. Первым из них является выполнение нормативов, установленных для производства изыскательских работ, вторым — знание элементов технических условий на проектирование зданий и сооружений, для строительства которых выполняются изыскания.

Инженерные изыскания включают в свой комплекс методы исследования, относящиеся к разным отраслям знаний. Это обстоятельство, а также большое разнообразие зданий и сооружений объектов, размещаемых в различных по природным условиям районах, вызывают необходимость охвата в процессе изысканий обширного круга вопросов.

Издаваемый справочник имеет целью систематизировать в сжатой форме сведения об условиях проведения изысканий, нормативные данные, формулы и таблицы, используемые для расчетов, выполняемых в процессе изысканий и при полевом проектировании, указания о требуемой точности работ, их составе и объеме.

В первых пяти главах справочника рассмотрены общие сведения и основные виды работ, входящие в комплекс инженерных изысканий,— топографо-геодезические работы, трассирование линейных сооружений, гидрологические и инженерно-геологические работы.

Остальные главы содержат данные по объему, составу и характеру изыскательских работ в зависимости от вида сооружений и природных условий района, в котором намечается их возведение.

При этом учтены особенности ведения горных работ в угольной промышленности и их влияние на инженерные изыскания.

---

# ГЛАВА I

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### § 1. Задачи инженерных изысканий

Инженерные изыскания представляют собой комплекс исследований природных условий и служат для обоснования проектных решений по строительству и эксплуатации зданий и сооружений.

Задачи инженерных изысканий — получение материалов для разработки проектов, в которых устанавливаются местоположение объектов и отдельных сооружений, конструкция и размеры их элементов, определяются строительная стоимость и эксплуатационные расходы.

Инструкцией по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству (Госстрой, 1956), а также Инструкцией по составлению проектов и смет по строительству объектов горной промышленности И-107—56 установлен следующий порядок проектирования.

1. По двум стадиям: а) проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом; б) рабочие чертежи.

2. По трем стадиям: а) проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом; б) технический проект со сводной сметой; в) рабочие чертежи.

Проектирование ведется преимущественно по двум стадиям в тех случаях, когда можно широко использовать типовые проекты и типовые решения или утвержденные ранее проекты аналогичных сооружений. По трем стадиям проектируют в том случае, если такие возможности отсутствуют, а природные условия района строи-

тельства сложные или надо возвести крупные сооружения, сложные в конструктивном отношении.

В связи с обширным кругом вопросов и большим объемом представляемых материалов инженерные изыскания выполняются в определенной последовательности, установленной в соответствии со стадиями проектирования (табл. 1).

Таблица 1

Стадии проектирования	Стадии изысканий	Характер выполняемых работ
Проектное задание	Рекогносцировочные	Обследование района строительства и возможных вариантов размещения проектируемых сооружений
	Предварительные	Изыскания по вариантам, отобранным при рекогносцировочных изысканиях или камерально
Технический проект и рабочие чертежи	Окончательные	Изыскания по варианту, утвержденному в проектном задании

В ряде случаев рекогносцировочные изыскания являются не самостоятельной стадией, а элементом предварительных изысканий; в свою очередь, из состава окончательных изысканий могут выделяться «дополнительные» работы, служащие для обоснования рабочих чертежей сложных сооружений.

В состав инженерных изысканий входят: топографо-геодезические работы при съемках планов и трассировании линейных сооружений, инженерно-геологические и гидрологические работы, а также другие виды исследований природных условий района размещения проектируемых сооружений.

Многообразие объектов и сооружений, а также природных условий не позволяет дать твердые положения по составу и объему изыскательских работ. Поэтому в Справочнике приведены средние данные, которые уточняются в программах работ в зависимости от конкретных условий.

Производственный процесс в каждой стадии изысканий подразделяется на подготовительный, производственный и заключительный периоды. В подготовительный период производятся сбор и изучение материалов, организация изыскательской партии; в производственный — полевые работы, камеральные и лабораторные работы в полевых условиях; в заключительный — ликвидация полевых работ, окончательные камеральные и лабораторные работы и составление отчета. Неотъемлемой составной частью процесса изысканий является согласование примыканий проектируемых дорог и водопроводов к существующим, пересечений различных коммуникаций и сельскохозяйственных угодий, а также другие вопросы, затрагивающие интересы тех или иных организаций.

## § 2. Объекты и особенности инженерных изысканий в угольной промышленности

Основными объектами изысканий для строительства угольных предприятий и гражданского строительства при них являются:

1. Объекты изысканий на строительных площадках:

- а) промышленные предприятия (шахты, карьеры, обогатительные и брикетные фабрики, склады ВВ, электростанции, ремонтные заводы);
- б) гражданское строительство (города и поселки);
- в) отдельные сооружения (насосные станции, очистные сооружения, электроподстанции и т. д.).

2. Объекты линейных и связанных с ними сооружений:

- г) дороги (железные, автомобильные);
- д) подземные коммуникации (водопроводы, газопроводы, гидрозолопроводы, теплопроводы и т. д.);
- е) воздушные коммуникации (линии электропередачи, канатные дороги);
- ж) искусственные сооружения (мосты, путепроводы, дюкеры).

3. Объекты гидroteхнических сооружений:

- з) плотины, водохранилища, водозаборы, каналы;
- и) отстойники (хвостохранилища, гидрозолоотвалы, шламоотстойники).

По сравнению с предприятиями других отраслей народного хозяйства, предприятия угольной промышленно-

сти имеют свою специфику, влияющую на производство изысканий. Эта специфика обусловливается особенностями горного производства, а также природными условиями в районах этих предприятий. Сюда относятся на предприятиях с подземным способом добычи угля деформации сооружений под влиянием сдвижения горных пород, лежащих выше подземных разработок; при изысканиях следует выбирать соответствующие устойчивые участки под строительство линейных и других сооружений, проектируемых на территории шахтных полей или оставлять целики для охраны сооружений. Строительство многоэтажных производственных зданий из крупных блоков со значительными нагрузками на основания требует детальных исследований грунтов.

На предприятиях с открытым способом добычи деформации откосов глубоких разрезных траншей и обводненность грунтов производственных участков требуют проведения инженерно-геологических исследований по специальным программам, составленным с учетом индивидуальных особенностей объектов изысканий, а необходимость поверхностного осушения обширных площадей со сложным рельефом и рыхлыми наносами требует проведения специальных изысканий ливневого водоотвода, увязанного с технологией добычи и очередностью эксплуатации карьера.

На площадках обогатительных и брикетных фабрик обводнение грунтов строительных площадок под влиянием технологического процесса рядом расположенных ТЭЦ, а также водохранилищ и прудов-охладителей вызывает необходимость проведения инженерно-геологических исследований с целью прогноза возможных изменений режима грунтовых вод; строительство подземных бункеров с глубоким заложением оснований и производственных зданий с заглублением подвальных этажей, находящихся в зоне влияния грунтовых вод, также требует соответствующих инженерных изысканий.

Кроме перечисленных основных особенностей, имеется еще ряд других, встречающихся в практике изысканий на территориях угольных предприятий и зависящих от индивидуальных условий этих предприятий (основания под мачты канатных дорог террикоников, высокие трубы ТЭЦ и т. д.).

## ГЛАВА II

## ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### § 3. Геодезические исходные данные

В СССР принятая единая номенклатура листов топографических карт в соответствии с разграфкой листов международной одномиллионной карты, относительно которой устанавливается число листов карт других, более крупных масштабов.

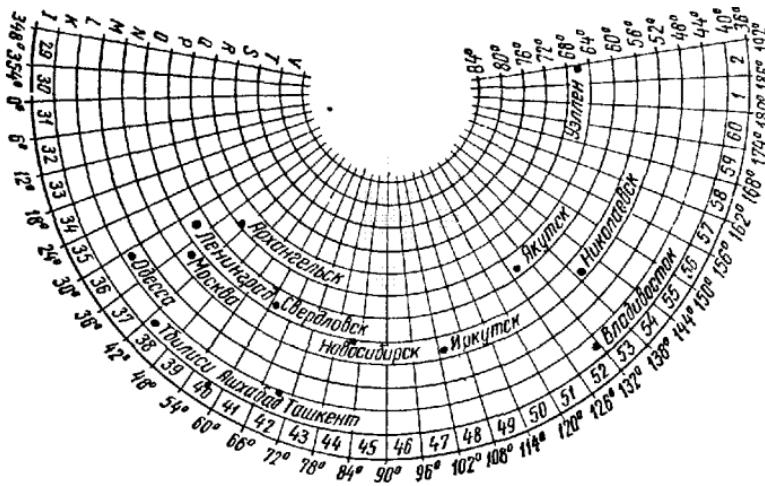


Рис. I. Международная разграфка листов карты масштаба 1 : 1 000 000

Номенклатура листа карты масштаба 1 : 1 000 000 (1 см = 10 км) состоит из двух обозначений (рис. 1): ряды по вертикали, т. е. по широте, обозначаются заглавными буквами латинского алфавита, идущими по порядку от экватора к полюсу;

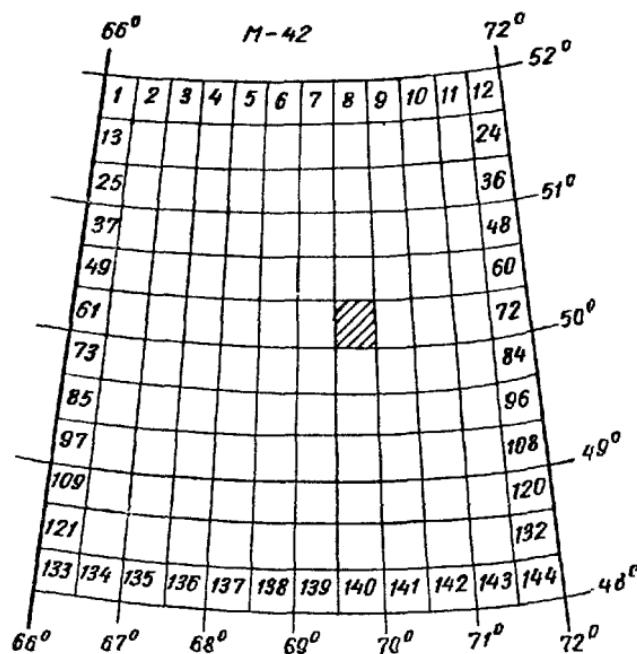


Рис. 2. Разбивка листа карты масштаба 1 : 1 000 000 на листы масштаба 1 : 100 000

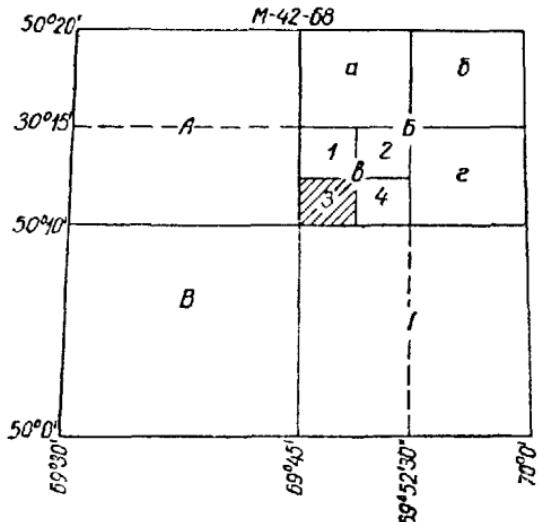


Рис. 3. Номенклатура и границы листов планов масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000 и 1 : 10 000

колонки по горизонтали, т. е. по долготе, обозначаются арабскими цифрами, идущими с запада на восток от меридиана  $180^{\circ}$  западной долготы, считая от Гринвича.

Лист карты масштаба 1 : 1 000 000 разбит параллелями через  $4^{\circ}$  по долготе и меридианами через  $6^{\circ}$  по широте на четыре трапеции, каждая из них имеет 12 рядов по вертикали и 12 колонок по горизонтали, что составляет 144 листа карт масштаба 1 : 100 000, т. е. 1 см = 1 км (рис. 2).

Лист карты масштаба 1 : 100 000 имеет размеры по рамкам: по параллели  $30'$  и меридиану  $20'$ ; трапеция масштаба 1 : 100 000 является исходной для разбивки и нумерации трапеций планов масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000 и 1 : 10 000 (рис. 3) и содержит 256 трапеций масштаба 1 : 5000 (рис. 4). Каждая трапеция масштаба 1 : 5000 разбивается на 9 трапеций масштаба 1 : 2000 (рис. 5).

В табл. 2 приведена разбивка трапеций карт и планов.

Таблица 2

Масштабы карт	Размер трапеций		Число листов карт в листе предыдущего масштаба	Пример номенклатуры
	по широте	по долготе		
1 : 1 000 000	$4^{\circ}$	$6^{\circ}$	—	M-42 (см. рис. 2)
1 : 500 000	$4^{\circ} : 2 = 2^{\circ}$	$6^{\circ} : 2 = 3^{\circ}$	4	M-42-Б
1 : 200 000	$4^{\circ} : 6 = 40'$	$6^{\circ} : 6 = 1^{\circ}$	9	M-42-XVI
1 : 100 000	$4^{\circ} : 12 = 20'$	$6^{\circ} : 12 = 30'$	4	M-42-68 (см. рис. 3)
1 : 50 000	$20' : 2 = 10'$	$30' : 2 = 15'$	4	M-42-68-Б (см. рис. 3)
1 : 25 000	$10' : 2 = 5'$	$15' : 2 = 7',5$	4	M-42-68-Б-в (см. рис. 3)
1 : 10 000	$5' : 2 = 2',5$	$7',5 : 2 = 3'45''$	4	M-42-68-Б-в-3 (см. рис. 3)
1 : 5000	$1' 15''$	$1'52'',5$	4	M-42-68 (105) (см. рис. 4)
1 : 2000	$25''$	$37'',5$	9	M-42-68 (105-е) (см. рис. 5)

Исходными данными, служащими для установления топографической характеристики района изысканий, являются топографические карты; степень подробности изображения на них контуров и рельефа, а также орограф-

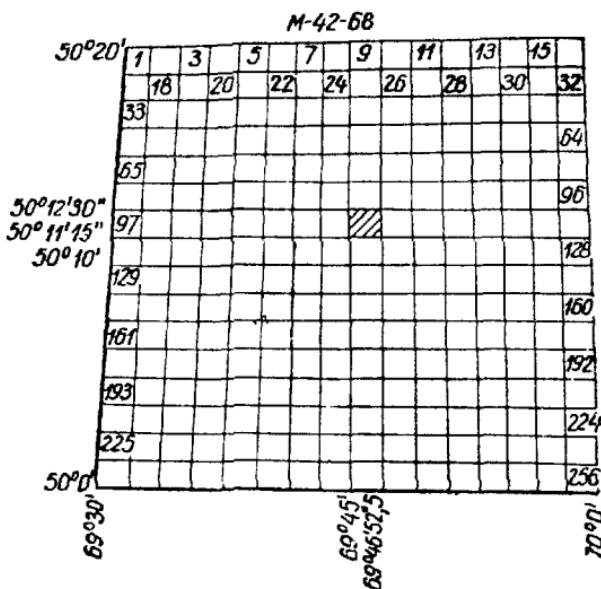


Рис. 4. Номенклатура и границы листов планов масштаба 1 : 5000

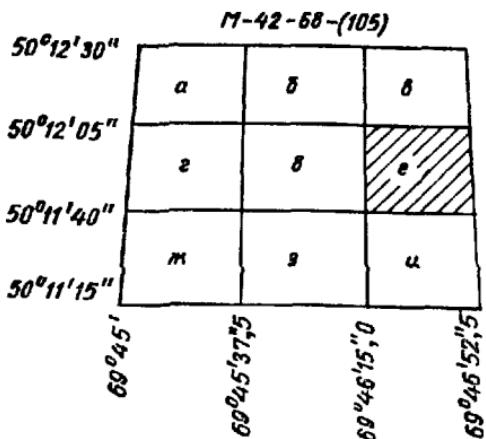


Рис. 5. Номенклатура и границы листов планов масштаба 1 : 2000

фических данных и гидрографической сети зависит от масштаба карт.

**Назначение карт и планов** при изысканиях и проектировании, а также подробность изображения рельефа приведены в табл. 3.

Таблица 3

Масштабы карт	Сечение рельефа горизонтальными, (м) через		Назначение карт и планов
	горные районы	равнинные районы	
1 : 1 000 000	200	100	Определение принципиальных направлений трасс линейных сооружений значительной протяженности и ориентировка местоположения промышленных предприятий и городов
1 : 500 000	40	20	
1 : 200 000	20	10	
1 : 100 000	10	5	Суждение о топографических условиях трассирования линейных сооружений и рельефе районов строительства предприятий и поселков. Используется в первой стадии изысканий и проектирования (КП и ПЗ)
1 : 50 000	10 и 5	5	
1 : 25 000	5	2,5	
1 : 10 000	5	2	

Съемка существующих и вновь создаваемых промышленных предприятий, городов и поселков производится для целей их планировки, реконструкции, благоустройства и решения ряда инженерно-строительных вопросов.

Для решения указанных задач требуется наличие топографических планов крупных масштабов — от 1 : 5000 до 1 : 500.

Съемка в масштабе 1 : 5000 производится для получения графических и аналитических данных, используемых:

при разработке генеральных схем планировки новых и перепланировки существующих промышленных предприятий (в том числе и горной промышленности) и населенных мест;

при проектировании линейных сооружений в стадии проектного задания и технического проекта;

при проектировании отводов земельных массивов, предназначенных к размещению технических и хозяйственных сооружений.

Съемка в масштабах 1 : 2000 и 1 : 1000 производится для получения подробного графического и аналитического материала, необходимого:

для проектирования строящихся и реконструируемых промышленных предприятий в стадии технического проекта, а также для составления детальных проектов планировки и перепланировки существующих населенных мест;

для проектирования линейных сооружений в стадии рабочих чертежей;

для проектирования отдельных инженерных сооружений по линии благоустройства, водного и сухопутного транспорта, энергетики, реконструкции коммунального хозяйства и др.

Съемка в масштабе 1 : 500 производится для получения графических и аналитических данных, необходимых для составления и переноса в натуру детальных проектов различных инженерных сооружений в стадии рабочих чертежей.

В отдельных случаях задачи узко специального порядка требуют наличия планов, составленных в масштабах 1 : 200 и 1 : 100.

При наличии планов масштабов 1 : 10 000—1 : 5000 и спокойном рельефе инструментальные изыскания для проектного задания линейных сооружений не производятся.

При отсутствии планов крупного масштаба вдоль трассы или магистрали производится маршрутная съемка полосы шириной 200—400 м в масштабах 1 : 5000—1 : 2000.

Оценка топографо-геодезических материалов сводится к установлению: соответствия масштабов съемки и сечения рельефа требованиям проектирования соответствующей стадии; соответствия планов состоянию земной поверхности в отношении контуров и рельефа; наличия опорных пунктов и исходных данных для развития сетей при съемках планов крупных масштабов.

#### § 4. Геодезические инструменты

Основные данные теодолитов, применяемых при инженерных изысканиях, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Назначение инструмента	Труба	Горизонтальный угол	Вертикальный угол	Цена деления углов, сек.	При засечке		Цена деления углов, мкрад	При засечке		Цена деления углов, мкрад
					Относитель- ная точность изме- нения в цене деления	Относительная точность изме- нения в цене деления		Бесшарнирное транспортиро- вание края	Бесшарнирное транспортиро- вание края	
Оптический теодолит OT.0 . . . . .	60	348	24, 30, 40	140	Оптический микрометр $0^{\circ}2$	90	Оптический микрометр $0^{\circ}2$	6-7	10-12	-
Оптический теодолит TB-1 . . . . .	40	251	27	85	Оптический микрометр $1^{\circ}$	75	Оптический микрометр $1^{\circ}$	16	20	-
Оптический теодолит OT.10 . . . . .	40	253	25,3	90	Винтовой микрометр $20^{\circ}$	90	Винтовой микрометр $20^{\circ}$	40-60	5-20	-
Теодолит-тахеометр ТТ-50	38	253	25,3	130	Верхнер $30^{\circ}$	85	Верхнер $30^{\circ}$	40-60	40	-
Теодолит-тахеометр ТТ-2	34	180	11,7	130	Верхнер $30^{\circ}$	85	Верхнер $30^{\circ}$	40-60	40	-
Теодолит горный Г-1 .	25	210	21	120	Верхнер $30^{\circ}$	90	Верхнер $60^{\circ}$	40-60	30-40	18-22

Основные данные нивелиров приведены в табл. 5.

Таблица 5

Наименование инструмента	Труба			Уровень		Класс нивелирования	Вес инструмента без футляра, кг
	Диаметр объектива, мм	Фокусное расстояние, м	Увеличение (крат.)	Положение уровня	Цена деления уровня на 2 м.м., сек.		
Высокоточный глухой нивелир НПГ, НА-1 . . .	55	410	44	При трубе	10	III	6,0
Высокоточный нивелир ПН-3 . . . . .	40	438	44	—	3—5	III	7,5
Нивелир глухой НГ . . .	34	314	32	При трубе	17—25	IV	2,25
Нивелир технический НТ . . . . .	34	314	32	То же	17—25	IV	2,45
Нивелир НП . . . . .	36	316	30	»	18—22	IV	2,7
Нивелир НГ-1 . . . . .	36	316	26	»	30	IV	—
Нивелир НСС самоустанавливающийся . . .	34	314	32	—	28—32	IV	3,0

Для нивелирования V класса допускается применение нивелиров, имеющих увеличение трубы  $15\times$  и цену деления уровня  $25''$ .

Коэффициент дальномера у всех перечисленных теодолитов и нивелиров равен 100.

Основные данные кипрегелей приведены в табл. 6.

Таблица 6

Наименование инструмента	Труба			Цена деления, сек.		
	Диаметр объектива, мм	Увеличение (крат.)	вертикального круга	уровня на трубе	уровня на линейке	
Кипрегель и мензура КБ . . . .	34	25	30	—	50—80	
Кипрегель и мензура КБ-1 . . .	40	20	60	30	—	

Кроме перечисленных геодезических инструментов, при инженерных изысканиях применяются: эклиметры, тахеометры-автоматы, дальномеры ДД-2, базисные приборы, мерные ленты, рейки нивелирные.

Для стереофотограмметрической съемки крупных карьеров может быть рекомендован фотограмметр конструкции ВНИМИ.

## § 5. Геодезическая основа топографических съемок

При инженерных изысканиях в состав топографо-геодезических работ входят: съемки застроенных и незастроенных территорий строительных площадок и полос вдоль трасс в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500; проложение теодолитных, нивелирных и тахеометрических ходов при изысканиях трасс линейных сооружений; отдельные промерные и привязочные работы, выполняемые при помощи геодезических инструментов (съемки поперечников, промеры водотоков и др.).

Геодезические работы производятся в такой последовательности: вначале выполняются основные геодезические работы — триангуляция, полигонометрия и нивелировки, а затем детальные съемочные работы.

Для геодезического и съемочного обоснования в плановом и высотном отношении топографических съемок незастроенных строительных площадок и участков на трассах линейных сооружений строятся опорные сети в соответствии с § 15 Инструкции по городским съемкам НКХ РСФСР, 1940 с дополнениями 1945 г. (табл. 7).

Опорные геодезические сети крупномасштабных съемок должны быть выражены в общесоюзной системе прямоугольных координат 1942 г. на плоскости в проекции Гаусса, в трехградусных зонах, осевые меридианы которых имеют долготы 18, 21, 24, 27° и т. д. Высоты вычисляются в Балтийской системе. Привязка к государственным пунктам геодезического обоснования заключается в передаче координат, азимута и высот от этих пунктов.

При удаленности пунктов государственной опорной сети от снимаемой территории более 4 км на площади от 10 до 25 км<sup>2</sup> и более 2 км на площади до 10 км<sup>2</sup> допускаются самостоятельные (свободные) сети планового

Таблица 7

Масштаб	Площадь, га	Геодезическое обоснование (разряды по полигонометрии)	Съемочное обоснование		Класс нивелирования
			Аналитические сети	Теодолитные ходы	
1:500	До 25	—	Аналитические сети с самостоятельным базисом	Теодолитные ходы, уравниваемые совместно	IV
1:500	25—100	3	Аналитические сети на основе полигонометрии	Теодолитные ходы на основе полигонометрии	IV
1:500	100—1000	2 и 3	То же	То же	IV
1:1000	До 100	—	Аналитические сети с самостоятельным базисом	Теодолитные ходы, уравниваемые совместно	IV
1:1000	100—250	3	Аналитические сети на основе полигонометрии	Теодолитные ходы на основе полигонометрии	IV
1:1000	250—1000	2 и 3	То же	То же	IV
1:2000	До 200	—	Аналитические сети с самостоятельным базисом	Теодолитные ходы, уравниваемые совместно	IV
1:2000	200—500	3	Аналитические сети на основе полигонометрии	Теодолитные ходы на основе полигонометрии	IV
1:2000	500—1000	2 и 3	То же	То же	IV
1:5000	До 400	—	Аналитические сети с самостоятельным базисом	Теодолитные ходы, уравниваемые совместно	IV
1:5000	400—1000	3	Аналитические сети на основе полигонометрии	Теодолитные ходы на основе полигонометрии	IV

обоснования, которые ориентируются по истинному азимуту; площадки до 100 га могут быть ориентированы по магнитному меридиану.

При величине участков внегородских съемок до  $20 \text{ км}^2$  в масштабе 1:5000, до  $6 \text{ км}^2$  — 1:2000, до  $1 \text{ км}^2$  — 1:1000 и  $0,20 \text{ км}^2$  — 1:500 разрешается производить съемку на съемочном обосновании.

По технико-экономическим соображениям городская триангуляция III класса может заменяться полигонометрией 1 разряда, а полигонометрия 2, 3 разрядов и теодолитные ходы — микротриангуляцией соответствующей точности.

### § 6. Триангуляция

Данные о сетях триангуляции III и IV классов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Класс триангуляции	Расстояние между пунктами, км	Средняя квадратичная ошибка угла по невязкам треугольников, сек.	Максимальная невязка треугольников, сек.	Максимальная относительная ошибка наиболее слабой стороны
III	5—10	Не более $\pm 1,5$	$\pm 5$	1:80 000
IV	1,5—6	Не более $\pm 2$	$\pm 7$	1:50 000

Триангуляция IV класса служит для обоснования съемки масштабов 1 : 2000 и 1 : 1000 при площади съемки до  $25 \text{ м}^2$  и должна ограничиваться постройкой простых пирамид; в лесных районах или на застроенных участках следует взамен триангуляции развивать полигонометрию.

Пункты триангуляции IV класса определяются относительно пунктов высших классов вставками систем или отдельных пунктов. В треугольниках триангуляции IV класса измеряются все три угла; программы измерения углов в триангуляциях III, IV и V классов приведены в табл. 9.

Таблица 9

Наименование инструментов	Число приемов измерения углов			
	Базисная сеть	Классы триангуляции		
		III	IV	V
Большой оптический теодолит ОТ-02	18	12	6	—
Средний оптический теодолит ТБ-1 и ОТС . . . . .	—	—	9	2
Десятисекундный теодолит с верньерами . . . . .	—	—	—	6
Тридцатисекундный теодолит с верньерами ТТ-50 или ТГ-1 . . . . .	—	—	—	2 приема по 3 повторения

При шести круговых приемах перестановка лимба между приемами производится на  $30^\circ$ ; при девяти круговых приемах на  $20^\circ$ .

Измерение длин выходных сторон (базисов) и триангуляции II класса производится базисным прибором

типа БП-2. Точность измерения базиса определяется по формуле

$$M = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n(n-1)}}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  — уклонение средней длины базиса от длины его, полученной по каждой отдельной проволоке: «первой и второй»;

$n$  — число значений длин базиса.

Пределная точность положения определяемого пункта основной геодезической сети на местности, исходя из предельной графической точности плана,

$$T_{\text{пр}} = p_{\text{пр}} M,$$

где  $p_{\text{пр}}$  — графическая точность линейного масштаба 0,2 мм;  
 $M$  — знаменатель численного масштаба.

Для плана в масштабе 1 : 500 имеем  $T_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 500 = 0,1$  м и соответственно для плана в масштабе 1 : 1000  $T_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 1000 = 0,2$  м.

Пределные относительные ошибки определения положения пункта в триангуляционных сетях приведены в табл. 10.

Таблица 10

Расстояние между пунктами, м	Относительные ошибки для съемок в масштабе	
	1 : 500	1 : 1000
300	1:3000	1:1500
400	1:4000	1:2000
500	1:5000	1:2500
1000	1:10 000	1:5000
2000	1:20 000	1:10 000
3000	1:30 000	1:15 000
4000	1:40 000	1:20 000
5000	1:50 000	1:25 000

## § 7. Полигонометрия

Применение полигонометрии целесообразно при сгущении опорной сети в равнинных, лесных, а также в застроенных районах.

При построении геодезической основы в виде полигонометрии вместо триангуляции IV класса полигонометрия должна представлять собой систему ходов, образую-

щих узловые пункты, с длинами, не превышающими указанных в табл. 11. В условиях инженерных изысканий применяется полигонометрия 3-го разряда и реже 2-го разряда.

Таблица 11

Разряд полигонометрии	Предельная длина хода, км		Наменьшая длина линии, м	Средняя квадратическая ошибка измерения углов, сек.	Предельная линейная невязка хода	Пункты триангуляции или полигонометрии
	между твердыми пунктами	между узловыми точками				
1	8	5	175	3	1:25 000	I, II и III классов
2	5	3	100	5	1:15 000	I, II, III и IV классов; 1 разряда
3	3	—	80	8	1:8000	I, II, III и IV классов; 1 и 2 разрядов

Полигонометрический ход должен удовлетворять следующим основным требованиям: иметь вытянутую форму; предельная ошибка положения подходного пункта не должна превышать 0,10 м, а предельная ошибка дирекционного угла подходного стана  $\pm 15''$ .

Закрепление на местности пунктов полигонометрии 1 и 2-го разрядов производится типовыми центрами, из которых 50% пунктов закрепляются одинарными трубчатыми центрами; пункты полигонометрии 3-го разряда закрепляются железными штырями или трубками, забитыми в грунт на 1,0—1,2 м с окопкой их канавами.

Требуемая точность измерения углов в полигонометрических ходах приведена в табл. 12.

Таблица 12

Тип теодолита	2-й разряд полигонометрии		3-й разряд полигонометрии		Допуски при измерении углов способом круговых приемов, сек.		
	Число приемов	Расхождение углов в приемах, сек.	Число приемов	Расхождение углов в приемах, сек.	Замыкание горизонта	Колебание 2 с	Колебание направлений в отдельных приемах
ОТ-02	2	6	1	8	6	8	5
ТБ-1 (ОТС)	2	8	1	10	8	10	8
ОТ-10	—	—	3	20	15	20	15

Невязки в суммах измеренных углов по отдельным ходам или по замкнутым полигонам не должны превышать  $\pm 6''/\sqrt{n}$ , где  $n$  — число измеренных углов.

### § 8. Микротриангуляция

Для планового обоснования съемок в открытой и сильно пересеченной местности разрешается полигонометрию 2 и 3-го разрядов и теодолитные ходы заменять микротриангуляцией; применение микротриангуляции также целесообразно для планового обоснования при русловых съемках и промерах глубин.

Условия производства работ при построении микротриангуляции указаны в табл. 13.

Т а б л и ц а 13

Микро- триангуля- ция заме- няет	Длины сторон, м	Измерение базисов		Измерение углов — теодоли- ты 30 "			Предел невяз- ких в треуголь- никах, сек.
		Инструменты	Предел ошибки	Способ измерений	Количество приемов	Повторе-ний	
Полигонометрию 2 и 3-го разрядов	400—800	Шкаловые ленты в обоих направлениях	1:50 000	Повторе-ния	2	2р—4 3р—3	40
Теодолитные ходы	100—400	То же	1:10 000	При двух положениях круга	2	—	60

Базисами служат непосредственно измеренные стороны треугольников микротриангуляции через каждые 5—8 треугольников.

### § 9. Нивелирование

Съемки в масштабах 1:5000, 1:2000 и крупнее обеспечиваются в высотном отношении проложением нивелировок III и IV классов. Для этой цели линии нивелирования III класса прокладываются с расчетом созда-

ния полигонов периметром не более 60 км, внутри которых прокладываются ходы нивелирования IV класса длиной не более 25 км.

Для нивелирования рельефа, а также в целях высотной увязки объектов применяется нивелирование V класса.

Точность нивелирования должна обеспечить получение невязок в пределах, указанных в табл. 14, где  $L$  — длина хода, км;  $n$  — число штативов в ходе или полигоне.

Таблица 14

Род и класс нивелирования	Допускаемые предельные невязки на 1 км, мм		
	между прямым и обратным ходом		в замкнутых ходах или ходах между двумя твердыми точками
	нормальные условия	пересеченная местность	
Геометрическое:			
III класса	$\pm 10 \sqrt{L}$ (2)	$\pm 2 \sqrt{n}$ (5)	$\pm \sqrt{64L + 0,64L^2}$ (7)
IV »	$\pm 30 \sqrt{L}$ (3)	$\pm 6 \sqrt{n}$ (6)	$\pm \sqrt{400L + 4,0L^2}$ (8)
V »	$\pm 50 \sqrt{L}$ (4)	То же	$\pm \sqrt{1600L + 16,0L^2}$ (9)
Геодезическое	См. табл. 16	—	0,6 м в * до 1 м в обычных условиях   труднопройдимых условиях

Данные о нивелирных рейках приведены в табл. 15.

Таблица 15

Класс нивелирования	Способ установки рейки	Длина рейки, м	Тип рейки	Ошибки на 1 км, мм				Нормальная длина визирного луча, м	
				случайные		предель- ные	систематиче- ские		
				средние	предель- ные				
III	На башмаках или костылях, по уровню	3	Двусторонние с приставным метром	$\pm 4$	$\pm 8$	$\pm 0,8$	75—100		
IV	На башмаках, костылях, кольях	3	То же	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 2,0$	100—150		
V	На башмаках, костылях, кольях	4	Двусторонние, односторонние	$\pm 20$	$\pm 40$	$\pm 4,0$	100—150		

**Геометрическое нивелирование** по пикетажу производится техническими нивелирами НГ, НТ и НП и наиболее часто встречается при прокладывании инженерных магистралей: железных и автомобильных дорог, водопроводов, каналов и др. При этом нивелиры устанавливаются а) посередине между пикетами при расстоянии от нивелира до рейки 50 м; б) посередине между пикетами с охватом четырех пикетов при расстоянии от нивелира до рейки 150 м; в) на пикете с охватом двух пикетов при расстоянии от нивелирной рейки 100 м.

**Геодезическое нивелирование** производится теодолитами и кипрекелями для определения превышения между пунктами при помощи наклонного луча. Величина превышения определяется по формуле

$$h = d \operatorname{tg} \alpha + H - v, \quad (10)$$

где  $d$  — горизонтальное расстояние между пунктами;

$\alpha$  — угол наклона;

$H$  — высота инструмента;

$v$  — высота сигнала.

Допускаемые расхождения между прямым и обратным направлениями, определяемыми из высотно-теодолитных ходов, указаны в табл. 16.

Таблица 16

Углы наклона, град	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Предельно допускаемое расхождение на каждые 100 м, см . .	4	4,8	6,4	8,5	11	13	15	18	21	23	26

Геодезическое нивелирование наиболее часто применяется при прокладке тахеометрических и мензулльных ходов и передаче отметок на съемочные пикеты. При предварительных изысканиях трасс линейных сооружений имеет широкое применение метод проложения теодолитных ходов с геодезическим нивелированием по магистрали и тахеометрической съемкой полосы шириной 100—300 м вдоль магистрали.

**Барометрическое нивелирование в условиях инженерных изысканий** применяется при рекогносцировочных изысканиях линейных сооружений, т. е. в случаях, не требующих соблюдения точности, указанной выше в табл. 14; этот метод работы обеспечивает скоростную проходку и возможен в весьма трудных условиях местности.

**Ватерпасовка** на крутых подъемах и спусках производится при помощи реек и уровня; вертикальная рейка устанавливается по откосу; длина горизонтальной рейки должна быть не более 5 м. В журнале ватерпасовки составляется эскиз промеров, по которому вычерчивается подробный профиль трудного участка в масштабах: горизонтальном 1 : 200—1 : 500, вертикальном 1 : 100—1 : 200.

## § 10. Съемочное обоснование

Съемочное обоснование служит дополнением к главной геодезической сети и развивается на основе пунктов триангуляции, полигонометрии и геометрического нивелирования в виде опорных знаков съемочного обоснования и съемочных точек.

Видами съемочного обоснования для топографических съемок в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 являются геодезические засечки, аналитические сети и теодолитные ходы.

Ошибки основных точек уравненного съемочного обоснования относительно ближайших пунктов главной геодезической сети не должно превышать на планах крупных масштабов:

в открытой местности . . . . .	0,2	мм
в закрытой местности . . . . .	0,4	»

Ошибки точек высотного съемочного обоснования относительно реперов главной геодезической основы не должны превышать 1:10 принятой высоты сечения рельефа горизонталям.

При высоте сечения рельефа горизонталями, равной 1 м и менее, определение высот основных пунктов съемочного обоснования при съемках в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000 и 1 : 1000 и всех пунктов съемочного обоснования при съемке в масштабе 1 : 500 производится геометрическим нивелированием. При этом ошибка хода не

должна превышать в равнинном районе 1 : 5, а в горном районе — 1 : 3 от принятой высоты сечения рельефа.

Если высота сечения рельефа более 1 м, то определение высот точек съемочного обоснования производится методом геодезического нивелирования по сторонам мензульных и теодолитных ходов, а в горных районах — по сторонам фигур аналитических сетей.

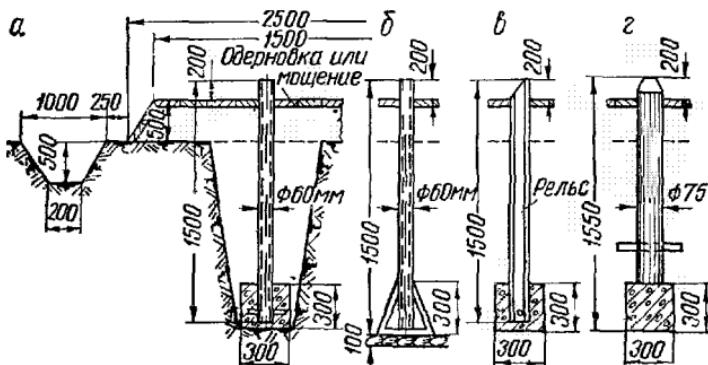


Рис. 6. Постоянные центры пунктов съемочного обоснования.

*а* — металлическая труба с якорем, *б* — металлическая труба с распорками; *в* — рельс на бетонном фундаменте, *г* — деревянный столб с крестообразной

Опорные знаки съемочного обоснования закрепляются постоянными центрами (рис. 6) в количестве не менее трех на один планшет; если теодолитные ходы служат самостоятельной опорной сетью для съемки, то поворотные пункты закрепляются деревянными столбами, а на застроенных территориях — трубами; прочие пункты съемочного обоснования закрепляются кольями или трубами длиной 0,6—0,7 м.

**Теодолитные ходы** опираются на пункты главной геодезической основы и прокладываются в виде: отдельных вытянутых ходов между пунктами; системы пересекающихся ходов с узловыми точками; замкнутых полигонов с узловыми точками. Замкнутые полигоны применяются в том случае, когда съемка производится только на съемочном обосновании.

Густота основных пунктов рабочего обоснования для съемки незастроенных территорий, совместно с пунктами высших разрядов должна быть обеспечена согласно требованиям табл. 17.

Таблица 17

Масштаб съемки	Количество опорных точек на 1 км <sup>2</sup>	Норма площади съемки на одну опорную точку, га
1 : 5000	12	8
1 : 2000	25	4
1 : 1000	100	1
1 : 500	200	0,25—0,5

При съемке застроенных участков количество опорных знаков должно устанавливаться в зависимости от густоты застройки, кривизны улиц и рельефа местности. Съемочные точки определяются из мензульных и теодолитных ходов; число точек в мензульном ходе должно быть не более четырех.

При построении обоснования для съемки застроенной территории длины теодолитных ходов следует принимать по табл. 18.

Таблица 18

Масштаб съемки	Длины теодолитных ходов между пунктами триангуляции или полигонометрии (км) при теодолитах		Увеличение длины теодолитных ходов при съемке незастроенных территорий, раз	Удаленность узловых точек в системах теодолитных ходов от пунктов полигонометрии (км) при теодолитах		Предельное расстояние между узловыми точками в системах теодолитных ходов как самостоятельной опоры (км) при теодолитах	
	30"	1'		30"	1'	30"	1'
1 : 5000	4	2	1,25	3	1,5	4	2
1 : 2000	2	1	1,5	1,5	1	2	1
1 : 1000	1	0,8	2	0,8	0,6	1	0,8
1 : 500	0,8	0,6	2	0,7	0,5	0,8	0,6

Длина висячих теодолитных ходов и количество точек поворота приведены в табл. 19.

Таблица 19

Масштаб съемки	Незастроенная территория		Задраенная территория	
	Длина хода, км	количество точек поворота	Длина хода, км	Количество точек поворота
1 : 5000	0,75	3	0,30	3
1 : 2000	0,50	2	0,15	3
1 : 1000	0,30	2	0,10	3
1 : 500	0,30	2	0,10	3

Теодолитные ходы прокладываются на местности, удобной для измерения, и по направлениям, используемым в процессе съемки (по дорогам, вдоль улиц, проездов, границ земель и других контуров).

Измерение длин линий теодолитных ходов производится в прямом и обратном направлениях 20-метровой стальной лентой, предварительно проверенной с компарированной лентой или рулеткой.

Поправка за наклон линии к горизонту учитывается при угле наклона более  $3^{\circ}$ ; горизонтальное проложение вычисляется по формуле

$$s = s_1 \cos \alpha, \quad (11)$$

где  $s$  — горизонтальное проложение линии;

$s_1$  — измеренная длина линии;

$\alpha$  — угол наклона.

Допустимые невязки по ходам и в замкнутых полигонах определяются по формуле

$$1,5 t \sqrt{n}, \quad (12)$$

где  $n$  — число углов хода или полигона; теоретическая сумма углов замкнутого полигона определяется по формуле  $180 \cdot (n - 2)$ .

Относительные линейные невязки по ходам для всех масштабов не должны превышать при благоприятной местности 1 : 3000—1 : 2000, при неблагоприятных условиях (заросли, кочки, изрытые места) 1 : 1000.

Абсолютные величины невязок в теодолитных ходах не должны превышать указанных в табл. 20.

Т а б л и ц а 20

Масштаб съемки	Абсолютные величины невязок, м		Длина теодолитных ходов (км) при допустимых ошибках	
	Нормальные длины ходов	Короткие ходы до 100 м	1 : 3000	1 : 2000
1 : 5000	2,0	0,25	6,0	4,0
1 : 2000	0,8	0,25	2,5	1,6
1 : 1000	0,5	0,15	1,5	1,0
1 : 500	0,3	0,10	1,0	0,6

Поправка за длину ленты в сантиметрах на длину 100 м определяется по формуле

$$\delta = 5(L - 20000), \quad (13)$$

где  $L$  — действительная длина ленты.

Поправка за температуру определяется по формуле

$$\delta_1 = 0,12(t - t_0), \quad (14)$$

где  $t$  — средняя температура в период съемки;

$t_0$  — температура, при которой определялась длина ленты;

$\delta_1$  — поправка на длину 100 м, см.

Методами построения геодезических засечек являются: прямые засечки — не менее чем с трех пунктов триангуляции или полигонометрии под углами  $30^\circ < \alpha < 120^\circ$ ; обратные засечки — не менее чем по четырем пунктам; комбинированные засечки.

Аналитические сети выполняются в виде систем или цепей треугольников, связанных со сторонами триангуляции или полигонометрии. Длины сторон аналитической сети устанавливаются в зависимости от масштаба съемки в пределах от 100 до 600 м; при измерении сторон треугольников средняя ошибка не должна превышать 1 : 5000.

Иногда строят аналитические сети двух порядков: сеть первого порядка опирается на пункты триангуляции и полигонометрии; сеть второго порядка, с числом пунктов не более 5, опирается на сторону триангуляции или полигонометрии и примыкает к стороне аналитической сети второго порядка.

Измерение углов в аналитических сетях и построениях геодезических засечек производится тридцатисекундным теодолитом при масштабах съемки 1 : 5000 и 1 : 2000 одним приемом, а при масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 — двумя приемами; средняя квадратическая ошибка не должна превышать  $\pm 15''$ . Требуемая точность измерений указана в табл. 21.

В измеренные углы вводятся поправки за центрировку и редукцию, если их величина для углов превышает  $5''$ . Невязки углов в треугольниках не должны превышать  $1'$ .

Аналитические сети предусматриваются при съемках масштаба 1 : 5000 на площади до 15 км<sup>2</sup> и при съемках

Таблица 21

Способы измерения углов и показатели	Точность измерения при применении теодолитов		
	ОТС или ТБ-1	ОТ-10	ТТ 50 или ТГ-1
Способ круговых приемов:			
число приемов . . . . .	1	1	1—2
максимальное расхождение в отсчете на начальный предмет в начале и конце полуприема, сек. . . . .	8	15	45
максимальное колебание двойной коллимационной ошибки в приеме, сек. . . . .	10	20	60
колебание направлений в отдельных приемах, сек. . . . .	—	—	24
Способ повторений:			
число повторений при одном приеме . . . . .	—	—	2
расхождение двух значений угла из полуприемов, сек. . . . .	—	—	20
невязки замыкания горизонта при числе углов на станции $n$ , сек. . . . .	—	—	$15 \sqrt{n}$

масштаба 1 : 2000 на площади до 4 км<sup>2</sup>. Центры закрепляются по типу постоянных грунтовых реперов, наружные знаки закрепляются деревянными вехами или пирамидами.

## § 11. Съемка поверхности

Для целей инженерных изысканий производятся топографические съемки в масштабах 1 : 10 000, 1 : 5000 и 1 : 2000 методом комбинированной аэрофотосъемки (на фотоплане).

Аэросъемка контурная служит для определения только земных контуров, а высотная (стереоаэрофотосъемка) — для составления топографических рельефных карт. Метод комбинированной съемки заключается в нанесении контуров аэросъемкой, а рельефа — мензульной съемкой.

Применение различных способов наземных съемок зависит от местных условий и продолжительности благоприятного полевого периода.

**Мензульная съемка** применяется на территориях с малым количеством контуров и застройки, имеющих площадь при съемке в масштабе 1 : 5000 не более 100 км<sup>2</sup>; в масштабе 1 : 2000 — не более 50 км<sup>2</sup>. Мензульная съемка в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 производится на незастроенных и малозастроенных территориях.

Размеры участков, размещаемых на полезной площа-ди планшета, имеющего размеры по рамкам 50 × 50 см, а для масштаба 1 : 5000 — 40 × 40 см приведены в табл. 22.

Таблица 22

Масштаб съемки	Размеры участков на одном планшете, км	Площадь участка на одном планшете, га
1 : 5000	2,0 × 2,0	400
1 : 2000	1,0 × 1,0	100
1 : 1000	0,5 × 0,5	25
1 : 500	0,25 × 0,25	6,25

Центрирование мензулы производится при помощи центрирующей вилки; ошибка центрирования не должна превышать: для масштабов 1 : 500 и 1 : 1000 — 5 см; 1 : 2000 и 1 : 5000 — 10 см. Для сгущения сети пунктов съемочного обоснования развивают сеть съемочных (переходных) точек, определяя их различными способами, из которых наиболее распространенным является проложение мензульных ходов между аналитически определенными пунктами в соответствии с требованиями табл. 23.

Таблица 23

Масштаб съемки	Максимальная длина хода между опорными пунктами, м		Максимальная длина стороны хода, м	Максимальное число точек в ходе	
	Открытая местность	Закрытая местность		Открытая местность	Закрытая местность
1 : 5000	800	1000	250	4	5
1 : 2000	400	500	200	4	5
1 : 1000	200	300	100	3	4

Переходные точки разрешается определять промерами стальной лентой в створе между опорными пунктами.

Условия, которым должны удовлетворять измерения расстояний между пунктами мензульных ходов, приведены в табл. 24.

Таблица 24

Масштаб съемки	Способ измерений	Предел ошибки измерений в двух направлениях	Линейная невязка на плане
1 : 5000 и 1 : 2000	Дальномером	1 : 200	Не более 0,8 мм
1 : 1000	Стальной лентой	1 : 1000	То же

Съемка ситуации выполняется полярным способом; недоступные точки местности снимают засечками, определяя направления с трех пунктов; расстояния от станции до речных точек (пикетов) и между точками не должны превышать указанных в табл. 25.

Таблица 25

Масштаб съемки	Расстояние от станции до пикетов, мм	Расстояние между пикетами по контуру, м	Максимальное расстояние до снимаемых точек строений, м	Максимальная величина ошибки при нанесении контуров и планшет, м
1 : 5000	250	100	100	2,00
1 : 2000	150	50	75	0,80
1 : 1000	100	30	50	0,40
1 : 500	80	20	—	0,20

При съемке рельефа расстояния от станции до пикетов и между пикетами не должны превышать указанных в табл. 26.

Съемка застроенных территорий в масштабе 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 производится в проездах (улицах, переулках и т. д.) промерами ординат со съемочных теодолитных ходов, опирающихся на пункты геодезического обоснования съемки, или способом засечек.

Съемочные ходы прокладываются от линии фасадов домов на расстояниях, приведенных в табл. 27.

Таблица 26

Масштаб съемки	Высота съемки рельефа, м	Максимальное расстояние от станции до пикета, м	Расстояние между пикетами, м
1 : 5000	1,0	150	100
	2,0	200	100
	5,0	300	—
1 : 2000	0,5	150	50
	1,0	150	50
	2,0	200	—
1 : 1000	0,25	100	30
	0,50	150	30
	0,25	80	20
1 : 500	0,50	100	20

Таблица 27

Масштаб съемки	Ширина проезда, м	Местоположение теодолитного хода	Предельные расстояния съемочного хода от фасадной линии, м	Расстояния при съемке полярным методом, м
1 : 2000	До 20	По середине проезда . . .	12—15	60
	Более 20	По обеим сторонам проезда . . . . .	12—15	60
1 : 1000	До 10	По середине проезда . . .	6—8	40
	Более 10	По обеим сторонам проезда . . . . .	6—8	40
1 : 500	До 10	По середине проезда . . .	4	20
	Более 10	По обеим сторонам проезда . . . . .	4	20

Горизонтальная съемка ситуации проездов и фасадов производится исключительно аналитическим методом.

Для съемки масштаба 1 : 1000 густота аналитических точек устанавливается в среднем одна точка на 10 га в зависимости от сложности рельефа, застройки и залесенности.

С планшетов макульнной съемки снимаются две кальки: контурная и высотная; при небольшом количестве контуров и несложном рельефе разрешается снимать сов-

мещенную контурно-высотную кальку; эти кальки составляются и пополняются ежедневно.

**Тахеометрическая съемка** производится на застроенных территориях или в незастроенной части небольших участков; широкое применение метод тахеометрической съемки получил при маршрутной съемке узких полос вдоль трасс линейных сооружений. В последнем случае трасса служит магистралью, с которой производится съемка контуров и рельефа полярным способом.

Съемочное обоснование тахеометрической съемки состоит из основных пунктов и дополнительных к ним съемочных (переходных) точек, с которых производится съемка подробностей. Съемочные точки определяются из тахеометрических ходов, прокладываемых между пунктами главной геодезической основы и пунктами съемочного обоснования; предельные длины ходов указаны в табл. 28.

Таблица 28

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальное число точек в ходе
1 : 5000	800	4
1 : 2000	400	4
1 : 1000	250	3
1 : 500	150	2

Предельные расстояния до реек и расстояния между реечными точками приведены в табл. 29.

Таблица 29

Масштаб съемки	Предельные расстояния до реек, м		Предельные расстояния между реечными точками, м	Общее количество точек главной опорной сети и съемочного обоснования	
	при съемке ситуации	при съемке рельефа		на один плашет	площадь, приходящаяся на одну точку, га
1 : 5000	250	300	80	25	20—25
1 : 2000	150	200	40	15	8—10
1 : 1000	100	150	20	10	4
1 : 500	60	80	15	6	1

Способы измерения длин сторон тахеометрических ходов и величины невязок указаны в табл. 30.

Таблица 30

Масштаб съемки	Способы измерений в двух направлениях	Предельные абсолютные линейные невязки, м
1 : 5000	Дальномером или лентой . . . . .	4,0
1 : 2000	То же . . . . .	1,6
1 : 1000	» . . . . .	0,5
1 : 500	Лентой . . . . .	—

Относительные невязки хода не должны превышать 1 : 1000 при измерении лентой и 1 : 200 при измерении дальномером.

Допустимая линейная невязка хода при измерении линий дальномером определяется по формуле

$$\frac{[d]}{400 \sqrt{n}}, \quad (15)$$

где  $[d]$  — длина хода, м;

$n$  — количество линий хода.

Допустимая угловая невязка по тахеометрическим ходам определяется по формуле

$$\pm 1',5 t \sqrt{n}, \text{ мин.}, \quad (16)$$

где  $t$  — точность верньеров,

$n$  — число углов.

Допустимая высотная невязка тахеометрического нивелирования вычисляется по формуле

$$f_n \leq 4 [S] n, \text{ см}, \quad (17)$$

где  $[S]$  — сумма сторон хода, выраженная в сотнях метров.

$n$  — число линий в ходе.

Съемка площадей нивелированием производится на местности со слабо выраженным рельефом, например на строительных площадках промышленных предприятий, а также в отдельных случаях при более сложном рельефе.

Применяются следующие методы нивелирования площадей:

а) по правильным фигурам — по квадратам;

- б) по характерным линиям рельефа — метод магистралей;
- в) комбинированный метод.

Метод квадратов заключается в разбивке на местности двух взаимно-перпендикулярных главных осей, ориентированных по осям системы координат и делящих площадь съемки на четыре примерно равные части, каждая из которых разбивается на основные квадраты со сторонами 200—400 м. Основные квадраты разбиваются на более мелкие заполняющие квадраты, стороны которых принимаются при съемке в масштабе 1 : 5000 — 100 м, 1 : 2000 — 40 м, 1 : 1000 и 1 : 500 — 20 м.

По сторонам основных квадратов прокладываются ходы полигонометрии 2—3-го разрядов и ходы нивелирования IV класса, а по сторонам заполняющих квадратов — теодолитные ходы и ходы нивелирования V класса.

При производстве нивелирования допустимые невязки не должны превышать величин, определенных по формулам:

- а) в замкнутых опорных квадратах

$$f_n = \pm (10\sqrt{L} + L), \text{ мм} \quad (18)$$

- б) по сторонам заполняющих квадратов

$$f_n = \pm (20\sqrt{L} + 2l), \text{ мм}, \quad (19)$$

где  $L$  — длина хода, км

- в) при коротких ходах

$$f_n = \pm 6\sqrt{n},$$

где  $n$  — число штативов.

Метод магистралей применяется при резко выраженным рельефе, по характерным линиям которого (оси водоразделов, тальвегов, перегибов склонов и т. д.) прокладываются теодолитные ходы, являющиеся основными магистралями при нивелировании. Магистрали замыкаются в полигоны и связываются между собой перемычками не реже, чем это указано в табл. 31.

В обе стороны от магистралей, обычно под прямыми углами по направлению падения склонов местности, разбиваются поперечники, равномерно покрывая всю территорию съемки; расстояния между поперечниками и съемочными пикетами приведены в табл. 31.

Таблица 31

Масштаб съемки	Расстояния между перемычками, м	Расстояние между поперечниками, м	Максимальная длина поперечников, м	Расстояние между пикетами по магистралям и поперечникам, м
1 : 5000	1500	100	750	100
1 : 2000	1000	40	500	40
1 : 1000	600	20	300	20
1 : 500	600	20	300	20

Концы поперечников длиной более 300 м привязываются для контроля и точной накладки на план.

Высоты пикетов, а также плюсов на всех характерных точках рельефа определяются геометрическим нивелированием: по магистрали ходами IV класса, по поперечникам и перемычкам — V класса.

Комбинированный метод нивелирования площадей сочетает два первых метода или один из них с мензульной или тахеометрической съемкой.

## § 12. Геодезические измерения и задачи, решаемые в поле

Горизонтальное проложение расстояний, полученных по дальномеру до переходных точек (станций), определяется по формулам:

для труб с обычной фокусировкой

$$d = (100n + \Delta) \cos^2 \alpha + \Delta \cos \alpha; \quad (20)$$

для труб с внутренней фокусировкой

$$d = (100n + \Delta) \cos^2 \alpha, \quad (21)$$

где  $d$  — расстояние, м;

$n$  — число делений по рейке между крайними нитями трубы;

$\Delta$  — постоянное дальномера;

$\alpha$  — угол наклона.

Величина ошибки при определении расстояния по нитям дальномера зависит от точности отсчета по рейке и длины измеряемой линии. Точность отсчета по рейке зависит от увеличения зрительной трубы инструмента и разрешающей способности глаза; последняя определяется минимальным угловым расстоянием 60".

Таким образом, при увеличении зрительной трубы в разрешающая способность трубы будет  $\frac{60''}{v}$ , а относительная ошибка в определении расстояния дальномером выражается формулой

$$\frac{m_d}{d} = \pm \frac{28''C}{\rho''v}, \quad (22)$$

где  $d$  — длина измеряемой линии;

$C$  — коэффициент дальномера.

При  $C = 100$  для различных увеличений зрительной трубы относительные ошибки составляют:

$$\text{для } 15 \times \frac{m_d}{d} = 1 : 365;$$

$$\text{» } 20 \times \frac{m_d}{d} = 1 : 488;$$

$$\text{» } 25 \times \frac{m_d}{d} = 1 : 610.$$

Практически из-за атмосферных влияний эти ошибки будут действительны только для  $d \leq 100$  м.

Предельная графическая ошибка линейного масштаба  $T_{\text{пред}} = 0,2$  мм. Эта ошибка на местности составит для разных масштабов величины, указанные в табл. 32.

Таблица 32

Масштаб съемки	Ошибкa линейного масштаба на местности, м	Предельные расстояния, измеряемые дальномером (м) при увеличении трубы		
		15×	20×	25×
1 : 500	0,1	36,5	48,8	61,0
1 : 1000	0,2	73,0	97,6	122,0
1 : 2000	0,4	146,0	195,2	244,0

Для определения высот переходных точек вертикальные углы измеряют в прямом и обратном направлениях при двух положениях круга, визируя на верх рейки; превышения определяются по формуле

$$h = d \operatorname{tg} \alpha + i - v, \quad (23)$$

где  $d$  — горизонтальное проложение линий;

$\alpha$  — угол наклона, град.;

$i$  — высота инструмента;

$v$  — высота точки визирования.

Высота пикетов вычисляется по формуле

$$H_{\text{пик}} = H_{\text{точ}} + h + i - v. \quad (24)$$

Ошибка в определении превышений пикетной точки относительно станции определяется по формуле

$$m_h = \pm \sqrt{m_d^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{m_a^2 d^2}{\rho^2 \cos^4 \alpha}}, \quad (25)$$

где  $\alpha$  — угол наклона.

Предельные расстояния от инструмента до рейки при определении превышений могут быть такими же, как и при определении расстояний.

Ошибки в проведении горизонталей не должны превышать величин, указанных в табл. 33.

Таблица 33

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Угол наклона местности, град.	Предельная допускаемая ошибка в проведении горизонталей, м
1 : 5000	1,0	От 0 до 5	0,30
	1,0	» 5 » 10	0,50
	1,0	Свыше 10	Счет горизонталей
	2,0	От 0 до 5	0,50
	2,0	» 5 » 10	1,00
	2,0	Свыше 10	Счет горизонталей
1 : 2000	0,5	От 0 до 5	0,20
	0,5	» 5 » 10	0,25
	0,5	Свыше 10	Счет горизонталей
	1,0	От 0 до 5	0,30
	1,0	» 5 » 10	0,50
	1,0	Свыше 10	Счет горизонталей
1 : 1000	0,5	От 0 до 5	0,15
	0,5	» 5 » 10	0,25

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Угол наклона местности, град.	Предельная допускаемая ошибка в проведении горизонталей, м
1 : 500	0,5	Свыше 10	Счет горизонталей
	0,25	От 0 до 15	0,15
	0,25	Свыше 15	Счет горизонталей
	0,5	От 0 до 5	0,15
	0,5	» 5 » 15	0,25
	0,5	Свыше 15	Счет горизонталей

В процессе измерения длин линий при угле наклона линии к горизонту более  $1^{\circ}$  вводится поправка (всегда с минусом) по формуле

$$\Delta d = 2D \sin^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (26)$$

где  $D$  — длина линии, измеренная по наклону;  
 $\alpha$  — угол наклона.

Поправки за наклон линии в метрах (для линии длиной 100 м) приведены в табл. 34.

Таблица 34

Угол наклона	Поправка						
1°00'	0,02	6°00'	0,55	11°00'	1,84	16°00'	3,87
1 30	0,03	6 30	0,64	11 30	2,01	16 30	4,12
2 00	0,06	7 00	0,75	12 00	2,19	17 00	4,37
2 30	0,10	7 30	0,86	12 30	2,37	17 30	4,63
3 00	0,14	8 00	0,97	13 00	2,56	18 00	4,89
3 30	0,19	8 30	1,10	13 30	2,76	18 30	5,17
4 00	0,24	9 00	1,23	14 00	2,97	19 00	5,45
4 30	0,31	9 30	1,37	14 30	3,19	19 30	5,74
5 00	0,38	10 00	1,52	15 00	3,41	20 00	6,03
5 30	0,46	10 30	1,67	15 30	3,64		

Пикетаж на смычках вариантов или на линиях, примыкающих к ранее разбитой трассе, производится в следующем порядке. На участках примыкания одной трассы к другой после измерения угла и вычисления длины кривой измерение линии и нумерация пикетов по трассе

продолжаются до первого пикета, расположенного за концом примыкающей кривой. От этого пикета измеряют расстояние до ближайшего пикета существующей трассы и нумеруют его двойным номером — по новой и по старой трассе. Полученный пикет называется «неправильным» («резанным»).

Если «неправильный» пикет имеет длину менее 50 м, то измерение его продолжают до следующего пикета старой трассы; таким образом, длина «неправильного» пикета может быть больше 50 м или меньше 150 м.

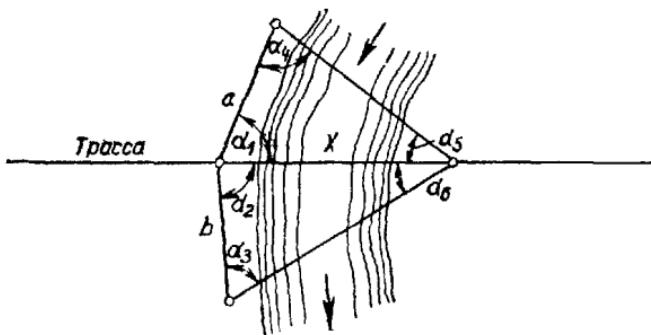


Рис. 7. Схема определения неприступного расстояния

Определение неприступных расстояний при переходах больших рек или глубоких ущелий с обрывистыми склонами производится: при предварительных изысканиях по нитям дальномера, если это расстояние не превышает 300 м; при окончательных изысканиях по дальномеру повышенной точности (дальномер ДД-2) или аналитически (рис. 7).

В последнем случае производится построение на местности двух смежных треугольников с измерением в каждом одной стороны и двух углов; углы не должны быть меньше 30°. Базисы измеряются лентой дважды с точностью не ниже 1 : 2000.

Расстояние  $x$  определяется решением обоих треугольников по формуле

$$x = \frac{a \sin \alpha_1}{\sin \alpha_5} = \frac{b \sin \alpha_3}{\sin \alpha_6}. \quad (27)$$

За окончательную длину принимается среднее арифметическое из вычислений по двум треугольникам. На открытой и ровной местности следует разбивать равногольные и прямоугольные треугольники. Расхождения между двумя определениями неприступного расстояния не должны превышать 1 : 2000.

Передача отметки с одного берега на другой через реки шириной до 300 м может быть произведена одним из следующих способов.

1. Нивелиры  $H_1$  и  $H_2$  (рис. 8) устанавливаются на берегах реки на перпендикулярах к трассе против точек  $P_1$  и  $P_2$  на равных расстояниях от последних:  $H_1P_1 = H_2P_2$ . Следовательно,  $H_1P_2 = H_2P_1$ .

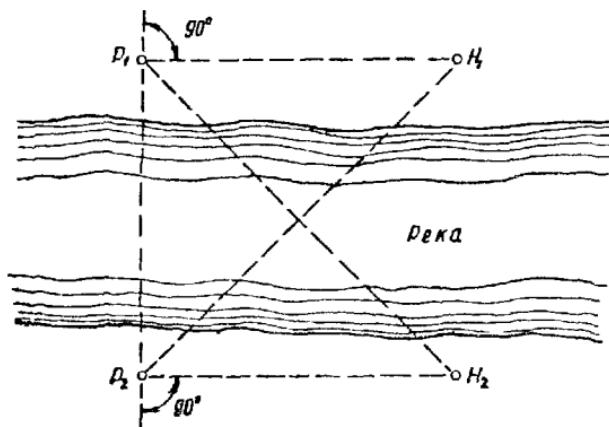


Рис. 8. Передача высотных отметок через реку — первый способ

При визировании из точек  $H_1$  и  $H_2$  на рейки, установленные в точках  $P_1$  и  $P_2$ , имеем:  $H_1P_1$  и  $H_1P_2$  — длины заднего и переднего взглядов на первой стоянке;  $H_2P_1$  и  $H_2P_2$  — то же, на второй стоянке.

Поскольку сумма длин передних взглядов равна сумме длин задних взглядов, то систематические ошибки исключаются; для уменьшения влияния рефракции измерения желательно производить в пасмурные дни.

2. Способ передачи отметки по схеме, изображенной на рис. 9, имеет следующие преимущества перед первым способом: уменьшение расстояний  $H_1P_2$  и  $H_2P_1$ , а также

возможность определения их дальномером для промера ширины реки.

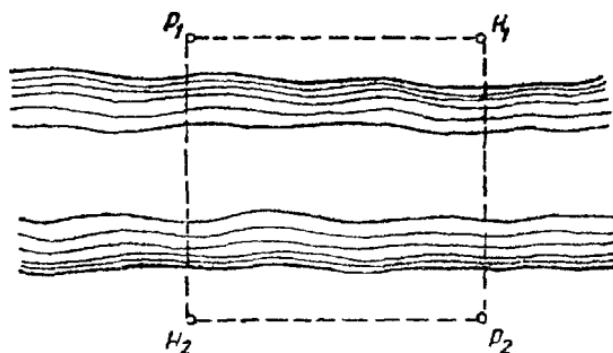


Рис. 9. Передача высотных отметок через реку — второй способ

3. Нивелир  $H_1$  (рис. 10) устанавливается на трассе так, чтобы его окуляр находился на расстоянии 1 см от рейки  $P_1$ , на которую визируют назад через объектив. Так как нити сетки не будут видны, то отсчет по рейке

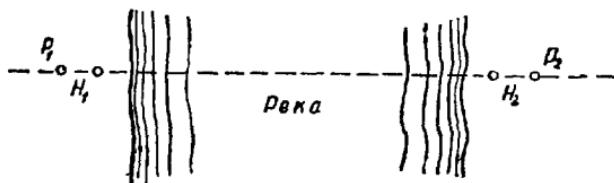


Рис. 10. Передача высотных отметок через реку — третий способ

определяется достаточно точно при помощи острого предмета (конца карандаша). Взгляд вперед на рейку  $P_2$  берется обычным способом.

Аналогично производятся наблюдения на втором берегу. Этот способ является наиболее надежным и скоростным, в особенности при заросших берегах.

Методика нивелирования и применяемые инструменты при передаче высотных отметок через неприступные расстояния в зависимости от величин неприступного расстояния и класса нивелирования приведены в табл. 35.

Таблица 35

Класс нивелирования	Величина неприступного расстояния, м				
	100—150	150—300	300—500	500—600	600—800
III	Инструмент для нивелирования III класса с увеличением трубы $\geq 30$ ; цена деления уровня $\leq 15''$		Инструмент с увеличением трубы $\geq 40$ ; цена деления уровня $\leq 10''$		Инструмент с элевационным винтом
	Методика нивелирования III класса			По способу инженера Отпущенникова	
IV	Инструмент для нивелирования IV класса с увеличением трубы $> 25$ ; цена деления уровня $\leq 25''$	Инструмент для нивелирования III класса с увеличением трубы $> 30$ ; цена деления уровня $\leq 15''$	Инструмент с увеличением трубы $> 30$ и ценой деления уровня $\leq 15''$		Аналогично III классу
	Методика нивелирования IV класса, но с отсчетом по трем нитям или при трех различных горизонтах инструмента			Методика нивелирования III класса	

В тех случаях, когда не требуется знать высоту сооружения с большой точностью (например, для определения

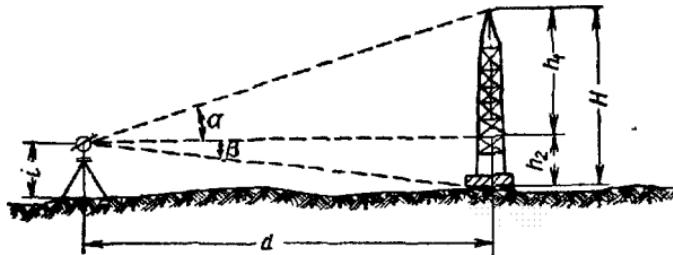


Рис. 11. Схема к определению высоты сооружения

высоты проводов линий связи и электропередачи, дымовых труб и др.), применяется следующий способ ее определения (рис. 11).

Становятся с теодолитом на расстоянии  $d$  от сооружения и измеряют вертикальные углы  $\alpha$  и  $\beta$  при обоих кругах инструмента. В связи с тем, что

$$h_1 = d \operatorname{tg} \alpha; h_2 = d \operatorname{tg} \beta,$$

высота сооружения

$$H = h_1 + h_2 = d(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta). \quad (28)$$

В равнинной местности можно пренебречь разностью уровня земли около наблюдаемого предмета и в месте стояния теодолита; в этом случае величина  $d \operatorname{tg} \beta$  может быть принята равной высоте инструмента  $i$ , тогда  $H = h_1 + i$ .

### § 13. Определение истинного азимута

В зависимости от характера и точности производимых работ истинный азимут определяется способами, приведенными в табл. 36.

Таблица 36

Стадия изысканий	Способ определения истинного азимута	Точность определения истинного азимута, мин.
Рекогносцировочные Предварительные То же	По способу гномона	10
	По Полярной звезде	3—4
	По звездам	1—2
Окончательные	По солнцу	$\Delta = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}, \quad (29)$ где $v$ — уклонение отдельных значений азимута от среднего; $n$ — число приемов наблюдения азимута
То же	По способу проф. Красовского	

Определение истинного азимута по способу гномона производится на чертежной доске с листом ватмана, на котором вычерчены концентрические окружности (рис. 12); доска устанавливается на походном столике вблизи трассы. В центре  $O$  вертикально закрепляется игла длиной 5—10 см. Наблюдения производят в ясную

погоду с утра и до вечера, отмечая точки *a*, *b*, *v*..., в которых конец тени иглы будет касаться концентрических окружностей. Эти точки соединяют хордами *ae*, *bd*, *vg* и т. д.; в серединах хорд *жс*, *з*, *и* и т. д. закрепляются иглы, которые с иглой в точке *O* составят направление истинного меридиана, провешиваемого по створу игл на местности.

Для определения истинного азимута по Полярной звезде требуется теодолит, который приводят строго в горизонтальное положение и ожидают момента, когда Полярная звезда *α* и звезда Большой Медведицы *η* (рис. 13) окажутся одновременно на вертикальной нити, для чего трубу наводят то на одну, то на другую звезду, пока они не окажутся на одной вертикали. Это положение указы-

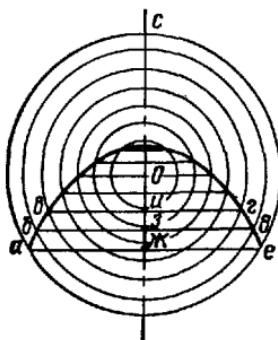


Рис. 12. Схема определения истинного азимута по способу гномона

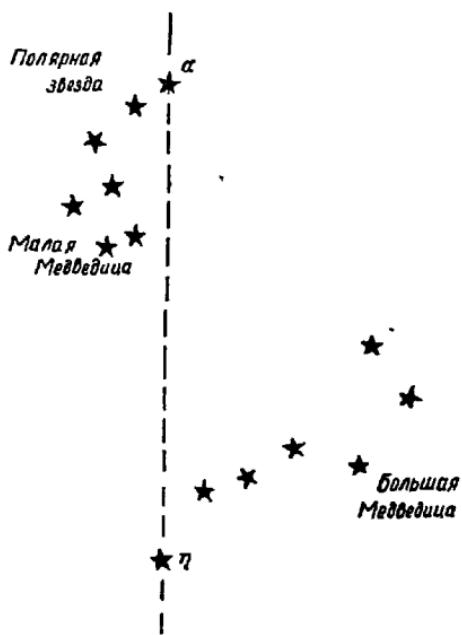


Рис. 13. Схема определения истинного азимута по Полярной звезде

вает на алидаде теодолита направление истинного меридиана, которое на следующий день провешивают на местности.

Направление истинного меридиана определяется по солнцу путем двукратного визирования на него: до полудня (I наблюдение) и после полудня (II наблюдение) при том же угле вертикального наклона трубы теодолита с поворотом лишь алидады (рис. 14). Среднее арифмети-

ческое из двух отсчетов по алидаде дает направление истинного меридиана.

В этот отсчет вносится поправка на склонение солнца по формуле

$$k = \frac{t \Delta B}{\cos \varphi \sin 15t}, \quad (30)$$

где  $t$  — половина времени от I до II наблюдения, мин.;

$\Delta B$  — изменение склонения солнца в 1 мин. (по таблице);

$\varphi$  — географическая широта, полученная по карте с точностью до 1 мин.;

$15t$  — время, обращенное в градусную меру (коэффициент 15), где  $t$  берется в часах.

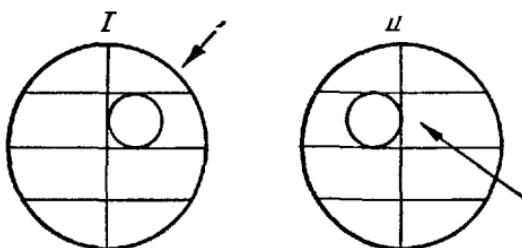


Рис. 14. Поле зрения трубы при определении истинного азимута по солнцу:  
I — наблюдение до полудня; II — наблюдения после полудня

Для предохранения зрения применяется цветное стекло, вставляемое в окуляр теодолита.

Порядок определения истинного азимута по способу проф. И. И. Красовского изложен в пояснениях к специальным таблицам, при наличии которых этот способ является наиболее практическим при изысканиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

Инструкция по триангуляции 1, 2, 3 и 4 классов. ГУГК, 1955.

Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, ГУГК, 1955.

Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000  
1 : 2000. ГУГК, 1955.

Инструкция по городским съемкам НКХ РСФСР, 1940 г. с дополнениями 1945 г.

Справочник по маркшейдерскому делу. Углехиздат, 1955.

Справочник изыскателя железных дорог. Трансжелдориздат, 1948.

Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ на угольных и сланцевых месторождениях, ч. I, II, III и IV, МУП, Углехиздат, 1952—1953.

## ГЛАВА III

### ИЗЫСКАНИЯ ТРАСС ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Трассой линейного сооружения (дороги, водопровода, канала, линии электропередачи) называется ось этого сооружения, разбитая на местности или нанесенная на карте или плане.

Задачей трассирования является установление и разбивка на местности или плане наиболее целесообразного положения оси линейного сооружения в соответствии с техническими условиями проектирования этого сооружения.

#### § 14. Трассирование в зависимости от топографических условий

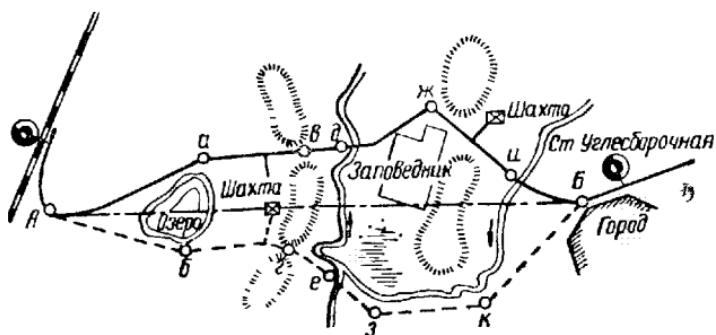
Трассы прокладываются по заданным уклонам или независимо от таковых. В первом случае при трассировании руководствуются техническими условиями проектирования (ТУП) плана и профиля линии; во втором случае — только плана линии.

Важнейшие факторы при выборе трассы — характер рельефа и величина уклона местности по направлению трассы. Если продольные уклоны на местности вдоль трассы меньше наибольших допускаемых уклонов по трассе, т. е.  $i_{\text{ест}} < i_p$ , — ход называют «вольным».

Если трассу ведут подъемом или спуском, располагая ее так, чтобы продольный уклон был равен наибольшему допускаемому, величина которого равна или меньше уклона местности, т. е.  $i_{\text{ест}} \geq i_p$ , — ход называется «напряженным».

При трассировании между заданными пунктами могут встретиться препятствия, отклоняющие трассу от

кратчайшего прямого направления (рис. 15). Вследствие различного положения на местности этих препятствий возникают варианты направления трассы, подлежащие сравнению.



При выборе направления трассы в зависимости от расположения ее по отношению к местным формам рельефа различают следующие ходы трасс:

- а) водораздельный ход — между пунктами, расположеннымными в пределах одного и того же водораздела;
  - б) долинный ход, укладываемый вдоль реки по одной из террас речной приусловой долины;
  - в) косогорный ход — между пунктами, расположеннымми по склону между долиной и водоразделом;
  - г) поперечно-водораздельный ход, укладываемый с пересечением водораздела и переходом из одной долины в другую.

## § 15. Камеральное трассирование

Камеральное трассирование по картам и планам различных масштабов служит для выбора направления линии и оценки ее плана и профиля до выезда на полевые изыскания.

Основные действия при трассировании заключаются:

в проложении геодезической линии между заданными пунктами, изучении рельефа и ситуации вдоль этой линии;

в укладке плана трассы на участках вольных ходов, которая сводится к обоснованию обходов препятствий и выбору мест для углов поворота; при этом стремятся сохранить кратчайшее расстояние;

в укладке трассы на участках напряженных ходов (где  $i_{\text{ест}} > i_p$ ), заключающейся в подборе направления, для которого уклон местности должен быть равен уклону трассирования. Для этого применяют метод трассирования под циркуль, развивая трассу по линии «нулевых работ» уклоном, равным по величине предельному, допустимому по ТУП.

Заложение между горизонталями определяется по формуле

$$d = \frac{\Delta h}{i_{\text{ест}}}, \quad (31)$$

где  $\Delta h$  — сечение рельефа горизонталями, м;

$i_{\text{ест}}$  — естественный уклон местности,  $\%$ .

Раствор циркуля в сантиметрах ( $d_t$ ), соответствующий заложению при допустимом по ТУП уклоне ( $i_p$ ), определится по формуле

$$d_t = \frac{\Delta h}{i_p}. \quad (32)$$

Если намечаемая трасса располагается в плане на кривых, то следует учесть дополнительное сопротивление движению ( $i_k$ ), тогда величина  $d_t$  для заданного  $i_p$  с учетом дополнительного сопротивления определится по формуле

$$d_t = \frac{\Delta h}{i_p - i_k}. \quad (32 \text{ a})$$

Уклон трассирования соответственно будет

$$i_r = i_p \text{ или } i_r = i_p - i_k.$$

Для любого масштаба карты  $d_t$  определяется по формуле

$$d_t = \frac{\Delta h M}{i_p} \cdot 10^5 \text{ или } d_t = \frac{\Delta h M}{i_p - i_k} \cdot 10^5 \quad (33)$$

Пример. Масштаб карты 1 : 50 000;  $\Delta h = 5$  м;  $i_p = 7,5\%$ ;  $i_k = 1\%$ ;

$$d_t = \frac{5 \cdot 1/50\,000}{7,5 - 1} \cdot 10^5 = 1,51 \text{ см.}$$

Точки 1, 2, 3,... пересечения горизонталей с засечками, последовательно описываемыми циркулем, лежат на линии уклона местности, равного заданному уклону; линия А—Б — спрямленная трасса (рис. 16).

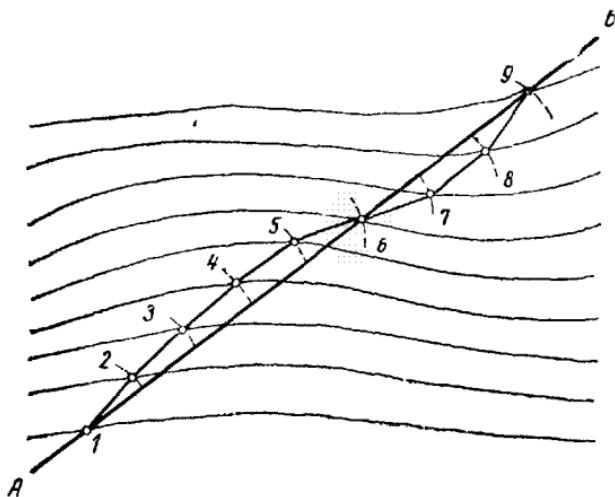


Рис. 16. Схема трассирования линии под циркуль

Одновременно с трассированием по плану вычерчивается и проектируется профиль, по которому вносятся исправления в план трассы для уменьшения объема земляных работ (рис. 17).

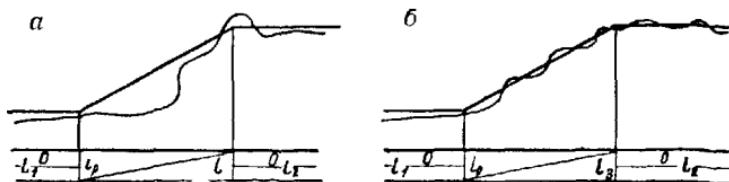


Рис. 17. Положение проектной линии и промежуточных точек земли при развитии линии:  
а — неправильное; б — правильное

Перенос линии с планов и карт на местность производится: по ситуационным признакам, если они имеются на местности; по определяемым по карте румбам линии; по вычисленным или определенным графически координатам вершин углов поворота линии.

### § 16. Полевое трассирование

Выбор направления трасс сводится к обходу непреодолимых препятствий и целесообразному пересечению остальных; при этом выбирают кратчайшее расстояние между заданными пунктами (рис. 18 и 19).

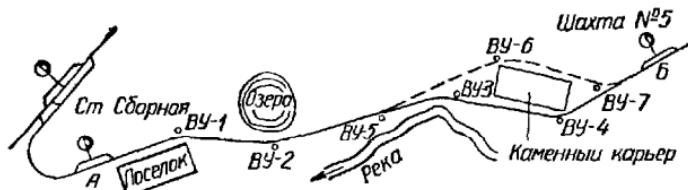


Рис. 18. Схема трассирования вольным ходом

На карте или на местности вначале выбираются удобные места переходов через реки, седловины горных хребтов, обходы населенных пунктов, а затем производят

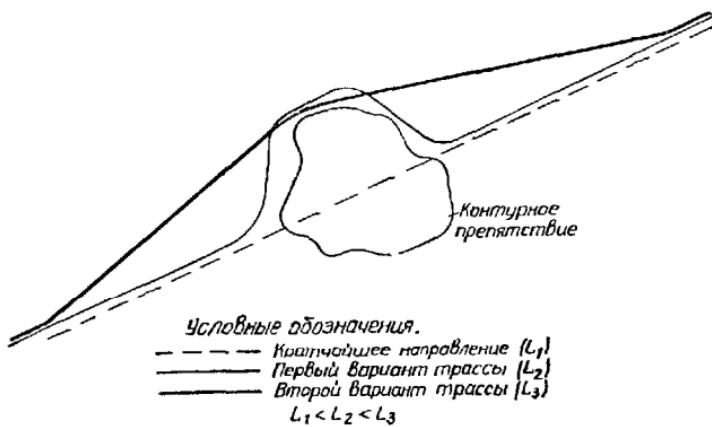


Рис. 19. Трассирование на участках обхода контурного препятствия

дится трассирование линии между этими пунктами. Трассирование ведется от водоразделов, а не наоборот.

Удлинение линии в зависимости от величины угла поворота определяется по формуле

$$\lambda = \frac{1}{\cos \alpha} - 1. \quad (34)$$

Величину углов поворота следует принимать в пределах 10—20°, что удлиняет трассу незначительно (табл. 37).

Таблица 37

Угол поворота, град.	Относительное удлинение, %	$\lambda$ гол поворота, град.	Относительное удлинение, %	Угол поворота, град.	Относительное удлинение, %
0	0	25	10,3	50	55,5
5	0,4	30	15,5	60	100,0
10	1,5	35	22,0	70	192,0
15	3,4	40	30,5	80	476,0
20	6,4	45	41,4	$\infty$	

На участках вольных ходов направление линии определяется положением фиксированных точек в местах обхода контурных препятствий, вершины углов поворота (ВУ) устанавливаются против препятствий на расстоянии, позволяющем вписать трассу дороги или канала.

На участках напряженных ходов, где  $i_{\text{ест}} > i_t$ , трассирование производится на основании соответствующего расчета потребного развития линии.

Наименьшее расстояние по горизонтали между точками перелома профиля, т. е. вычисленная длина участка между фиксированными точками в начале и в конце предельного подъема, определится по формуле

$$l_{\min} = \frac{H_2 - (H_1 + H_n + H_v)}{i_t}, \quad (35)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — отметки фиксированных точек;

$H_n$  и  $H_v$  — высота насыпи и глубина выемки;

$i_t = i_p - i_s$  — предельный уклон трассирования;

$i_p$  — руководящий подъем;

$i_s$  — усредненное эквивалентное сопротивление на кривых участках пути.

Величина  $i_s = 0,012 \Sigma a$ , где  $\Sigma a$  — среднее число градусов углов поворота на 1 км трассы, принимается равной при предварительных изысканиях:

в легких условиях 0,5 ( $40^\circ/\text{км}$ )

» средних » 1,0 ( $85^\circ/\text{км}$ )

» сложных » 1,5 ( $125^\circ/\text{км}$ )

При значительных величинах  $H_n$  и  $H_v$  следует  $l_{\min}$  увеличить; расчетное удлинение линии  $\Delta l = l_{\min} - l_0$ , где  $l_0$  — спрямленное расстояние между нижней и верхней точками.

Приемы развития линии показаны на рис. 20, 21 и 22.

На участках напряженных ходов трассирование производится подбором на местности направления, отметки точек земли которого соответствуют проектному положе-

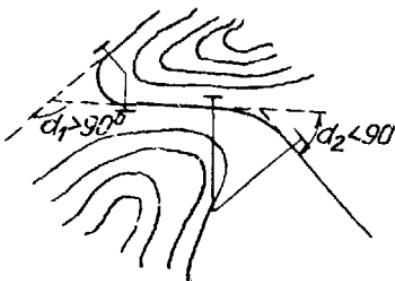


Рис. 20. Схема развития линии на участке вольного хода

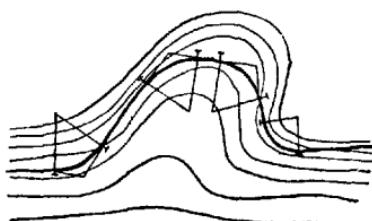


Рис. 21. Схема развития линии на участке напряженного хода

нию профиля трассы при заданном уклоне. При этом применяются приемы трассирования под теодолит, под нивелир и по магистрали.

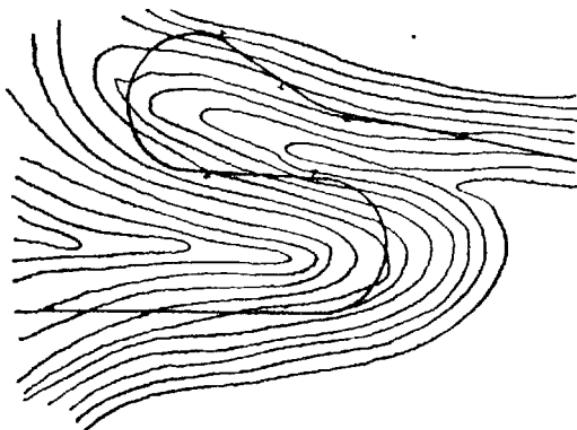


Рис. 22. Схема петлеобразного развития линии

При трассировании под теодолит (рис. 23) устанавливают визирную ось трубы инструмента под углом наклона, соответствующим уклону трассирования, т. е.  $i_t = i_p - i_k$ . Затем выбирают направление, близкое к заданному по карте, или определяют величину уклона на

глаз и, визируя на деление рейки, соответствующее высоте инструмента, находят на местности точки на линии нулевых работ, по которым намечают трассу.



Рис. 23. Подбор теодолитом точек нулевых работ:  
H — высота визирной оси;  $\alpha$  — угол наклона визирной оси

Установка вертикального круга теодолита на определенный отсчет, соответствующий уклону, производится согласно данным табл. 38.

Таблица 38

Уклоны, %	Десятые доли уклона (десятитысячные)					
	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	Угол наклона					
0	0°0',0	0°0',7	0°1',4	0°1',7	0°2',1	0°2',7
3	10,3	11,0	11,7	12,0	12,4	13,1
5	17,2	17,9	18,6	18,9	19,2	19,9
7	24,1	24,7	25,4	25,8	26,1	26,8
8	27,5	28,2	28,9	29,2	29,6	30,2
9	30,9	31,6	32,3	32,7	33,0	33,7
10	34,4	35,1	35,8	36,1	36,4	37,1
11	37,8	38,5	39,2	39,5	39,9	40,6
12	41,3	41,9	42,6	43,0	43,3	44,0
14	48,1	48,8	49,5	49,8	50,2	50,9
16	55,0	55,7	56,4	56,7	57,1	57,7
18	1°1',9	1°2',6	1°3',3	1°3',6	1°3',9	1°4',6
20	8,8	9,4	10,1	10,5	10,8	11,5
22	15,6	16,3	17,0	17,3	17,7	18,4
24	22,5	23,2	23,8	24,2	24,6	25,3
25	26,0	26,6	27,3	27,7	28,0	28,7

Ход под нивелир выполняется по пробному направлению трассы, по которому производится нивелировка и составляется рабочий профиль для суждения о пригодности трассы. При неудовлетворительных результатах

трассу смещают и делают новый пробный ход; в отдельных случаях производят разбивку и нивелировку попечников, по которым вычерчивают план в горизонталях для уточнения направления трассы.

Ход по магистрали применяется в трудных топографических условиях, когда укладка трассы непосредственно на местности способами, описанными выше, оказывается затруднительной. На таких участках производят тахеометрическую съемку плана в горизонталях в масштабе 1 : 5000—1 : 2000, принимая за базис магистраль, разбиваемую по направлению, близкому к предполагаемому направлению трассы. Последняя проектируется вначале на плане, а затем переносится на местность.

Решающим фактором для трассирования линии в заросшей лесом местности является наличие картографического материала. При изысканиях производится предварительное освещение местности путем рекогносцировки по просекам, дорогам и др.; целесообразно также применение шаров-зондов, поднимаемых над лесом в контрольных точках в безветренную погоду.

## § 17. Буссольно-таксиметрические ходы

Буссольно-таксиметрические ходы применяются при изысканиях линейных сооружений в тех случаях, когда требуется быстрая проходка при малой точности работ: для прокладки основного хода при рекогносцировочных изысканиях, для обследования вариантов при предварительных изысканиях, обходов логов, определения уклона логов и др.

Для этих работ применяются одноминутные теодолиты или тахеометры, двусторонние рейки длиной 3—4 м; через 30—50 км хода, а также в начале и в конце трассы производится определение истинного азимута с точностью  $\pm 10'$ .

В закрытой и пересеченной местности во избежание задержки проходки при выборе передних точек применяют ход по точкам «на себя», визируя только на заднюю рейку.

Допустимые невязки определяются по следующим формулам:

угловая  $\Delta t \leq 15\sqrt{n}$ , мин., (36)

где  $n$  — число углов поворота;

линейная

$$\Delta l \leq 1/300 \text{ периметра}; \quad (37)$$

высотная

$$\Delta h \leq 2m_h \sqrt{LD}, \text{ м}, \quad (38)$$

где  $L$  — общая длина хода, км;

$D$  — средняя длина одной линии, км.

Значение коэффициента  $m_h$  при углах наклона  $\alpha < 5^\circ$  принимается равным 0,4 м/км; при  $5^\circ < \alpha < 7^\circ$  — 0,6 м/км; при  $\alpha > 7^\circ$  — 0,8 м/км.

### § 18. Тахеометрическое трассирование

Тахеометрический метод трассирования применяется при предварительных изысканиях и заключается в проведении работ при помощи одного теодолита, которым определяются горизонтальные углы, провешиваются линии, определяются расстояния и превышения высот точек. Для двух последних операций применяются две складные рейки.

При этом способе трассирования пикеты не разбиваются, характерные переломы профиля поверхности земли по трассе отмечаются плюсами от ближней стоянки теодолита. Расстояния между стоянками теодолита (станциями) должны быть не более 200—250 м. Измерение горизонтальных углов производится одним полу приемом.

Для определения расстояния пользуются дальномером; вычисление производят по формуле

$$L = Ch \cos^2 \alpha + g, \quad (39)$$

где  $C$  — коэффициент дальномера;

$h$  — разность отсчетов по крайним точкам;

$\alpha$  — угол наклона визирной оси к горизонту;

$g$  — постоянная дальномера, принимается равной полуторной длине трубы.

Превышения высот точек определяются по формуле (23).

При рекогносцировочных изысканиях дорог и линий электропередачи применяются дальномерно-барометрические ходы, при которых высоты точек определяются барометрическим нивелированием.

Расстояние определяется для близких точек по дальномеру, а для дальних точек путем определения угла между двумя лучами визирования, при наводке на верх и низ отдаленного предмета, высота которого известна, по формуле

$$L = 34,4 \frac{100 h}{\alpha}, \quad (40)$$

где  $h$  — высота предмета, м;

$\alpha$  — угол между верхним и нижним лучами визирования, мин.

### § 19. Барометрическое нивелирование

Барометрическое нивелирование применяется при предварительных изысканиях трасс в гористых районах. Точность барометрического нивелирования невысока; ошибка не должна превышать 3% определяемой разности высот.

При величине ошибки в показании анероида, равной 0,1 мм, ошибка по высоте будет 1 м, а при ошибке в показании термометра 1°, ошибка по высоте 2 м.

Приведение отсчетов по анероиду к показаниям ртутного термометра производится по формуле

$$B_0 = A + bt_A + C(760 - A) + a, \quad (41)$$

где  $B_0$  — показания ртутного барометра при температуре 0°;

$A$  — показание анероида;

$a$  — постоянная поправка анероида, зависящая от его механизма;

$b$  — температурный коэффициент для приведения показания анероида к 0°;

$C$  — коэффициент изменения давления;

$t_A$  — температура анероида.

Вычислив исправленные показания анероида, их составляют с показаниями анероида постоянной станции и находят разность высот, пользуясь таблицами приблизительных амплитуд или барометрических ступеней (табл. 39).

Таблица 39

$B_4$	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	$B_4$	$t_A$
-5	11,39	11,23	11,17	11,11	11,05	11,00	10,95	10,90	10,85	10,81	10,77	10,62
-4	11,43	11,27	11,21	11,15	11,20	11,24	11,28	11,32	11,27	10,89	10,81	10,85
-3	11,48	11,31	11,36	11,30	11,24	11,28	11,32	11,36	11,31	10,93	10,89	10,85
-2	11,52	11,35	11,40	11,44	11,38	11,42	11,46	11,50	11,45	10,97	10,82	10,78
-1	11,56	11,40	11,50	11,60	11,44	11,48	11,52	11,56	11,51	10,91	10,85	10,81
0	11,60	11,44	11,55	11,65	11,50	11,55	11,60	11,65	11,60	10,97	10,82	10,78
1	11,65	11,50	11,60	11,65	11,55	11,60	11,65	11,70	11,65	10,91	10,85	10,81
2	11,69	11,52	11,65	11,70	11,55	11,60	11,65	11,70	11,65	10,95	10,88	10,84
3	11,73	11,56	11,60	11,65	11,55	11,60	11,65	11,70	11,65	10,99	10,93	10,89
4	11,77	11,61	11,64	11,67	11,60	11,64	11,68	11,73	11,68	10,91	10,85	10,81
5	11,82	11,65	11,68	11,72	11,65	11,70	11,74	11,79	11,74	10,95	10,89	10,85
6	11,86	11,69	11,73	11,77	11,70	11,74	11,78	11,83	11,78	10,99	10,93	10,89
7	11,90	11,73	11,77	11,81	11,74	11,78	11,82	11,87	11,82	11,03	10,97	10,93
8	11,94	11,77	11,81	11,85	11,74	11,78	11,82	11,87	11,82	11,07	10,91	10,87
9	11,99	11,82	11,86	11,90	11,79	11,83	11,87	11,92	11,87	11,11	10,95	10,91
10	12,03	11,86	11,90	11,94	11,83	11,87	11,91	11,96	11,91	11,15	10,99	10,95
11	12,07	11,90	11,94	12,10	11,87	11,91	11,95	12,00	11,95	11,20	10,93	10,89
12											10,97	10,93

$t_A$	$B_0$	690	700	710	720	730	740
13		12,16	11,98	11,81	11,65	11,49	11,34
14		12,20	12,03	11,86	11,69	11,53	11,38
15		12,24	12,07	11,90	11,73	11,57	11,42
16		12,28	12,11	11,94	11,77	11,61	11,45
17		12,33	12,15	11,98	11,81	11,65	11,49
18		12,37	12,19	12,02	11,85	11,69	11,53
19		12,41	12,24	12,06	11,90	11,73	11,57
20		12,45	12,28	12,10	11,94	11,77	11,61
21		12,50	12,32	12,15	11,98	11,81	11,65
22		12,54	12,36	12,19	12,02	11,85	11,69
23		12,58	12,40	12,23	12,06	11,89	11,73
24		12,62	12,44	12,27	12,10	11,93	11,77
25		12,67	12,49	12,31	12,14	11,97	11,81
26		12,71	12,53	12,35	12,18	12,01	11,85
27		12,75	12,57	13,39	12,22	12,05	11,89
28		12,79	12,61	12,43	12,26	12,09	11,93
29		12,84	12,65	12,48	12,30	12,13	11,97
30		12,88	12,70	12,52	12,34	12,18	12,01

Продолжение таблицы 39

750	760	770	780	$B_0$	$t_A$
11,19	11,04	10,89	10,76		13
11,22	11,08	10,93	10,79		14
11,26	11,12	10,97	10,83		15
11,30	11,15	11,01	10,87		16
11,34	11,19	11,05	10,91		17
11,38	11,23	11,09	10,94		18
11,42	11,27	11,12	10,98		19
11,46	11,31	11,16	11,02		20
11,50	11,35	11,20	11,06		21
11,54	11,39	11,24	11,09		22
11,58	11,42	11,28	11,13		23
11,62	11,46	11,31	11,17		24
11,65	11,50	11,35	11,21		25
11,69	11,54	11,39	11,24		26
11,73	11,58	11,43	11,28		27
11,77	11,62	11,47	11,32		28
11,81	11,66	11,50	11,35		29
11,85	11,70	11,54	11,39		30

## § 20. Привязка трассы к геодезическим знакам

Привязка теодолитного хода по трассе к геодезическим знакам высших классов производится для передачи на трассу общегосударственных координат и абсолютной высотной отметки. Точность привязки к пунктам триангуляции, полигонометрии и реперам должна быть не ниже точности хода по трассе.

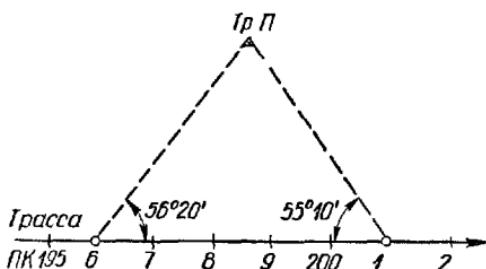


Рис. 24. Привязка трассы к геодезическим пунктам прямым засечками

При предварительных изысканиях допускается плановая привязка путем прямой засечки пункта триангуляции не менее чем с двух точек трассы (рис. 24). В этом

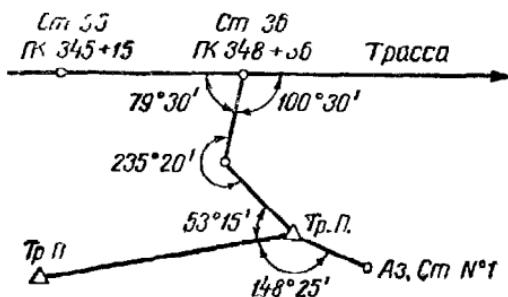


Рис. 25. Привязка трассы к геодезическим пунктам теодолитным ходом

случае результаты привязки накладываются на кальку плана трассы для совмещения с засеченными пунктами на карте.

При окончательных изысканиях привязка трассы к опорным пунктам геодезической сети производится: теодолитными ходами (рис. 25), прямой засечкой пункта

триангуляции не менее чем с трех точек трассы (рис. 26), обратной засечкой по четырем пунктам.

При изысканиях железных дорог плановые привязки к геодезическим пунктам при предварительных изысканиях производятся не реже чем через 50 км при удалении опорных пунктов до 3 км и не реже чем через

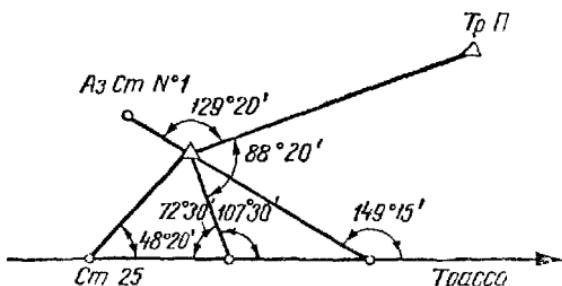


Рис. 26. Привязка трассы к геодезическим пунктам засечками

100 км при удалении опорных пунктов от 3 до 10 км. При окончательных изысканиях — не реже чем через 25 км при удалении пунктов триангуляции или полигонометрии до 3 км и не реже чем через 50 км при удалении этих пунктов от 3 до 10 км.

При отсутствии в районе изысканий геодезических пунктов или большом их удалении от трассы для ориентирования хода и контроля угловых измерений должны производиться наблюдения истинных азимутов. Истинные азимуты должны определяться с точностью не ниже  $2'$  и не реже чем через 50 км при предварительных изысканиях и через 25 км при окончательных изысканиях.

Угловая погрешность между опорными пунктами или пунктами определения истинных азимутов не должна превышать при предварительных изысканиях  $\pm 3t\sqrt{n}$  мин.; при окончательных изысканиях  $\pm 1,5 t\sqrt{n}$  мин. (здесь  $t$  — точность верньера, мин.;  $n$  — число стоянок теодолита, включая стоянки при вешении длинных прямых).

Высотные привязки должны производиться в начале и конце трассы, а также ко всем расположенным в районе трассы постоянным репером государственного нивелирования.

Невязка в ходах, опирающихся обоими концами на реперы или марки государственного нивелирования, не должна превышать: при предварительных изысканиях железных дорог  $\pm 40 \sqrt{L} \text{ мм}$ , при окончательных изысканиях железных дорог и линий электропередачи  $\pm 20 \sqrt{L} \text{ мм}$ , где  $L$  — длина хода, км.

Относительные линейные невязки хода между опорными пунктами не должны превышать: при предварительных изысканиях 1 : 1000 длины при благоприятных условиях измерения и 1 : 500 длины — при неблагоприятных; при окончательных изысканиях 1 : 2000 длины при благоприятных условиях измерения и 1 : 1000 — при неблагоприятных.

Норм для привязок к опорным пунктам при изысканиях других линейных сооружений не имеется; следует руководствоваться приведенными выше для изысканий железных дорог.

## § 21. Топографические съемки на трассах

Топографические съемки при изысканиях линейных сооружений выполняются на участках мостовых переходов, железнодорожных станций и поселков при них в масштабах: для проектных заданий 1 : 2000—1 : 5000 и для технических проектов 1 : 1000—1 : 2000.

При площади съемок в масштабе 1 : 5000 не более 10 км<sup>2</sup> и в масштабе 1 : 2000 не более 2 км<sup>2</sup> в случае отсутствия в непосредственной близости пунктов государственной геодезической сети съемки разрешается производить на съемочном обосновании, привязанном к трассе.

Топографическая съемка (масштаб 1 : 2000—1 : 5000) полосы вдоль трассы или магистрального хода производится для последующей камеральной укладки трассы при предварительных изысканиях или для проектирования земляного полотна, водоотводных и прочих сооружений при окончательных изысканиях. Съемочным обоснованием узкой (до 600 м) полосы съемки является трасса или магистральный ход. Предельная длина луча визирования до реечных точек принимается по табл. 40.

При сложном рельефе количество точек увеличивается.

Таблица 40

Стадия проектирования	Масштаб	Съемка территории		Съемка полос	
		Расстояния по речным точкам, м	Расстояния между речными точками в средних условиях, м	Расстояния до речных точек, м	при съемке рельефа
Проектное задание . . . .	1 : 5000	250	100	300	250
Технический проект и рабочие чертежи . . . .	1 : 2000	150	50	150	100

## § 22. Закрепление геодезических работ

Трассы линейных сооружений прочно закрепляются для удобства отыскания их при последующих изысканиях и переносе проекта в натуру.

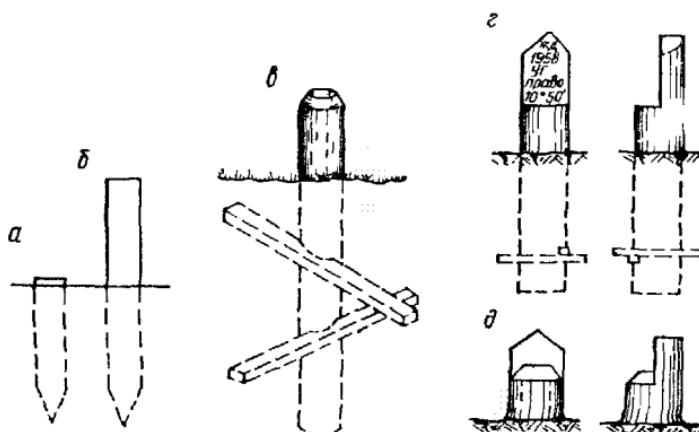


Рис. 27. Обозначение точек на местности и временные реперы:

а — точка; б — сторожок; в — створный столб; г — угловой столб; д — временный репер на пне

Закрепление углов поворота трассы, пикетных точек, створных столбов на длинных прямых участках и створных столбов на переходах водотоков производится временными деревянными знаками (рис. 27).

Угловой столб и точка вершины угла окапываются

канавой глубиной и шириной 0,15—0,20 м; на столбе надписывают краской элементы угла.

Длиные прямые участки трасс и теодолитных ходов закрепляются деревянными створными столбами с таким расчетом, чтобы, стоя у столба, можно было видеть один-два столба впереди и сзади по ходу: при предварительных изысканиях не реже чем через 1000 м, при окончательных — 500 м.

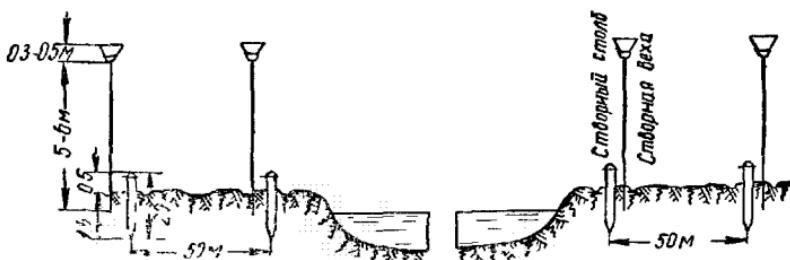


Рис. 28. Закрепление створа мостового перехода

На мостовых переходах рек шириной более 50 м, кроме створных вех трасса закрепляется створными столбами (рис. 28).

### § 23. Трассирование в зависимости от инженерно-геологических условий

Инженерно-геологические условия по трассам и степень устойчивости грунтов как естественных оснований для возведения на них линейных сооружений определяются:

- на стадии предварительных изысканий — методом инженерно-геологической съемки в масштабах 1 : 10 000—1 : 25 000 полосы шириной 200—300 м с дополнительной проходкой ограниченного количества разведочных выработок;
- на стадии окончательных изысканий — в основном при помощи разведочных выработок, местоположение, количество и глубина которых определяются в соответствии с конструктивными особенностями проектируемых сооружений и физико-геологическими условиями района.

Особо важное значение имеет изучение участков, неблагоприятных в инженерно-геологическом отношении вследствие происходящих на них физико-геологических процессов; характеристика этих участков и вопросы, подлежащие разрешению при их исследовании, приведены в табл. 41.

Таблица 41

Участки, неблагоприятные в связи с развитием физико-геологических процессов		Вопросы, подлежащие разрешению при изысканиях	Состав работ
Наименование	Характеристика		
Болота низинные	Образуются в результате заторфования водоемов, могут достигать значительной глубины; при зарастании имеют плавающий торфяной ковер и часто содержат разжиженный сапропелевый торф; встречаются «окна»	1) Тип болота, его происхождение и строение 2) Ботанический состав, степень разложения и влажность торфа 3) Глубина болота и состав грунтов минерального дна 4) Поперечный и продольный уклон дна 5) Водный режим болота, возможность отвода воды от трассы	1) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 5000—1:2000 с зондировкой торфа 2) При большой мощности торфа бурение скважин с углублением на 2—3 м в минеральное дно по трассе через 50—100 м и на поперечниках через 25—50 м
Болота верховые	Образуются при недостаточном поверхностном стоке, располагаются на водоразделах, неглубоки; при хорошей степени разложения торфа могут обладать достаточной плотностью для сооружения на нем земляного полотна		

Продолжение табл. 41

Участки, неблагоприятные в связи с развитием физико-геологических процессов		Вопросы, подлежащие разрешению при изысканиях	Состав работ
Наименование	Характеристика		
Карст	Выщелачивание поверхностными и подземными водами сравнительно легко растворимых горных пород (известняков, доломитов, гипсов и каменной соли), благодаря чему образуются пустоты, вызывающие провалы, оседание кровли и образование воронок и различной формы впадин на земной поверхности	1) Распространение и условия залегания карстующихся пород 2) Возраст карстовых процессов 3) Условия циркуляции подземных вод 4) Химический состав подземных и поверхностных вод	1) Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 25 000—1 : 10 000 2) Электроразведка 3) Отбор проб для химических анализов воды
Оползни	Отрыв и смешение земляных масс по склону или откосу под влиянием силы тяжести в связи с нарушением равновесия; обычно связанны с деятельностью поверхностных или подземных вод	1) Литологический состав пород склона 2) Глубина залегания и условия циркуляции подземных вод 3) Коэффициент фильтрации водоодержащих пород 4) Положение поверхности скольжения	1) Инженерно-геологическая съемка оползневого участка в масштабе 1 : 5000—1 : 2000 2) Бурение скважин вдоль и поперек оползня с углублением в несмешенные породы 3) Опытные откачки 4) Стационарные наблюдения за режимом подземных вод и за подвижками земляных масс

Продолжение табл. 41

Участки, неблагоприятные в связи с развитием физико-геологических процессов		Вопросы, подлежащие разрешению при изысканиях	Состав работ
Наименование	Характеристика		
Селевые потоки (сели или синги)	Бурные грязевые потоки, образующиеся после сильных ливней в горных долинах с большим продольным уклоном; выносят в открытые места массу крупнообломочного смешанного с грязью материала; содержание в потоке взвешенного грязе-каменного материала достигает $\frac{2}{3}$	1) Распространение селевых отложений 2) Возможность отвода селевого потока от трассы	Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 5000—1 : 25 000

Оптимальные условия прохождения трассами неблагоприятных участков различны и зависят как от физико-геологических факторов, так и от характера сооружений. Оползни и карстовые участки подлежат обходу во всех случаях.

При строительстве линий электропередачи и канатных дорог все неблагоприятные участки по возможности пересекают одним пролетом или обходят; широкие болота переходят на свайных опорах.

Железные и автомобильные дороги трассируют по сухим косогорам, обходя смоченные; селевые потоки перекрывают одним мостовым пролетом в узком месте; осыпи обходят снизу, оползни — поверху; болота пересекают в наиболее узком месте или обходят их. В последнем случае изыскивают наиболее целесообразный вариант обхода.

Трассирование водоводов, канализационных коллекторов и прочих трубопроводов при пересечении неблагоприятных участков в основном аналогично с железными и автомобильными дорогами; при невозможности обхода селевых потоков в наиболее узком месте устраиваются эстакады.

Пересечение пойм всеми линейными сооружениями осуществляют в наиболее узком месте, под прямым углом, избегая староречия и участки с погребенным торфом. Необходимость пересечения под косыми углами обосновывается технико-экономическим сравнением вариантов.

При широком развитии макропористых грунтов рекомендуется для трасс всех линейных сооружений выбирать пониженные места с неглубокими залеганиями грунтовых вод. Оси трубопроводов должны быть удалены от наружной грани фундаментов зданий или сооружений на следующие расстояния: при грунтах I категории просадочности толщи независимо от диаметров труб — не менее 5 м; при грунтах II и III категорий просадочности толщи при диаметре труб более 300 мм — 15 м, от 300 до 150 мм — 10 м, от 150 до 100 мм — 7,5 м и менее 100 мм — 5 м.

При трассировании в сейсмических районах избегают крутых косогоров и неустойчивых склонов; обходят оползни и осыпи; удаляются от скалистых обрывов. При изысканиях должна быть определена степень сейсмической устойчивости пород, служащая основанием для проектирования, которая характеризуется сейсмической проводимостью (величиной сейсмического ускорения, возникающего в данной породе) согласно табл. 42.

Таблица 42

Категории пород	Коэффициент сейсмической проводимости пород
Твердые скальные . . . . .	1
Песчаные и щебнистые . . . .	3—6
Глинистые . . . . .	2—10
Наносные и насыпные земли .	5—12
Болотистые земли . . . . .	8—16

П р и м е ч а н и е. Величина коэффициента сейсмической проводимости пород уменьшается по мере насыщения их влагой.

**ЛИТЕРАТУРА**

Гибшман А. Е., Иоанисян А. И., Кондратченко А. П., Яковлев Б. В. Основы проектирования железных дорог. Трансжелдориздат, 1954.

Горинов А. В. Проектирование железных дорог, т. I, II, III. Трансжелдориздат, 1949.

Протодьяконов М. М. Изыскания и проектирование железных дорог. Трансжелдориздат, 1934.

Справочник изыскателя железных дорог. Трансжелдориздат, 1948.

Технический справочник железнодорожника, т. 3, Проектирование и постройка. Трансжелдориздат, 1950.

## ГЛАВА IV

### ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

#### § 24. Задачи инженерно-гидрологических работ

Инженерно-гидрологические работы имеют своей целью получение материалов для обоснования проектирования и строительства сооружений: плотин, водозаборов, мостов, отвода и регулирования рек и др.

В условиях угольных районов объектами гидрологических исследований могут являться малоизученные средние или малые реки

В программу гидрологических работ входят: устройство водомерных постов и наблюдения за колебаниями уровня воды; определение скорости течения и расходов воды; определение уклонов поверхности воды и коэффициентов шероховатости русла; наблюдения за наносами, размывом и заносимостью дна и берегов реки; исследования температурного режима, замерзания, зимнего режима и вскрытия реки от льда; изучение других элементов водного режима.

Состав и объем гидрологических исследований зависят от характера гидрологического режима реки, который должен быть изучен с учетом особенностей географического ландшафта водосборного бассейна реки; от целевого назначения исследований и характера использования реки (для транспортных целей, энергетического строительства, водоснабжения и др.).

#### § 25. Изыскания на участке реки, выбранном для стационарных гидрологических наблюдений

Гидрометрические створы для наблюдений выбираются на прямом участке реки с руслом правильной формы, без широких разливов, с правильным распределением струй по живому сечению

На участке реки, выбранном для гидрологических наблюдений, выполняются подробные изыскания, в состав которых входят: топографическая съемка; обследование грунта дна и берегов реки; определение направления и величины скорости течения; сбор сведений о гидрологическом режиме реки.

По выполненным работам составляется отчет, содержащий:

- а) краткое описание бассейна реки, продольный профиль в месте исследования;
- б) краткую климатическую характеристику;
- в) гидрометеорологическую изученность и местонахождение материалов исследований;
- г) нормы стока, кривые обеспеченности среднегодовых расходов и распределение стока по месяцам за расчетные годы — средний, многоводный и маловодный;
- д) максимальные и минимальные расходы;
- е) особенности режима реки (ледоход, глубинный лед, заторы и др.).

При составлении гидрологической характеристики используются литературные материалы и ранее выполненные полевые и камеральные работы.

Для определения расстояния между постами наблюдения может быть рекомендована формула Гидроэнергопроекта, предложенная инж. И. И. Викторовым

$$L = \left( \frac{100 m_n}{ha} \right)^2, \quad (42)$$

где  $m_n$  — предельная допускаемая ошибка нивелирования в сантиметрах на 1 км;

$h$  — уклон по урезу воды в сантиметрах на 1 км;

$a$  — ошибка в определении уклона, %.

Топографическая съемка участков расположения водомерных постов на малых реках производится по попечникам; мензульная съемка производится лишь для рек шириной от 100 м и более. Топографическая съемка по ширине реки должна охватывать полосу, ограниченную горизонталиями, превышающими на 0,5—1,0 м самый высокий (исторический) уровень воды. По длине реки съемка производится на протяжении не менее десятикратной ширины меженного русла, а на очень мелких реках и ручьях не менее 50—100 м.

В качестве планового обоснования съемки по одному из берегов реки приблизительно параллельно общему направлению русла прокладывается магистраль, от которой через равные промежутки перпендикулярно руслу разбиваются поперечники (см. табл. 43, составленную для средних условий).

Таблица 43

Ширина, м	Длина участка съемки, м	Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	Расстояние, м между поперечниками	Междуд точками на поперечниках	Число вертикалей в гидрометрическом створе
реки	полосы съемки					
До 20	50	150	1 : 100	0,10	2—5	1
20—50	70—100	200	1 : 200	0,25	10	2
50—100	100—200	400	1 : 500	0,25	25—40	10
100—200	200—300	600	1 : 1000	0,25	50—75	15

В главном (основном) гидрометрическом створе густота промерных точек увеличивается в 1,5—2 раза по сравнению с данными табл. 43. На поймах вертикали назначаются в зависимости от характера рельефа и ситуации через 50—100 м.

Промеры глубины по поперечникам производятся: на каждом поперечнике не менее чем в 10 точках, на реках шириной более 10 м — через 1 м равномерно по ширине реки и в местах резких переломов профиля дна.

Нивелирование производится применительно к IV классу, по магистрали — двойное, по поперечникам — одиночное.

Нивелирование мгновенного продольного профиля водной поверхности и дна реки по стрежню производится на участке более обширном, чем участок съемки, около 200—500 м; расстояние между точками должно быть не более 50 м; число точек не менее 10.

Обследование грунта дна и берегов реки заключается в проходке буровых скважин диаметром 89 мм, глубиной до водоупора; при глубоком его залегании — не менее 3 м. Места заложения и количество скважин устанавливаются: по основному створу в 3 или 5 точках (по 1—2 на берегах и 1 — в русле); по двум поперечникам — в 5—10 м выше и ниже основного створа — в 3 точках.

По данным бурения составляются литологические разрезы: продольный — по линии русла и поперечные. Сбор сведений о гидрологическом режиме состоит в выявлении меток, т. е. следов уровня высоких вод, и их нивелировке, а также в опросе старожилов о режиме реки с обязательным оформлением материала актами.

## § 26. Наблюдения за колебаниями уровня воды

В задачу гидрометрических работ входит получение числовых характеристик элементов водного режима реки. В зависимости от назначения и состава наблюдений они выполняются в течение многолетнего периода или же в

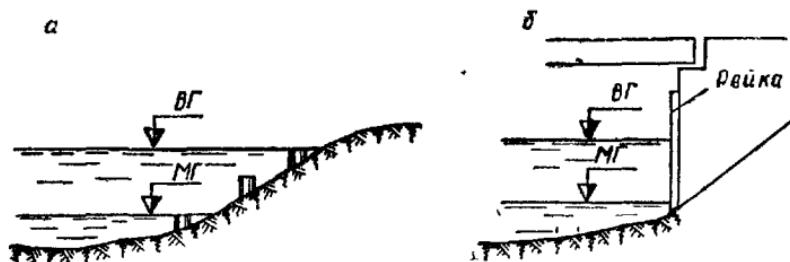


Рис. 29. Водомерные посты:  
а — свайные; б — речные

течение непродолжительного времени (но не менее 1 года) на гидрометеорологических станциях и водомерных постах. Последние располагаются на створах проектируемого сооружения (моста, водозабора, плотины) или вблизи него на параллельном створе, привязанном к створу будущего сооружения. Временные посты привязываются нивелировкой к ближайшим постоянным постам; на каждом посту для закрепления «нуля» графика устанавливаются два репера.

При изысканиях на малых реках и озерах применяются водомерные посты свайные, речные и смешанного типа (рис. 29); в случае опасности повреждения водомерного поста льдом и карчами посты устраиваются свайные. К самопищущим постам относятся лимнографы, помещаемые в специальной будке для защиты от волнения.

Водомерные наблюдения производятся: при устойчивых уровнях в 8 час.; в обычных условиях в 8 час. и

20 час.; в период паводка — не менее 3 раз в день, а в случае особо интенсивного колебания горизонтов количество наблюдений увеличивается до 4—8 раз.

В результате гидрометрических наблюдений, использования имеющихся отчетных гидрологических исследований прежних лет и опроса старожилов должны быть определены отметки и даты наиболее характерных горизонтов за многолетний период, т. е. наивысшие исторические горизонты (ВИГ); наивысшие горизонты ледохода (ГВЛХ); наивысший и наименее высокий горизонты подвижки льда (ГВПЛ, ГНПЛ); горизонты средней и наименее высокой межени (СМ, ГНМ).

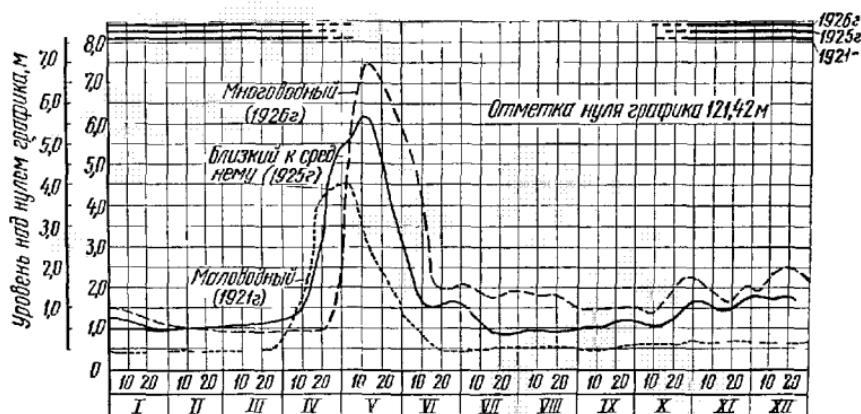


Рис. 30. График колебаний уровня воды

Реперы у водомерных постов устанавливаются в местах, не подвергающихся затоплению высокими водами; контрольная нивелировка реперов производится не менее раза в год, а также в конце периода наблюдений.

Наблюдения уровней воды на водомерном посту относятся к «нулю графика водомерного поста», положение которого устанавливается ниже самого низкого уровня воды в данном месте.

Отметки «нулей» графиков и реперов на водомерных постах должны быть выражены в абсолютной системе над уровнем Балтийского моря; это позволит иметь отметки уровней воды во всем бассейне данной реки и смежных бассейнах в одной системе.

Обработка водомерных наблюдений заключается в определении средних арифметических значений стояния уровня воды за сутки и за месяц, а из данных наблюдений за несколько лет — средних многолетних и годовых; кроме того, устанавливаются максимальные и минимальные уровни воды за месяц и за многолетний период наблюдений. По данным годовой таблицы уровней строится график колебаний уровня воды (рис. 30), на котором горизонтальными жирными сплошными линиями показаны периоды стояния ледяного покрова, а жирными прерывистыми линиями — периоды ледохода.

### § 27. Определение скоростей, направления течения и расходов воды

Работы по определению скоростей течения и расходов воды производятся на гидрометрических станциях и гидрометрических створах и делятся на две группы: измерения расходов, основанные на измерении скоростей течения в отдельных точках живого сечения, и измерения расходов без измерения скоростей течения в отдельных точках, так называемый «объемный способ».

Для первой группы работ применяются вертушки (основной способ), батометры, гидрометрические трубы, поплавки; при второй группе работ измерения расходов производятся непосредственно на водосливах и способом смешения раствора-индикатора.

Наибольшее распространение в СССР имеют **вертушки** простейшей конструкции (Вольтмана) с механическим счетчиком и вертушка системы Н. Е. Жестовского (Ж-3).

Зависимость между скоростью течения и числом оборотов вертушки выражается формулой

$$v = a + kn, \quad (43)$$

где  $v$  — скорость течения воды;

$a$  и  $k$  — коэффициенты вертушки;

$n$  — число оборотов вертушки в 1 сек.

Коэффициент  $a$  характеризует «чувствительность» вертушки, которая не превосходит 0,03 м/сек.; таким образом, начальная скорость  $v_0 \geq 0,03$  м/сек.

Наиболее простое уравнение вертушки при  $a = 0$

$$v = kn. \quad (44)$$

Нахождение величин коэффициента вертушки, называемое «старирование вертушки», производится в бассейнах и каналах, устраиваемых в закрытых помещениях, или под открытым небом в полевых условиях, непосредственно на месте предстоящих исследований.

**Определение скоростей** производится в следующих пяти точках: на поверхности (точка  $A$ ), на глубине  $0,2h$ ,  $0,6h$ ,  $0,8h$  и у дна (точка  $D$ ) (рис. 31).

Определив планиметром либо по приближенным формулам без вычерчивания эпюор площадь  $\omega$  фигуры  $ABCD$ , найдем элементарный расход.

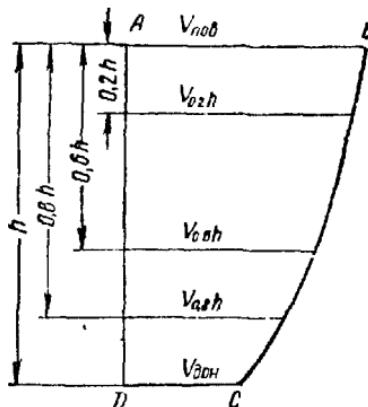


Рис. 31. Распределение скоростей на вертикали

$$q = \omega \Delta b, \quad (45)$$

где  $\omega$  — площадь эпюры, изображающей распределение скоростей течения на вертикали;

$\Delta b$  — элементарное расстояние между вертикалями.

При

$$\Delta b = 1, q = \omega = h v_{cp},$$

откуда средняя скорость на вертикали

$$v_{cp} = \frac{\omega}{h} \quad (h — глубина вертикали). \quad (46)$$

При пятиточечном способе определения скоростей средняя скорость на вертикали определяется по формуле

$$v_{cp} = \frac{v_{\text{пов}} + 3v_{0,2h} + 3v_{0,6h} + 2v_{0,8h} + v_{\text{дон}}}{10}. \quad (47)$$

Основным способом определения скоростей является «пятиточечный»; если при сравнении средних скоростей, определенных по пяти точкам, с величинами скоростей, определенных по двум точкам, разница не будет превышать 3%, то можно применять двухточечный способ,

определяя скорости на расстоянии  $0,2h$  и  $0,8h$  от поверхности, т. е.

$$v_{cp} = \frac{v_{0,2h} + v_{0,8h}}{2}. \quad (48)$$

Установлено, что положение средней скорости на вертикали находится на глубине  $0,6h$  и средняя скорость может быть определена по формуле

$$v_{cp} = v_{0,6h}. \quad (49)$$

В зависимости от глубины количество точек по вертикали может устанавливаться согласно табл. 44, при этом продолжительность наблюдений на глубине  $0,2h$  должна быть не менее 2 мин.,  $0,6h$  — 3 мин.,  $0,8h$  — 4 мин.

Таблица 44

Глубина реки, м	Количество точек по вертикали	Расстояние от поверхности воды при глубине $h$
3	5	На поверхности; $0,2 h$ ; $0,6 h$ ; $0,8 h$ ; у дна
1—3	3	На поверхности; $0,6 h$ ; у дна
Менее	1	$0,6 h$

**Расход воды** определяется по формуле

$$Q = v_{cp} \Omega, \quad (50)$$

где  $Q$  — расход воды,  $m^3/\text{сек}$ ;

$v_{cp}$  — средняя скорость течения в живом сечении,  $m/\text{сек}$ ;

$\Omega$  — площадь живого сечения,  $m^2$ .

Основная формула для вычисления расхода воды аналитическим способом

$$Q = \frac{2}{3} v_1 \omega_0 + \frac{v_1 + v_2}{2} \omega_1 + \dots + \frac{v_{n-1} + v_n}{2} \omega_{n-1} + \frac{2}{3} v_n \omega_n, \quad (51)$$

где  $v_1, v_2, \dots, v_n$  — средние скорости на вертикалях;

$\omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  — площади живого сечения между смежными вертикалями (рис. 32).

Построение кривой расходов  $Q=f(H)$ , выражающей зависимость между величинами расходов воды и уровня-

ми (рис. 33), а также кривых  $\Omega = \varphi(H)$  и  $v = \psi(H)$  производится на основе анализа исходных материалов и оценки их надежности для построения кривой расходов.

Для определения расхода могут применяться поверхностные поплавки.

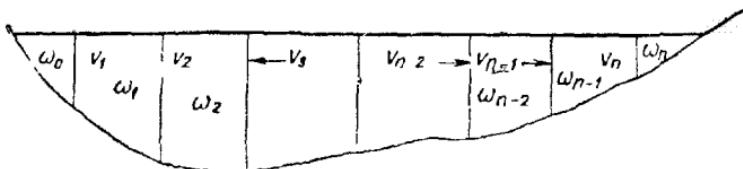


Рис. 32. Схема к вычислению расхода воды аналитическим способом

**Поверхностные поплавки** представляют собой кружки диаметром 15—25 см, высотой 5—6 см, отпиленные от сухих бревен; поплавки окрашиваются белой или

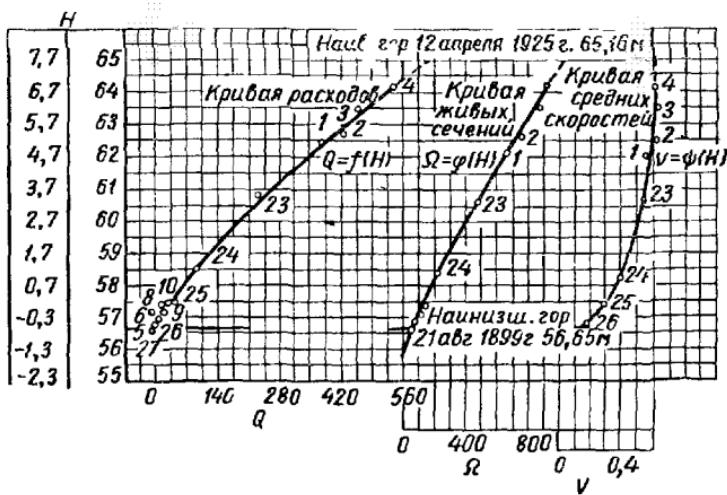


Рис. 33 Кривые  $Q = f(H)$ ,  $\Omega = \varphi(H)$  и  $V = \psi(H)$

красной краской. Поплавки применяются на реках с сильным течением, затрудняющим установку понтонов, или на реках с незначительными скоростями, когда лопасти вертушки не вращаются; при отсутствии вертушек; когда на реке идет лед или плавают карчи.

При определении расхода поплавками выше и ниже главного гидрометрического створа ( $H$ ) на равных рас-

стояниях от него устанавливаются два «поплавочных» створа (*I* и *III*) и выше них вспомогательный створ (*II*) для установки лодки, с которой пускаются поплавки. Определив по секундомеру время прохождения поплавком пути между створами, определяют среднюю скорость движения поплавка

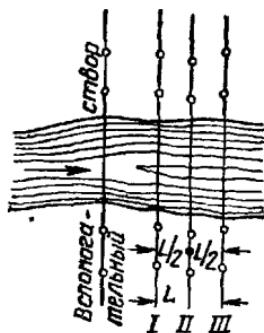


Рис. 34. Створы для определения скоростей течения посредством поверхностных поплавков

$$v = \frac{L}{t}. \quad (52)$$

Путь поплавка и место прохождения его через створы определяют засечками. Одновременно определяется направление поверхностных течений; определение горизонтального расстояния от инструмента производится по схеме, изображенной на рис. 36.

Расход воды определяется по формуле

$$Q = k Q_{\Phi}. \quad (53)$$

Фиктивный расход  $Q_{\Phi}$  вычисляется по формуле (51) с заменой средних скоростей на вертикалях поверхностными скоростями.

Коэффициент  $k$  вычисляется по формуле

$$k = 1 - 5,8 \frac{\Omega}{Q_{\Phi}} \sqrt{h_{cp} I}, \quad (54)$$

где  $h_{cp}$  — средняя глубина живого сечения

$$h_{cp} = \frac{\Omega}{B}, \text{ м};$$

$\Omega$  — площадь живого сечения,  $m^2$ ;

$B$  — ширина реки,  $m$ ;

$I$  — поверхностный уклон,  $^{\circ}/_{\text{oo}}$ .

Для приближенных расчетов принимают  $k=0,8 \div 0,95$ .

Поверхностный уклон исследуемого участка реки выражается формулой

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L}, \text{ } ^{\circ}/_{\text{oo}}. \quad (55)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — соответственно отметки уровня воды в начале и конце участка, м;

$L$  — длина участка по стержню реки, м.

По вычисленным значениям расходов  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  и соответствующих им уровням  $H_1, H_2, \dots, H_n$  строят кривую расходов.

**Глубинные поплавки** (рис. 35) состоят из двух частей: поверхностного поплавка 1 и глубинного поплавка 2 (цилиндра без дна), соединенных бечевой 3. Поверхностный поплавок представляет собой полый шар или цилиндр, заполненный песком настолько, чтобы пловучесть его была близка нулю. Глубинный поплавок опускается на глубину  $h_t = 0,6h$ , соответствующую средней скорости на вертикали.

При скорости движения поверхностного поплавка  $v_{\text{пов}}$  скорость движения глубинного поплавка  $v_{\text{попл}}$  определится по формуле

$$v_{\text{попл}} = \frac{v_{\text{пов}} + v_{0,6h}}{2}, \quad (56)$$

откуда

$$v_{0,6h} = 2v_{\text{попл}} - v_{\text{пов}} = v_{\text{ср}}. \quad (57)$$

При наблюдении скоростей течения воды поверхностными поплавками одновременно изучаются **направления течения** струй, хода судов и плотов на трех характерных горизонтах: близком к межени, середине амплитуды паводка и пике паводка; при ледоходе производятся засечки отдельных льдин на двух-трех характерных горизонтах в период ледохода.

При засечке теодолитом свободно плавающих поплавков измеряются: горизонтальный угол какого-либо известного направления — базиса и вертикальный угол; в

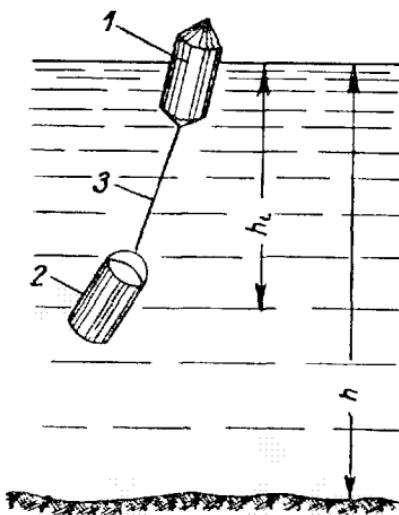


Рис. 35. Глубинный поплавок

момент засечки поплавка отсчитывается время по секундомеру. Число русловых траекторий поплавков в каждом наблюдении скоростей и направлений течения должно быть не менее указанных в табл. 45.

Таблица 45

Ширина реки, м	Протяжение участка, км	Число траекторий при наблюдении	
		скоростей	направлений течения
До 50	0,5	3—4	5—6
50—100	1,0	6—7	7—8
100—300	1,5	8—9	9—10

Число поплавков по всей ширине русла принимается в соответствии с табл. 46.

Таблица 46

Ширина русла, м	Число поплавков	Интервалы между поплавками по ширине, м	Расстояние от уреза до ближайшего поплавка, м
50—100	5	10—20	5—10
100—200	6	30	25
200—500	8	60	40

Минимальная длина наблюдаемого хода поплавков устанавливается в зависимости от величины поверхности скорости воды и масштаба планшетов согласно табл. 47.

Таблица 47

Масштаб планшета	Длина хода поплавков (м) при максимальной поверхности скорости, м/сек			
	1	2	3	4
1 : 1000	50	100	150	200
1 : 2000	100	200	300	400
1 : 5000	250	500	750	1000

Горизонтальное расстояние поплавка от инструмента (рис. 36) определяется по формуле

$$L = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (58)$$

где  $h$  — высота инструмента над горизонтом воды;  
 $\alpha$  — вертикальный угол.

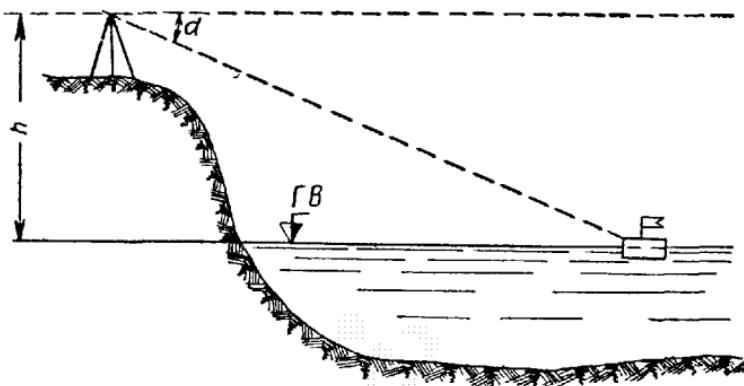


Рис. 36. Определение горизонтального расстояния поплавка от инструмента

Определение расхода небольшого потока производится батометром-тахиметром на прямолинейном участке,



Рис. 37. Схема створа для определения расхода воды

по возможности с одинаковой глубиной. На участке намечается створ  $AB$  (рис. 37), по линии которого определяют глубины и по измеренным величинам площадь живого сечения потока по формуле

$$\Omega = \frac{b_1 h_1}{2} + b_2 \frac{h_1 + h_2}{2} + b_3 \frac{h_2 + h_3}{2} + \dots + \frac{b_n h_n}{2}. \quad (59)$$

В середине каждого участка при помощи батометра измеряют донную, срединную и поверхность скорость

потока. Наполнив баллон батометра на  $\frac{3}{4}$  его объема, прибор извлекают на поверхность и мензуркой определяют объем в ( $cm^3$ ) воды  $A$ , натекающей в баллон за время  $t$  (сек.).

Секундный приток воды составит

$$q = \frac{A}{t}, \text{ см}^3/\text{сек}. \quad (60)$$

По величине  $q$  из тарировочной кривой определяется скорость по формуле

$$v = a + bq, \quad (61)$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты батометра-тахиметра.

Средняя скорость для каждого участка живого сечения определится по формуле

$$v_n = \frac{v_d + v_c + v_b}{3}, \quad (62)$$

где  $v_d$ ,  $v_c$ ,  $v_b$  — соответственно донная, срединная и поверхностная скорости на каждом участке.

Общий расход определится по формуле

$$Q = \Omega v = v_1 \frac{b_1 h_1}{2} + v_2 b_2 \frac{h_1 + h_2}{2} + v_3 b_3 \frac{h_2 + h_3}{2} + \dots + \frac{v_n b_n h_n}{2}, \quad (63)$$

где  $v$  — средняя скорость потока, равная средним скоростям отдельных участков;

$v_1, v_2, \dots, v_n$  — средние скорости отдельных участков потока.

Для одновременного замера скоростей на разных глубинах рекомендуется укреплять на одном шесте несколько батометров.

## § 28. Определение расходов воды посредством водосливов

При определении расходов воды в ручьях и малых речках посредством водосливов необходимо обеспечить условия прохода через них воды, принятые в соответствующих формулах; применяются водосливы в виде железных рамок с треугольными и трапецидальными вырезами.

**Прямоугольный незатопленный водослив** (рис. 38, а) с тонкой вертикальной стенкой без бокового сжатия в прямоугольном канале при свободном доступе воздуха

под струю с незначительной скоростью подхода воды имеет основную формулу для вычисления расхода

$$Q = mBH\sqrt{2gH}, \quad (64)$$

где  $m$  — коэффициент, определяемый по формуле Базена

$$m = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H+p}\right)^2\right]; \quad (65)$$

$B$  — ширина струки, м;

$H$  — высота напора, измеряемая на расстоянии не менее 3 м;

$g$  — ускорение силы тяжести;

$p$  — высота водосливной ступени, м.

Эта формула применяется при  $H \leq 1,24$  м,  $B < 2$  м и  $p \leq 1,13$  м.

Для более грубых расчетов можно пользоваться формулой

$$Q = 1,9 BH\sqrt{H}. \quad (66)$$

Числовые значения величины  $m$  для прямоугольного водослива приводятся в табл. 48.

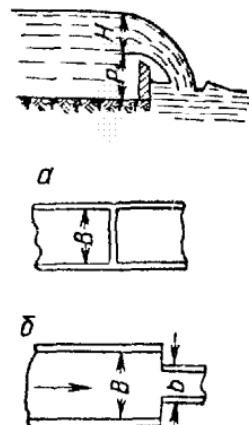


Рис. 38. Прямоугольный водослив  
Таблица 48

Напор $H$ , м	Высота стенки водослива $p$ , м									
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00	
0,05	0,458	0,453	0,451	0,450	0,449	0,449	0,449	0,448	0,448	
0,06	0,456	0,450	0,447	0,445	0,445	0,444	0,443	0,443	0,443	
0,10	0,459	0,447	0,442	0,439	0,437	0,435	0,434	0,433	0,433	
0,16	0,471	0,453	0,444	0,438	0,435	0,431	0,429	0,427	0,426	
0,20	0,480	0,459	0,447	0,440	0,436	0,431	0,428	0,425	0,423	
0,26	0,492	0,468	0,455	0,446	0,440	0,432	0,429	0,424	0,422	
0,30	0,590	0,475	0,460	0,450	0,443	0,434	0,430	0,424	0,421	
0,35	—	0,482	0,465	0,455	0,447	0,437	0,431	0,424	0,421	
0,40	—	0,489	0,472	0,459	0,451	0,440	0,433	0,424	0,421	
0,45	—	0,495	0,477	0,464	0,455	0,442	0,435	0,425	0,421	
0,50	—	—	0,482	0,468	0,459	0,445	0,437	0,426	0,421	
0,60	—	—	0,490	0,476	0,466	0,451	0,441	0,427	0,421	
0,70	—	—	0,498	0,484	0,473	0,456	0,416	0,430	0,423	
0,80	—	—	0,509	0,493	0,481	0,464	0,452	0,435	0,427	
0,90	—	—	0,517	0,500	0,489	0,471	0,458	0,439	0,430	
1,00	—	—	0,524	0,507	0,496	0,477	0,464	0,443	0,433	
1,20	—	—	0,536	0,519	0,507	0,487	0,474	0,451	0,438	

Числовые значения величины выражения  $H\sqrt{2gH}$  приводятся в табл. 49.

Таблица 49

Напор $H, м$	$H\sqrt{2gH}$						
0,05	0,0495	0,46	1,38	0,90	3,78	1,70	9,82
0,07	0,0820	0,50	1,57	0,95	4,10	1,80	10,70
0,10	0,140	0,55	1,81	1,00	4,48	1,90	11,60
0,16	0,283	0,60	2,06	1,10	5,11	2,00	12,52
0,20	0,396	0,65	2,32	1,20	5,82	2,50	17,51
0,26	0,587	0,70	2,59	1,30	6,56	3,00	23,01
0,30	0,728	0,75	2,88	1,40	7,34	3,50	29,01
0,36	0,957	0,80	3,17	1,50	8,14	4,00	35,44
0,40	1,13	0,85	3,47	1,60	8,96	4,50	42,48
						5,00	49,52

При наличии бокового сжатия (рис. 38, б) для определения расхода следует применять формулу

$$Q = \left( 0,405 - 0,030 \frac{B-b}{B} + \right. \\ \left. + \frac{0,0027}{H} \right) \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{b}{B} \right)^2 \cdot \left( \frac{H}{H+p} \right)^2 \right] b \sqrt{2g} H^{3/2}. \quad (67)$$

Данная формула применяется при  $H \leq 0,60$  м,  $B \leq 8,3$  м и  $b \leq 5,5$  м.

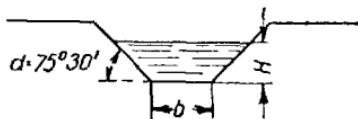


Рис. 39. Трапецидальный водослив

При значительной величине  $B$  по сравнению с  $b$  (озеро, пруд) член  $0,030 \frac{B-b}{B}$  заменяется на  $0,033 \frac{1}{1+\frac{b}{B}}$ . При

$B=b$  сжатие струи исключается и расчет производится по формуле Базэпа.

**Трапецидальный водослив** (рис. 39) обычно имеет следующие размеры:  $b$  (ширина по дну) от 0,25 до 1,25 м и  $H$  — от 0,005 до 0,35 м; наклон боковых стенок рав-

няется 1 : 4, или  $75^{\circ}30'$ . Водослив — незатопленный с боковым сжатием и с тонкой стенкой.

При  $a : H = 0,25$  и  $\frac{b}{H} \geq 3 \div 4$  расход воды определяется при весьма малых подходных скоростях течения по формуле

$$Q = 1,86 bH \sqrt{H}; \quad (68)$$

при наличии подходных скоростей — по формуле

$$Q = 1,90 bH \sqrt{H}, \quad (69)$$

где  $Q$  — расход,  $m^3/\text{сек.}$ ;

$b$  — ширина порога,  $m$ ;

$H$  — высота напора,  $m$ .

Для определения расхода  $Q$  ( $л/мин$ ) пользуются формулой

$$Q = 0,0035 bH \sqrt{H}, \quad (70)$$

где значения  $b$  и  $H$  принимаются в миллиметрах.

Подсчитанные по этой формуле расходы по трапециoidalным водосливам с различной шириной порога и для различных высот напора приведены в табл. 50.

Таблица 50

Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, л/мин$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, л/мин$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, л/мин$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, л/мин$
------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------------

Ширина порога  $b = 480 \text{ мм}$

10	54,0	30	279,4	80	1217,4	130	2521,2
14	89,4	40	430,2	90	1452,0	140	2817,6
18	130,2	50	601,2	100	1701,0	150	3124,8
20	152,4	60	790,8	110	1962,0	160	3442,8
24	199,8	70	996,0	120	2235,6		
28	252,0						

Ширина порога  $b = 640 \text{ мм}$

10	72,0	50	801,6	110	2616,6	180	5477,4
14	118,8	60	1053,6	120	2981,4	190	5940,0
18	172,2	70	1328,4	130	3361,8	200	6415,2
22	234,0	80	1620,0	140	3751,2	210	6901,8
26	300,6	90	1936,2	150	4166,4	220	7401
30	372,6	100	2268,0	160	4590,0		
40	573,6			170	5027,4		

Продолжение табл. 50

Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, \text{л}/\text{мин}$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, \text{л}/\text{мин}$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, \text{л}/\text{мин}$	Высота напора $H, \text{мм}$	Расход $Q, \text{л}/\text{мин}$
Ширина порога $b = 1280 \text{ мм}$							
10	144,0	90	3872,4	160	9 180	270	20 123
15	264,0	100	4536,0	170	10 054,8	280	21 252
20	405,6	110	5233,2	180	10 954,8	290	22 401
25	567,0	120	5962,8	190	11 880	300	23 569
30	745,2	130	6723,6	200	12 830,4	320	25 965
40	1147,2	140	7514,4	210	13 803,6	340	28 437
50	1603,2	150	8332,8	220	14 802	360	30 983
60	2107,2			230	15 822	380	33 600
70	2656,8			240	16 865	400	36 287
80	3246,0			250	17 930	420	39 043
				260	19 015		

Трапецидальные водосливы обеспечивают высокую точность измерения расходов при соблюдении следующих условий:

- а) края отверстия должны быть достаточно остры;
- б) напор должен измеряться на расстоянии 1—2 м от деревянного щита, к которому привинчивается рама;



Рис. 40. Треугольный водослив

- в) для уменьшения скорости подхода с верхней стороны водослива устраивается отстойный бассейн;
- г) для обеспечения доступа воздуха под струю воды создается уширение русла ниже стенки водослива;
- д) порог водослива должен быть поставлен строго горизонтально по уровню;
- е) нуль рейки, по которой отчитываются напоры, должен быть на одной высоте с порогом, по уровню;
- ж) толщина слоя переливающейся воды не должна быть менее 0,1 длины порога и не более  $\frac{1}{3}$  ширины его.

Треугольный водослив (рис. 40) незатопленный, с боковым сжатием и с тонкой стенкой применяется для из-

мерения малых расходов; расходы в этом случае определяются по формуле

$$Q = 1,40 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} H^2 \sqrt{H}; \quad (71)$$

при

$$\beta = 90^\circ$$

имеем

$$Q = 1,40 H^2 \sqrt{H}, \quad (72)$$

где  $H$  — высота напора, измеряемая рейкой на расстоянии 0,80—1 м выше перегородки водослива, причем нуль рейки должен находиться на одной горизонтали с вершиной угла выреза.

Величина расхода воды для треугольного водослива приведена в табл. 51.

Т а б л и ц а 51

Высота напора $H, м$	Расход воды $Q, л/сек$	Высота напора $H, м$	Расход воды $Q, л/сек$	Высота напора $H, м$	Расход воды $Q, л/сек$	Высота напора $H, м$	Расход воды $Q, л/сек$
0,01	0,014	0,07	1,82	0,16	14,34	0,28	58,17
0,02	0,079	0,08	2,54	0,18	19,23	0,30	19,01
0,03	0,22	0,09	3,40	0,20	25,03		
0,04	0,45	0,10	4,42	0,22	31,78		
0,05	0,78	0,12	6,98	0,24	39,51		
0,06	1,23	0,14	10,26	0,26	48,27		

## § 29. Прочие способы определения расходов воды

Для предварительных расчетов определяют расходы воды без измерения скоростей течения, ограничиваясь промерами живого сечения и определениями поверхности уклона.

В этом случае для определения расхода воды пользуются формулой

$$Q = \Omega C \sqrt{h_{cp} I}, \quad (73)$$

где  $\Omega$  — площадь живого сечения,  $m^2$ ;

$h_{cp} = \frac{\Omega}{B}$  — средняя глубина,  $m$ ;

$B$  — ширина русла реки,  $m$ ;

$I$  — уклон поверхности или русла,  $^{\circ}/_{\text{oo}}$ ;

$C$  — коэффициент, определяемый по формуле Базена или Маннинга:

по Базену

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}};$$

по Маннингу

$$C = mR^{\frac{1}{6}}.$$

При отсутствии фактических данных о стоке и надежных отметок горизонта высоких вод наибольший расход воды вычисляется по формуле Д. Л. Соколовского.

Если на реке непосредственные гидрометрические измерения не производились или производились только в течение нескольких лет, сток определяется косвенными приемами, на основе зависимости между стоком, климатом и ландшафтом или по аналогии.

Для приближенного определения характеристики стока при отсутствии гидрометрических данных применяются: метод изолиний, метод аналогии и эмпирические формулы.

При методе изолиний определяется модуль стока  $M_0$  (л/сек) по карте изолиний. Средний многолетний расход определяется по формуле

$$Q_{cp} = \frac{\Omega M_0}{1000}, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (74)$$

Сток среднего года

$$W_0 = Q_{cp} \cdot 31,5 \cdot 10^6. \quad (75)$$

Для малых рек производится снижение до 50% нормы стока, полученного с карты изолиний.

При методе аналогий модуль стока неизученного бассейна определяется по формуле

$$M_x = \frac{M_a \cdot N_x}{N_a} = \alpha M_a, \quad (76)$$

где  $M_x$  — модуль стока неизученного бассейна;

$M_a$  — модуль стока бассейна-аналога;

$N_x$  — норма осадков неизученного бассейна;

$N_a$  — норма осадков соседнего бассейна-аналога;

$\alpha = \frac{N_x}{N_a}$  — поправочный коэффициент.

Высота слоя стока интересующего бассейна  $h_x$  определяется из выражения  $h_x = \eta N_a$ . Зная величину  $h_x$ , вычисляют  $M_x$  и расход.

Эмпирическими формулами следует пользоваться при отсутствии гидрологических данных и недостаточной освещенности данного района изолиниями стока.

Высота слоя стока  $h_0 = \eta x_0$  (мм), где  $x_0$  — среднегодовое количество осадков по данным метеорологической станции.

Для равнинных рек связь коэффициента стока  $\eta$  с дефицитом влажности  $d$  выражается формулой

$$\eta = 1 - \sqrt{\frac{d}{4,8}}, \quad (77)$$

где  $\eta$  — средний многолетний коэффициент стока;

$d$  — дефицит влажности, определяемый по данным метеорологической станции или по карте изолиний.

### § 30. Вычисление стока

Пользуясь кривой секундных расходов  $Q = f(H)$  и данными наблюдений за колебаниями уровней на водомерном посту, вычисляют количество воды, протекающей через данное сечение в сутки, месяц, год. Высота среднего уровня в течение суток может быть определена как средняя арифметическая из наблюдений на водомерном посту.

Определив величину  $H$  для каждого числа, месяца и величину секундного расхода  $Q_{\text{сек}}$ , соответствующую  $H$ , вычисляют сток за сутки:

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{сек}} 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 Q_{\text{сек}}.$$

Величину стока за требуемый период получают путем суммирования стока за сутки, месяц, сезон, год.

Среднемесячные расходы определяются по формуле

$$Q = \frac{\sum Q_{\text{сут}}}{t_d}, \quad (78)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — среднесуточные расходы;

$t_d$  — число дней в месяце.

Годовой сток подсчитывается как сумма объемов месячных стоков. Сток водотока за месяц и за год также

может быть подсчитан по среднемесячным  $Q_m$  и среднегодовым  $Q_g$  расходам:

$$W_m = Q_m T_m \text{ и } W_g = Q_g T_g, \quad (79)$$

где  $T_m$  и  $T_g$  — число секунд в месяце или году.

В связи с климатическими, геоморфологическими, гидрогеологическими и другими условиями величина речного стока в течение года и за ряд лет подвержена значительным колебаниям. В равнинных областях колебания годового стока наименьшие, в горных районах и засушливых областях — наибольшие.

Эти колебания зависят от значительного числа переменных факторов и не могут быть учтены в явном виде; поэтому определение вероятных расходов, принимаемых для расчета сооружений, производится по кривым обеспеченности.

Повторяемостью расхода называется период (в годах), через который в общем ряду наблюдается заданный расход.

Обеспеченность — величина, обратная повторяемости, выражаемая в процентах; порядок построения кривых обеспеченности рассмотрим на примере.

Имея ряд средних годовых расходов, располагаем их в убывающем порядке с интервалами через  $100 \text{ м}^3/\text{сек}$  в графе 1 табл. 52.

Таблица 52

Интервалы расходов, $\text{м}^3/\text{сек}$	Повторяемость		Обеспеченность	
	годы	%	годы	%
1490—1300	1	1,3	1	1,3
1299—1200	2	2,7	3	4,0
1199—1100	4	5,3	7	9,3
1099—1000	5	6,7	12	16,0
999—900	9	12,0	21	28,0
899—800	15	20,0	36	48,0
799—700	12	16,0	48	64,0
699—600	9	12,0	57	76,0
599—500	7	9,4	64	85,0
499—400	4	5,3	68	91,0
399—300	4	5,3	72	96,0
299—200	3	4,0	75	100,0
	75	100	—	—

В графе 2 подсчитана повторяемость расходов, выраженная в годах, а в графе 3 — то же, в процентах. На графике (рис. 41) по оси ординат отложим значения расходов, а по оси абсцисс — повторяемость расходов в процентах; соединяя эти точки, получаем «кривую распределения» или «кривую вероятностей», асимметричную по своей форме.

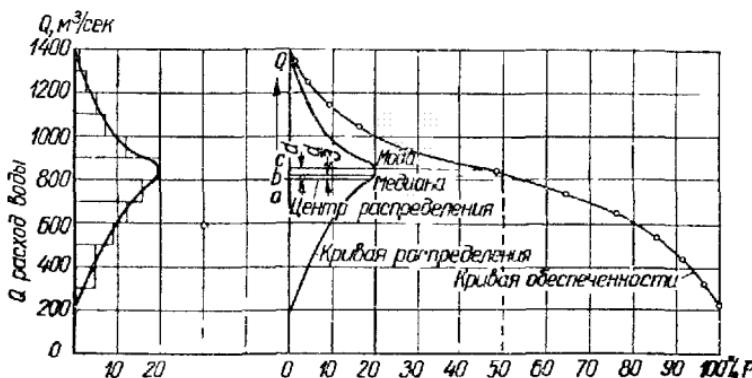


Рис. 41. Кривые распределения и обеспеченности

Суммируя последовательно числа графы 2 (табл. 52) и соответственно графы 3, получаем числа граф 4 и 5, выражающие обеспеченность расходов  $P$ . Откладывая на графике значения  $P$  в процентах и соединяя точки, получим интегральную кривую распределения, называемую «кривой обеспеченности».

Характерными точками кривой распределения (рис. 41) являются: центр распределения ( $a$ ), соответствующий среднеарифметическому значению ряда, медиана ( $b$ ), соответствующая 50% обеспеченности, мода кривой ( $c$ ), соответствующая наибольшей частоте расходов. Показателем асимметрии служит величина  $d$  — радиус асимметрии, являющейся расстоянием между центром распределения и модой; расстояние между центром и медианой примерно равно  $\frac{d}{3}$ .

### § 31. Максимальные и минимальные расходы

При проектировании сооружений, служащих для целей гидроэнергетики, речного транспорта и мелиорации земель, при определении максимальных расходов расчетная

вероятность превышения их  $P$  (%) устанавливается в зависимости от классов капитальности этих сооружений и условий эксплуатации по табл. 53 (ГОСТ 3999—48).

Таблица 53

Классы капитальности сооружений (ГОСТ 3315—46)	Расчетная вероятность превышения расхода $P$ , %	
	при нормальных условиях эксплуатации	при чрезвычайных условиях эксплуатации
I	0,1	0,01
II	1	0,1
III	2	0,5
IV	5	1
V	10	3

Расчет размеров отверстий искусственных сооружений, сечений водоотводных канал и высоты бровки насыпи на железных и автомобильных дорогах производится на максимальные расходы с заданной вероятностью превышения по СНиП 1954 г. и ТУПМ-56.

Ряд расходов, определенных по данным водомерных постов за период 50—60 лет, считается достаточным для определения вероятности превышения наиболее редких паводков. На многих реках, особенно в малоосвоенных районах, нет водомерных постов или имеются наблюдения лишь за короткий период времени. В таких случаях необходимые расчетные расходы и горизонты определяются косвенным путем.

Величину стока за требуемый период можно получить при помощи построения гидрографа  $Q = f(t)$ .

По способу, основанному на теории вероятностей, для определения паводка необходимо найти три параметра:  $Q_{cp}$ ,  $C_v$  и  $C_s$ .

Средний многолетний паводочный расход  $Q_{cp}$  определяется по формуле

$$Q_{cp} = \frac{\Sigma Q}{n}, \text{ м}^3/\text{сек} \quad (80)$$

где  $Q$  — отдельный годовой паводочный расход,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$n$  — общее число расходов ряда, т. е. число лет наблюдений.

Коэффициент вариации реки  $C_v$ , характеризующий изменчивость паводков за ряд лет, определяется как средне-

квадратичное отклонение от среднего многолетнего расхода:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k - I)^2}{n - 1}}, \quad (81)$$

где  $k = \frac{Q_n}{Q_{cp}}$  — модульный коэффициент, т. е. отношение максимального расхода каждого года, входящего в ряд, к среднемноголетнему расходу.

Коэффициент асимметрии  $C_s$ , характеризующий несимметричность распределения больших и малых расходов относительно среднего их значения, определяется по формуле

$$C_s = \frac{\sum (k - I)^3}{(n - 1) C_v^3}. \quad (82)$$

Можно принимать при снеговых паводках  $C_s = 2C_v$  и при дождевых паводках  $C_s = 4C_v$ .

Расчетный расход с требуемой вероятностью определяется по формуле

$$Q = Q_{cp} (1 - C_v \Phi), \quad (83)$$

где  $\Phi$  — коэффициент, принимаемый по таблице Фостера в зависимости от  $C_s$  и требуемой или ближайшей к ней вероятности превышения паводка.<sup>1</sup>

Косвенный метод Д. Л. Соколовского, принятый для подсчета максимальных расходов талых вод при расчете отверстий больших и средних мостов, приведен ниже.

Размеры гидротехнических сооружений для водоснабжения и гидроэнергетики рассчитываются на минимальные расходы; в качестве расчетных принимают средние месячные минимумы определенной обеспеченности. Например, при проектировании сооружений для водоснабжения принимают средние месячные минимумы 95, 97 и 99 % обеспеченности.

Минимальные средние месячные расходы разной обеспеченности определяются так же, как среднегодовые и максимальные расходы — по кривой обеспеченности, вы-

<sup>1</sup> См. Е. В. Болдаков, О. В. Андреев. Переходы через водотоки, Приложение 2. Автотрансиздат, 1956.

числяемой по трем параметрам  $Q$ ,  $C_v$  и  $C_a$ . Если для построения кривой обеспеченности ряд минимумов недостаточен, его удлиняют.

При производстве гидрологических расчетов, связанных с трудоемкими вычислениями гидрометеорологических элементов по различным формулам, следует пользоваться **номограммами**, дающими большую экономию времени при сохранении необходимой точности.

Рекомендуется пользоваться номограммами, разработанными В. В. Лебедевым для определения скоростей течения воды в естественных водотоках и каналах; интенсивности дождей и ливней; максимальных расходов весенних половодий рек; максимальных расходов дождевых паводков; дождевого стока с застроенных территорий.

### § 32. Наблюдения за наносами

Задача определения расхода **взвешенных наносов** сводится к измерению скоростей в различных точках живого сечения и к определению величины мутности в тех же точках.

Для определения мутности производится взятие пробы воды посредством батометра и выделение из нее наносов.

Перед определением расхода взвешенных наносов должны быть высчитаны «наносности»  $k$  по формуле

$$k = v\rho, \text{ г/м}^2/\text{сек}, \quad (84)$$

где  $v$  — скорость течения,  $\text{м/сек}$ ;

$\rho$  — мутность,  $\text{г/м}^3$  ( $\text{мг/л}$ ).

Измерения  $v$  и  $\rho$  производятся на тех же вертикалях, которыми пользовались при измерении расходов воды.

В зависимости от глубины реки измерение наносностей при детальном способе исследования производится в следующих точках (табл. 54):

Таблица 54

Глубина воды, м	Число промерных точек на вертикали	Положение точки на вертикали при глубине вертикали
До 0,3	1	0,6 $h$
0,3—1,0	3	0,8 $h$ ; 0,6 $h$ и 0,2 $h$
1,0—9,0	6	У дна; 0,9 $h$ ; 0,8 $h$ ; 0,6 $h$ ; 0,2 $h$ ; на поверхности
Более 9	7	То же, но добавляется точка на 0,95 $h$

При приближенном способе исследования число вертикалей уменьшается вдвое, а измерение наносностей производится в четырех точках: у дна; на глубине 0,8  $h$ , 0,6  $h$  и 0,2  $h$ , причем пробы сливаются вместе.

При упрощенном способе проба берется в одной точке, положение которой выбирается на основании анализа материалов детальных измерений так, чтобы мутность в этой точке соответствовала средней мутности в живом сечении.

Расход взвешенных наносов  $S$  в этом случае вычисляется по формуле

$$S = Q \rho \alpha, \text{ кг/сек}, \quad (85)$$

где  $Q$  — расход воды,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$\rho$  — мутность в выбранной точке,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

$\alpha$  — поправочный коэффициент для приведения мутности к средней в живом сечении.

Интеграционный способ применяется на средних реках и заключается в том, что средняя скорость на вертикали, а также средняя мутность измеряются путем перемещения вертушки и батометра на вертикали.

Средняя наносность на вертикали

$$k_{cp} = v_{cp} \rho_{cp}, \quad (86)$$

а элементарный расход наносов

$$s = h k_{cp}. \quad (87)$$

Построив кривую элементарных расходов наносов, определяют  $S$ . Сток взвешенных наносов определяется аналогично жидкому стоку.

Для взятия проб воды при наблюдениях за взвешенными наносами применяются батометры мгновенного наполнения (системы Н. Н. Жуковского) и батометры длительного наполнения (батометр-тахиметр и батометр-бутиль). Выделение наносов из проб производится отстаиванием наносов, их фильтрованием или выпариванием.

Определение расхода **донных наносов** производится весьма приближенно посредством донных батометров. Для изучения мелких наносов (песчаных, глинистых) применяются приборы систем Полякова и Аполлова, а для изучения крупных наносов в горных реках (галечных, гравелистых) — сетчатый батометр системы Шамова.

Для расхода донных наносов батометр опускают на тех же вертикалях, на которых берутся пробы для определения взвешенных наносов, за исключением вертикалей, где отсутствует донное течение.

Элементарный расход донных наносов на 1 м ширины русла вычисляется по формуле

$$a = \frac{P \cdot 100}{tb}, \text{ г/м/сек,} \quad (88)$$

где  $P$  — вес наносов в пробе, г;

$t$  — продолжительность наблюдений, сек.;

$b$  — ширина входного отверстия батометра, см.

Построив кривую элементарных расходов донных наносов, определяют путем планиметрирования их секундный расход. Построив на основании измеренных расходов гидрограф, определяют сток донных наносов.

Сток наносов (твёрдый сток) через донный створ за соответствующий период наблюдений (месяц, год) определяют суммированием стока взвешенных и донных наносов.

### § 33. Изучение зимнего режима реки

Измерение температуры воды и воздуха производится на водомерных постах и гидрометрических станциях ежедневно в 8 час., за исключением периода устойчивого ледостава.

Точность измерения температуры воды должна составлять  $0^{\circ}1$ ; воздуха термометром-пращом — до  $0^{\circ}5$ . В результате этих измерений строят совмещенные графики колебаний температуры воды и воздуха в пункте наблюдений.

Зимние исследования рек производятся от наступления устойчивых отрицательных температур до очищения реки от льда весной.

Изучение замерзания реки, ее зимнего режима, вскрытия и ледохода определяют в предледоставный, ледоставный и послеледоставный периоды.

В предледоставный период исследуют: процесс замерзания реки во времени по длине и по ширине на различных участках; время появления «салы-щуги»; продолжительность и интенсивность ледохода (размеры льдин, рас-

ход льда через донный створ); осенние заторы и зажоры — места их образования, подъем воды, прорывы; образования глубинного льда.

В ледоставный период измеряется толщина льда; производится картирование зимнего состояния реки (снежный и ледяной покров, полыньи, проталины, наледи, места промерзания до дна, места зажоров и заторов).

В послеледоставный период исследуют: процесс вскрытия реки во времени по длине реки и на участках наледей и промерзших до дна; колебания уровней воды; образование льда; наблюдения за весенным ледоходом аналогичны наблюдениям за осенним ледоходом, при этом особое внимание уделяется скорости течения и размерам наиболее крупных льдин.

Для определения размеров крупных льдин разбивают три поперечных створа. Скорость движения льдин  $v$  определяется из выражения

$$v = \frac{L}{t_2 - t_1}, \quad (89)$$

где  $L$  — расстояние между крайними створами, м;  $t_1$  и  $t_2$  — моменты прохождения приметной точки на льдине через первый и третий створы (по секундомеру)

Длина льдины  $l$  определяется из формулы

$$l = v (t_4 - t_3), \quad (90)$$

где  $t_3$  и  $t_4$  — моменты прохождения верхнего и нижнего конца льдины через средний створ.

Ширина льдины  $b$  вычисляется после определения теодолитом вертикальных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рис. 42) по формуле

$$b = H (\operatorname{tg} \beta_2 - \operatorname{tg} \beta_1), \quad (91)$$

где  $H$  — высота визирной оси инструмента под уровнем воды.

Площадь поверхности льдины  $\omega$  определяется по формуле

$$\omega = \alpha b l, \quad (92)$$

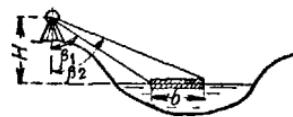


Рис. 42. Схема к определению ширине льдины

Таблица 55

Наименование наблюдений и работ	Измеритель	Разряд станции и объем работ												Створ	
		I			II			III			IV				
		нормаль- ный	повышен- ный	сокращен- ный	нормаль- ный	повышен- ный	сокращен- ный	нормаль- ный	повышен- ный	сокращен- ный	нормаль- ный	повышен- ный	сокращен- ный		
Расходы воды:															
паводочные . . . . .	1 расход	20	25	15	15	20	12	15	20	10	10	15	5	струя	
меженные . . . . .	то же	15	20	12	12	15	10	12	15	10	10	12	10		
зимние . . . . .	»	15	20	13	13	15	10	13	15	10	10	13	10		
Уклоны:															
по нивелировке водной по- верхности . . . . .	нивелировка	6	6	4	3	3	2	1	1	1	—	—	—	1	
по уклонным постам . . . . .	то же														
Промеры рабочего профиля:															
весенние . . . . .	промер	3	5	2	2	3	1	2	3	1	1	2	1	1	
летние . . . . .	то же	6	12	5	5	8	3	5	8	2	3	6	2	2	
зимние . . . . .	»	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Плавочные наблюдения . . . .	наблюдение	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1	1	—	—	
Расходы взвешенных наносов:															
паводочных . . . . .	1 расход	10	15	—	5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	
меженных . . . . .	то же	15	15	—	15	16	—	5	5	—	—	—	—	—	
зимних . . . . .	»	5	10	—	4	6	—	1	1	—	—	—	—	—	



где  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий степень отклонения очертания льдины в плане от прямоугольной формы (устанавливается глазомерно).

Вес льдины

$$P = \gamma \omega h, \quad (93)$$

где  $\gamma$  — объемный вес льда;

$h$  — толщина льдины.

Живая сила льдины

$$W = \frac{\gamma \omega h}{g} \cdot \frac{v^2}{2}. \quad (94)$$

При изучении реки в период ледохода необходимо установить горизонты ледохода и наивысшие (исторические) горизонты по меткам на берегах реки, зданиях, мостах и по опросу старожилов.

Примерный состав работ на гидрометрических станциях и створах (годовой цикл) приведен в табл. 55.

#### ЛИТЕРАТУРА

Близняк Е. В. и Никольский В. М. Гидрология и водные исследования. Речиздат, 1946.

Близняк Е. В. Водные исследования. Речиздат, 1952.

Болдаков Е. В., Андреев О. В. Переходы через водотоки. Автотрансиздат, 1956.

Коротеев А. П. Спутник гидрогеолога. Научно-техническое издательство НКТП СССР, 1934.

Краткий справочник для гидрологических расчетов. Госэнергоиздат, 1948.

Лебедев В. В. Гидрология и гидрометрия в задачах. Гидрометеоиздат, 1955.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч. 1. Гидрометрические наблюдения, ч. II. Наблюдения на малых реках. Гидрометеоиздат, 1945.

Справочник по гидротехнике. Госстройиздат, 1955.

## ГЛАВА V

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

#### § 34. Общие сведения

Инженерно-геологические изыскания имеют своим назначением всестороннее изучение физико-географической и геологической обстановки района с целью определения исходных данных для проектирования, а также прогноза тех изменений в природных условиях, которые могут возникнуть под влиянием строительства и эксплуатации сооружений.

Виды и состав работ, выполняемых для этой цели, приведены в табл. 56.

Таблица 56

Виды работ	Назначение работ	Состав работ
Подготовительные работы	Определение степени изученности района и обоснование объема и методики исследований	Сбор и изучение литературных и архивных материалов, составление программы и сметы
Инженерно-геологическая съемка	Общая характеристика геологического строения, геоморфологических особенностей и гидрогеологических условий района применительно к требованиям строительства инженерных сооружений	Комплексные геологические, геоморфологические и гидрогеологические исследования района при помощи описания и нанесения на топографическую основу естественных и искусственных обнажений горных пород, выходов подземных род и физико-геологических явлений, проходка мелких горнобуровых выработок, полевые лабораторные исследования;

Продолжение табл. 56

Виды работ	Название работ	Состав работ
Разведочные работы	Детальное изучение геолого-литологического строения и условий залегания водоносных горизонтов	глазомерная съемка с барометрическим инвелированием; фотографирование Проходка горных выработок — шурfov, дудок, расчисток, канав и т. д.; бурение скважин — ручное и механическое
Гидрогеологические работы	Получение данных для расчетов притока воды в котлованы, траншеи и горные выработки; прогноз подпора грунтовых вод; оценка возможности суффозионного выноса частиц, размыва и нарушения устойчивости пород основания	Изучение режима подземных вод; опытные откачки, нагнетания и наливы; определение скорости движения подземных вод в порах и трещинах горных пород
Полевые испытания грунтов	Характеристика механической прочности горных пород и определение коэффициента внутреннего трения	Испытания грунтов пробными нагрузками штампом и испытания сопротивления грунтов сдвигу
Лабораторные работы	Определение классификационных показателей для отнесения пород к определенным стратиграфическим и литологическим горизонтам; получение качественных и количественных показателей физико-механических свойств горных пород; характеристика физических свойств и химического состава воды и возможного ее влияния на породы и фундамент	Лабораторные исследования физико-механических и водных свойств горных пород, химические анализы, а также минералогические, петрографические и палеонтологические исследования
Камеральные работы	Заключение об инженерно-геологических условиях района строительства и определение всех необходимых данных для проектирования	Корректура полевых материалов по лабораторным данным, составление карт и разрезов, составление отчета

В отдельных случаях при инженерно-геологических изысканиях применяются геофизические методы исследований — электроразведка, сейсморазведка, магнитометрия, гравиметрия. При помощи их возможно ориентировочное определение глубины залегания подземных вод,

верхней и нижней поверхностей вечной мерзлоты, скального основания под рыхлыми отложениями и т. п.; наличия тектонических нарушений, закарстованных пород; мощности выветрелой зоны пород.

Наибольшее распространение из геофизических методов имеет электроразведка, основанная на изменении величины удельного электрического сопротивления для различных горных пород, зависящего от их пористости, влажности, минерализации, температуры, а также от структуры и текстуры.

Параллельно с инженерно-геологическими изысканиями проводятся поиски и разведка месторождений строительных материалов для обеспечения строительства проектируемых сооружений.

### § 35. Инженерно-геологическая съемка

Инженерно-геологические съемки производятся в различных масштабах — от 1 : 100 000 до 1 : 2000. Съемки масштабов 1 : 100 000—1 : 25 000 относятся к мелкомасштабным и выполняются обычно на стадии предварительных изысканий. Они базируются в основном на естественных обнажениях горных пород и сопровождаются только легкими расчистками, закопушками и замерами дебитов водоисточников. Планово-высотная привязка съемочных точек осуществляется полуинструментальным способом с ориентировкой по местным признакам.

Съемки масштабов 1 : 10 000 и крупнее относятся к крупномасштабным и выполняются при окончательных изысканиях, базируясь в основном на искусственных обнажениях (горнобуровые выработки). Планово-высотная привязка точек производится инструментально.

Инженерно-геологические съемки могут быть площадные и маршрутные. Последние применяются при трассировании линейных сооружений и выполняются в масштабах 1 : 25 000 и мельче.

Общее количество точек наблюдения (естественных обнажений и искусственных выработок), требующееся для обоснования инженерно-геологической съемки в зависимости от ее вида и масштаба, может быть принято по табл. 57.

Таблица 57

Масштаб съемки	Количество точек наблюдения, потребное на 1 км <sup>2</sup> или 1 км при проведении	
	площадной съемки	маршрутной съемки
1 : 2000	200	—
1 : 5000	56	—
1 : 10 000	22	—
1 : 25 000	6	4
1 : 50 000	2	2
1 : 100 000	1	1

### § 36. Горно-буровые разведочные работы

Разведочные работы являются основным методом детального изучения инженерно-геологических условий строительства инженерных сооружений, а также служат для разведки строительных материалов. В состав их входят проходка горных выработок (расчисток, канав, дудок, шурфов) и ручное или механическое бурение.

Горные выработки наилучшим образом освещают геолого-литологическое строение пересекаемых ими пород, их состав, текстуру и структуру, позволяют отбирать из связных грунтов монолиты любого размера, а также дают возможность получения образцов из песков с сохранением природной влажности и структуры.

Расчистки при разведочных работах служат для вскрытия склонов и откосов; проходка их осуществляется ступенями. Канавы (сечением понизу 0,5—0,7 м) закладывают вскрест простирания при близком к земной поверхности (2—2,5 м) залегании коренных пород с крутым падением слоев. Дудки проходят в устойчивых породах, в которых возможно значительное заглубление выработки без крепления ее стенок. Шурфы применяют как в устойчивых, так и в неустойчивых породах. Наиболее распространены сечения: 1 м × 1,25 м = 1,25 м<sup>2</sup>, 1,25 × 1,6 м = = 2 м<sup>2</sup> и 1,4 м × 1,8 м = 2,5 м<sup>2</sup>. Шурфы обязательны при разведке строительных песков и гравия для отбора валовых проб. Проходка шурфов без крепления в породах рыхлых, сыпучих, неустойчивых и средней устойчивости воспрещается, в устойчивых породах допускается максимально до глубины 5 м.

Ручное бурение является наиболее широко распространенным способом ведения разведочных работ для инженерно-геологических целей, позволяющим получать образцы пород с сохранением природной влажности, а при помощи специальных грунтоносов — и структуры (из связных пород). Глубина скважин может достигать 25—30 м, что обычно вполне обеспечивает задачи исследований.

Диаметр скважин зависит от целевого назначения выполняемых работ и условий проходки. На трассах коммуникаций обычно достаточно иметь скважины диаметром 89 мм, в местах заложения искусственных сооружений и на строительных площадках — для возможности получения достаточного объема образцов и отбора монолитов — не менее 127 мм. При необходимости перекрытия водоносных горизонтов и оборудования скважин фильтрами начальный диаметр скважин возрастает до 168—219 мм и более.

Для проходки рыхлых крупнообломочных отложений (крупный щебень, галечники с валунами и др.) применяется механическое ударное бурение. Для проходки скальных и полускальных пород применяется механическое вращательное бурение.

Количество проходимых выработок и их примерная глубина указаны ниже в соответствующих главах при рассмотрении характера и объема изыскательских работ в зависимости от видов сооружений, для проектирования которых производятся изыскания.

## § 37. Гидрогеологические работы

Общая характеристика гидрогеологических условий района на стадии предварительных изысканий дается на основании инженерно-геологической съемки. Для детального освещения гидрогеологических условий на стадии окончательных изысканий производятся специальные исследования, задачей которых является изучение режима подземных вод, скорости их движения и определение коэффициента фильтрации водосодержащих пород.

Основными задачами при изучении режима подземных вод являются:

установление положения зеркала подземных вод или их пьезометрической поверхности, уклона и направления

потока, условий питания и гидравлической связи с другими водоносными горизонтами и с поверхностными водами, а также бассейна подземного стока;

оценка относительной величины инфильтрационного питания грунтовых вод атмосферными осадками;

определение коэффициента пьезопроводимости или уровнепроводимости пород.

С этой целью создается сеть наблюдательных пунктов (скважины, колодцы, источники, водомерные посты на реках и т. д.), в которых производятся стационарные наблюдения и выявляются закономерности в изменении во времени уровня, температуры, химического состава и расхода воды (по источникам и рекам). Стационарные (режимные) наблюдения сопровождаются метеорологическими наблюдениями.

Баланс грунтовых вод складывается из следующих элементов: питания грунтовых вод за счет инфильтрации атмосферных осадков (а также конденсации), притока грунтовой воды через верхнее поперечное сечение потока, оттока ее через нижнее поперечное сечение.

Уравнение водного баланса для выделенного участка грунтового потока или бассейна представляется в следующем виде:

$$\Delta H \frac{\mu}{\Delta t} = \frac{Q_1 - Q_2}{\omega} + W, \quad (95)$$

где  $\Delta H$  — изменение уровня грунтовых вод за время  $\Delta t$ , причем при повышении уровня оно положительно, при понижении — отрицательно;

$\mu$  — водоотдача или недостаток насыщения грунта, т. е. количество воды, которое отдает единица объема грунта при понижении уровня;

$Q_1, Q_2$  — приток и отток грунтовых вод в единицу времени;

$\omega$  — площадь выделенного участка грунтового потока;

$W$  — инфильтрация или испарение.

Связь выделенного участка суши с общим водным балансом выражается уравнением

$$W = N - v + \frac{A_1 - A_2}{\omega} \pm (D_1 + D_2), \quad (96)$$

где  $N$  — количество атмосферных осадков (и конденсация);

$v$  — суммарное испарение с поверхности почвы, поверхностных водоемов, грунтов зоны аэрации и транспирации;

$A_1, A_2$  — приток и отток поверхностных вод;

$D_1$  — изменение запасов вод на земной поверхности;

$D_2$  — изменение запасов вод в толще грунтов от этой поверхности до зеркала грунтовых вод.

Коэффициент пьезопроводимости или уровнепроводимости пород определяется по формуле

$$a = \frac{Kh}{\mu}, \text{ м}^2/\text{сутки}, \quad (97)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$h$  — средняя мощность водоносного горизонта,  $\text{м}$ ;

$\mu$  — водоотдача породы или недостаток насыщения.

Ориентировочное значение коэффициента водоотдачи согласно имеющимся данным опытных и лабораторных определений приведено в табл. 58.

Таблица 58

Породы	Коэффициент водоотдачи
Галечники и гравий . . . . .	0,35—0,3
Крупнозернистый песок . . . . .	0,3—0,25
Среднезернистый песок . . . . .	0,25—0,20
Мелкозернистый песок . . . . .	0,20—0,15
Тонкозернистый песок . . . . .	0,15—0,10
Сильнотрещиноватые породы . . . . .	0,01—0,002
Трещиноватые породы . . . . .	0,002—0,0002
Сiltyнозакарстованные породы . . . . .	0,15—0,05
Закарстованные породы . . . . .	0,05—0,01
Слабозакарстованные породы . . . . .	0,01—0,005

Модуль подземного стока ( $M$ ) определяется по формуле

$$M = \frac{Q}{\omega}, \quad (98)$$

где  $Q$  — расход или грунтовое питание реки,  $\lambda/\text{сек}$ ;

$\omega$  — площадь бассейна стока (подземного),  $\text{км}^2$ .

По величине модуля подземного стока определяется коэффициент подземного стока ( $a$ )

$$a = \frac{M \cdot 86\,400 \cdot 365}{N \cdot 10^6}, \quad (99)$$

где  $N$  — годовое количество атмосферных осадков,  $мм$ .

Коэффициент подземного стока точнее вычисляется по расходу потока, определенного откачкой, по формуле

$$a = \frac{Q \cdot 365}{N \cdot \omega \cdot 10^6}, \quad (100)$$

где  $Q$  — суточный расход,  $м^3$ ;

$N$  — осадки,  $мм$ ;

$\omega$  — площадь области питания,  $км^2$ .

**Определение скорости движения подземных вод в порах и трещинах горных пород** необходимо для суждения о возможности размыва или растворения скальных и полускальных пород, суффозионного выноса частиц и нарушения устойчивости пород основания.

Это определение производится путем запуска индикаторов (краски, соли) в скважину и фиксации времени прохождения их до наблюдательного пункта. Опыты могут быть проведены в условиях естественного потока или совмещены с откачками из скважин.

В условиях естественного потока коэффициент скорости

$$K_v = \frac{L}{t}, \quad (101)$$

при опытной откачке из совершенной скважины в условиях напорных вод или при значительной мощности ненапорного водоносного горизонта

$$K_v = \frac{(r_2^2 - r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \Delta h t}, \quad (102)$$

где  $K_v$  — коэффициент скорости в порах, равный действительной средней скорости потока при градиенте  $I$ , равном единице,  $м/сутки$ ;

$L$  — расстояние между пусковой и наблюдательной скважинами,  $м$ ;

$t$  — время прохождения индикатором пути между скважинами, сутки;

$r_2$  — расстояние дальней (пусковой) наблюдательной скважины от центральной, м;

$r_1$  — расстояние ближней наблюдательной скважины, м;  
 $\Delta h$  — разность уровней в наблюдательных скважинах, м.

При расчете по одной наблюдательной и центральной скважинам в формулу (102) надо вместо величины  $r_1$  подставить  $r_0$  (радиус фильтра центральной скважины), а величиной  $\Delta h$  считать разность уровней воды в наблюдательной и центральной скважинах.

Возможно также определение коэффициента скорости  $K_v$  по пористости по формуле

$$K_v = \frac{K}{H}, \quad (103)$$

где  $H$  — пористость пород,

$K$  — коэффициент фильтрации.

По величине  $K_v$  можно в любой точке области фильтрации получить действительную среднюю скорость движения воды в порах и трещинах по формуле

$$v = K_v I, \quad (104)$$

где  $v$  — скорость движения воды в порах и трещинах, м/сутки;

$I$  — градиент потока.

Скорость фильтрации, выше которой может начаться суффозионный вынос частиц, называется критической или вымывающей скоростью. Числовые значения критической скорости на практике установить трудно, так как вопрос этот еще очень слабо изучен.

Для ориентировочных расчетов иногда принимают значения критической скорости, приведенные в табл. 59.

Таблица 59

Диаметр частиц грунта, мм	5,0	3,0	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,08	0,05	0,03	0,01
Критическая скорость, см/сек	22,1	17,3	9,85	8,83	6,97	4,88	3,06	2,79	2,19	1,74	0,98

Коэффициент фильтрации является основным расчетным показателем для вычислений возможного притока

воды в строительные котлованы, проектирования дренажных устройств и определения потерь на фильтрацию при гидротехническом строительстве.

Определение коэффициента фильтрации производится лабораторным способом, по гранулометрическому составу при помощи эмпирических формул и, наиболее достоверно, полевыми методами. К последним относятся опытные откачки, наливы и нагнетания.

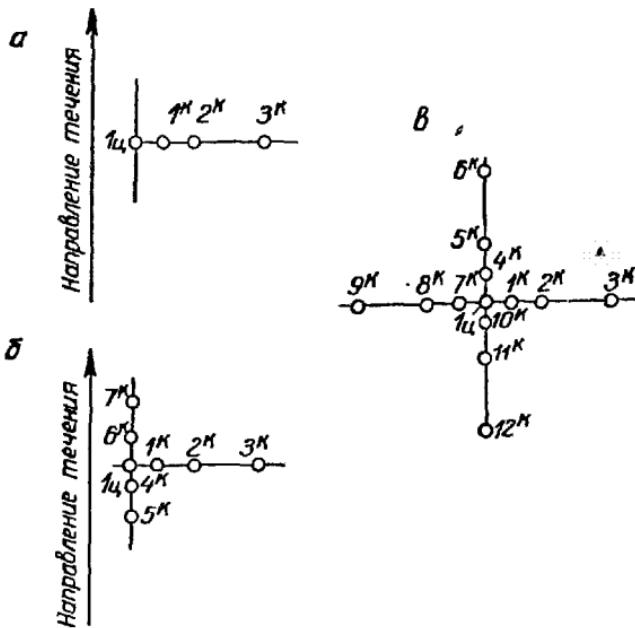


Рис. 43. Схемы распределения скважин при кустовых откачках:

а — с одним лучом; б — с тремя лучами; в — с четырьмя лучами; I<sub>c</sub> — центральные скважины; 1<sup>K</sup>, 2<sup>K</sup> ... — наблюдательные скважины

При помощи опытных откачек определяются расход подземного потока и коэффициент фильтрации водосодержащих пород. Откачки производятся одиночные и кустовые. Выбор типа откачки зависит от стадии проектирования, объекта проектирования и гидрогеологических условий.

Одиночные откачки применяются при несложных гидрогеологических условиях и на стадии предварительных изысканий. Кустовые откачки дают более точные резуль-

таты, но требуют больших затрат времени и средств; они производятся при окончательных изысканиях на выбранных участках расположения сооружений и для разрешения специальных вопросов, как, например, осушение или водоснабжение.

Схемы расположения скважин при кустовых откачках показаны на рис. 43. Расстояния между скважинами по лучам следует принимать согласно инструкции Министерства строительства И-181—53 (табл. 61) или по М. Е. Альтовскому (табл. 62).

Таблица 61

Наименование грунта	Расстояния между скважинами по каждому лучу, м		
	между центральной и первой наблюдательной	между первой и второй наблюдательными	между второй и третьей наблюдательными
Супеси . . . . .	1—3	3—5	6—10
Пески . . . . .	2—5	5—10	10—15
Гравийные и галечниковые	4—8	8—15	15—20
Скальные сильнотрешиноватые . . . . .	4—7	7—10	10—20
Скальные слаботрешиноватые . . . . .	2—5	5—8	10—15

Таблица 62

Состав водоносных пород	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Характер подземного потока	Расстояние между центральной скважиной и наблюдательными, м			Примерная величина радиуса влияния, м
			первой	второй	третьей	
Скальные сильнотрешиноватые породы	Более 60	Напорный Грунтовый	15—20 10—15	30—40 20—30	60—80 40—60	500 и более 500 и более
Гравийно-галечниковые породы чистые, без примеси мелких частиц;	Более 60	Напорный Грунтовый	8—10 4—6	15—20 10—15	30—40 20—25	200—300 200—300

Продолжение табл. 62

Состав водоносных пород	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Характер подземного потока	Расстояние между центральной скважиной и наблюдательными, м			Примерная величина радиуса влияния, м
			первой	второй	третьей	
крупно- и среднезернистые однородные пески						
Скальные слаботрещиноватые породы	От 20 до 60	Напорный Грунтовый	6—8 5—7	10—15 8—12	20—30 15—20	150—250 150—250
Гравийно-гальечниковые породы со значительной примесью мелких частиц	От 20 до 60	Напорный Грунтовый	5—7 3—5	8—12 6—8	15—20 10—15	100—200 100—200
Неоднородные крупно-, средне-, разно- и мелкозернистые пески	От 5 до 20	Напорный Грунтовый	3—5 2—3	6—8 4—6	10—15 8—12	80—150 80—150

По инструкции Гидроэнергопроекта расстояние наблюдательных скважин от центральной определяется по формуле

$$x_n = x_1 d^{n-1}, \quad (105)$$

где  $x_n$  — искомое расстояние до скважины;

$x_1$  — расстояние до первой скважины; для слабопроницаемых пород  $x_1 = 2$ , для среднепроницаемых  $x_1 = 3$  и для сильноpronицаемых  $x_1 = 4$ ;

$d$  — коэффициент, принимаемый для слабопроницаемых пород равным 2 и для средне- и сильноpronицаемых пород равным 3;

$n$  — порядковый номер скважины по линии, не считая центральной, по направлению от последней.

Средняя продолжительность откачки на одно понижение в восьмичасовых сменах по Е. М. Альтовскому приведена в табл. 63.

Таблица 63

Литологический состав водоносных пород	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Удельный дебит, л/сек	Характер водоносного горизонта	Средняя продолжительность откачки скважин	
				одиночных	кустовых
Скальные сильнотрещиноватые и гравийно-галечниковые породы без значительной примеси мелких частиц	Более 60—70	5—10 и более	Напорный Грунтовый	6—9 9—12	9—15 12—18
Скальные трещиноватые породы или гравийно-галечниковые породы со значительной примесью мелких частиц, гравелистые, разнозернистые пески	От 20 до 60	От 1,0 до 5—10	Напорный Грунтовый	9—15 12—18	12—18 15—26
Скальные слаботрещиноватые породы (доломиты, мол, мергель, сланцы), разнозернистые пески	От 5 до 20	От 0,1—0,5 до 1,0	Напорный Грунтовый	12—18 15—21	15—21 18—24
Мелкозернистые неоднородные пески	До 5	От 0,1 до 0,5	Напорный Грунтовый	12—18 15—24	15—24 18—30

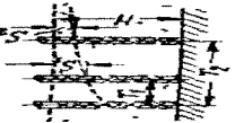
Величина понижений уровня воды (в центральной скважине) выбирается в зависимости от водопроницаемости пород и может быть принята по табл. 64.

Таблица 64

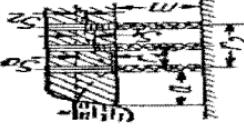
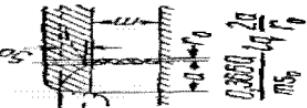
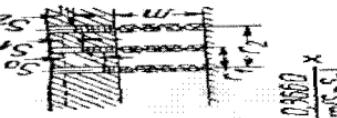
Характер водоносности пород	Величина понижения в процентах от столба воды в центральной скважине		
	первое понижение	второе понижение	третье понижение
Сильнопроницаемые породы	10	15	20
Слабопроницаемые породы	15	20	30

Основные формулы для расчета коэффициента фильтрации применительно к различным условиям производ-

Таблица 65

Расчетные схемы и формулы при отыскании из скважин		Примечание
Гидравлическое сопротивление породных вод	относительное водоразделение	
Вдали от водораздела	Напорные воды	 $K = \frac{0.336 Q}{\pi (S_1 S_2)} \lg \frac{R}{r_0} / 100$
	Безнапорные воды	 $K = \frac{0.336 Q}{\pi (S_1 S_2)} \lg \frac{R}{r_0} / 100$ $K = \frac{0.332 Q}{(2H) S_1 S_2} \lg R - \lg r_0 / 100$

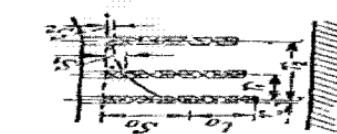
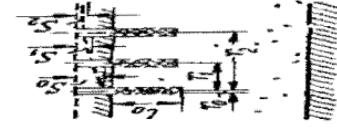
Продолжение табл. 65

Расположение относительной высоты	Гидравлический тип подземных вод	Расчетные схемы в фильтрах при откатах из состоящих из кустарника		Примечание
		однородных	кустарник	
Вблизи воздуха	Напорные воды			В фильтрах (111) и (114) знак плюс перед 1 и 2 при- наимеется, когда ба- зисная расположена не лучше, напри- мер, от це- нтральной скважи-
		Луч передвижного берегу водоворот		на вглубь берега; знак минус, если наблюдается зал. скважина находит- ся между водоромы и центральной скважиной
			$\frac{0.3560}{H} \frac{20+1}{1}$ $-\frac{20+2}{1} \quad (114)$ $-\frac{14}{1}$	
		Луч передвижного берегу водоворот		
			$\frac{0.3560}{H} \frac{20}{1}$ $-\frac{14}{1}$ $-\frac{14}{1}$	
				
			$\frac{0.3560}{H} \frac{20+1}{1}$ $-\frac{20+2}{1} \quad (112)$ $-\frac{14}{1}$	

Продолжение табл. 65

Расположение отдельных воронок	Гидравлическая связь при подземных водах	Расчетные схемы и формулы при отсеках из современных грунтов		Приложение
		однородных	изотермических	
Вблизи до-дна	Безнапорные воды		Линия термоклинического фронта	Приложение 16
Равномерное расположение отдельных воронок	Связь при подземных водах	однородных	Приложение 15	

Таблица 66

Расположение скважин относительно водоразделяющей поверхности	Вид откачки	Расчетные сечки и формулы при откачке из погорельской скважины		Примечание
		В водоразделах	В безводоразделовых	
Одиночные откачки, фонтан Уз. лен от гравийных пластов				Формула (116) может быть ис- пользована в слу- чае подразумеваемого откачки при усло- вии поддержания фонтана ниже дна реки на величину
Вдали от во- дослива, Дав- ка фонтана незначитель- на по срав- нению с к мощностью слоя	Кустовая откачки			$C > \frac{l_0}{2.315} \frac{h}{l_0}$ $\frac{D}{l_0} \frac{h}{D} \left[ \arctg \frac{h}{l_0} - \arctg \frac{D}{l_0} \right] / 117$

ства работ и в зависимости от гидравлического типа подземных вод приведены в табл. 65 и 66.

Радиус влияния по данным опытной кустовой откачки определяется:

для напорных вод по формуле

$$\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2}; \quad (118)$$

для безнапорных вод по формуле

$$\lg R = \frac{S_1 (2H - S_1) \lg r_2 - S_2 (2H - S_2) \lg r_1}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)}, \quad (119)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — понижение уровня в двух точках депрессионной поверхности (в двух наблюдательных скважинах);

$r_1$  и  $r_2$  — расстояние этих точек от оси опытной скважины;

$H$  — мощность безнапорного водоносного горизонта.

При отсутствии опытных данных о величине радиуса влияния можно принимать рекомендуемые в различных руководствах значения  $R$ :

для мелкозернистых грунтов . . . . .	от 50 до 200 м
» среднезернистых . . . . .	» 100 » 500 »
» крупнозернистых . . . . .	» 400 » 1000 »

Возможно также определение величины радиуса влияния в зависимости от удельного дебита (табл. 67).

Таблица 67

Удельный дебит на 1 м, л/сек	Радиус влияния $R$ , м
2,0	300—500
2,0—1,0	100—300
1,0—0,5	50—100
0,5—0,33	25—50
0,33—0,2	10—25
0,2	10

При продолжительности откачек из скважин и колодцев более 5—8 суток, при понижении уровня на несколько метров и отсутствии инфильтрации величину радиуса влияния можно принимать, исходя из гранулометрического состава, по табл. 68.

Таблица 68

Наименование породы	Размеры преобладающих частиц, мм	Радиус влияния $R$ , м
Песок тонкозернистый .	0,05—0,1	25—50
» мелкозернистый	0,1 — 0,25	50—100
» среднезернистый	0,25—0,5	100—200
» крупнозернистый	0,5 — 1,0	300—400
» грубозернистый	1,0 — 2,0	400—500
Гравий мелкий .	2—3	400—600
» средний .	3—5	500—1500
» крупный .	5—10	1500—3000

Для расчета фильтрационных потерь из каналов или прогноза фильтрационных условий после повышения уровня подземных вод в результате подпора может возникнуть необходимость определения коэффициента фильтрации сухих пород или при глубоком залегании уровня подземных вод. В таких случаях вместо опытных откачек производят **опытные наливы** воды в скважины или шурфы.

Для расчета коэффициента фильтрации по данным наливов в скважины применяются те же формулы, что и при откачках, но вместо величины понижения используется величина повышения уровня.

Наиболее распространенными методами наливов воды в шурфы являются способы Болдырева и Нестерова.

Расчет коэффициента фильтрации при этом производится по формуле

$$K = \frac{Q}{F}, \quad (120)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$Q$  — установившийся расход воды;

$F$  — площадь фильтрации, равная при опытах по методу Болдырева площади смачиваемой поверхности зумпфа, составляющая  $\pi r(r+2h)$ ,  $\text{м}^2$  ( $r$  — радиус зумпфа,  $h$  — высота постоянного слоя воды,  $\text{м}$ ); в опыте по методу Нестерова  $F$  — площадь дна зумпфа, ограниченная внутренним кольцом,  $\text{м}^2$ .

**Опытные нагнетания** служат для характеристики степени трещиноватости и водопроницаемости скальных горных пород; они осуществляются посредством установки специальных тампонов на различных интервалах по глубине скважины (рис. 44). Посредством опытных нагнетаний определяют величину удельного водопоглощения  $q$ :

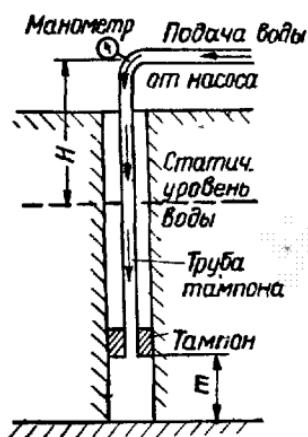


Рис. 44. Схема опытных нагнетаний в скважине

где  $Q$  — количество поглощаемой воды;

$m$  — мощность опробуемого интервала,  $\text{м}$ ;

$H$  — напор над статическим уровнем воды в скважине.

Коэффициент фильтрации определяется из выражения

$$K = 0,525 q \lg \frac{0,66 m}{r}, \quad (122)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$q$  — удельное водопоглощение,  $\text{л}/\text{мин}$ ;

$r$  — радиус скважины,  $\text{м}$ .

Полученную величину коэффициента фильтрации следует рассматривать как нижний предел значения коэффициента фильтрации исследуемой породы.

Ориентировочные значения коэффициента фильтрации для различных пород могут быть приняты по табл. 69.

Таблица 69

Породы	Коэффициент фильтрации, м/сутки	Породы	Коэффициент фильтрации, м/сутки
Галечник чистый . . . . .	Более 200	Супесь . . . . .	0,7—0,2
Гравий чистый . . . . .	200—100	Суглинок . . . . .	0,4—0,005
Гравий с щеском . . . . .	150—75	Глины . . . . .	0,005 и меньше
Песок крупный гравелистый . . . . .	100—50	Торф малоразложившийся . . . . .	4,5—1,0
Песок крупный . . . . .	75—25	Торф среднеразложившийся . . . . .	1,0—0,15
Песок средний . . . . .	25—10	Торф сильноразложившийся . . . . .	0,15—0,01
Песок мелкий . . . . .	10—2		
Песок мелкозернистый глинистый . . . . .	2—1		

### § 38. Лабораторные исследования

Лабораторные исследования производятся на всех стадиях изысканий.

В состав лабораторных работ входят исследования химического и минералогического состава горных пород, их физико-химических и физико-механических свойств и химические анализы воды.

Целью их являются:

установление путем классификационных признаков принадлежности пород к определенным стратиграфическим и литологическим горизонтам и обоснование правильного построения геологических разрезов и карт;

определение качественных и количественных показателей физико-механических свойств горных пород;

характеристика физических свойств и химического состава поверхностных и подземных вод и их возможного влияния на горные породы и сооружения, а также пригодности для промышленного и питьевого водоснабжения.

Структура образцов грунтов, подвергающихся лабораторным испытаниям, может быть нарушенной и ненарушенной и определяется в зависимости от дальнейших условий работы грунта во взаимодействии с проектируемыми сооружениями.

При помощи лабораторных исследований определяются:

показатели состава грунтов (гранулометрического и минералогического), способствующие выявлению их природы и генезиса и в основном являющиеся классификационными;

показатели, характеризующие физические свойства и состояние, в котором находится грунт;

показатели степени сопротивляемости грунта механическим воздействиям (сжатию и сдвигу).

Все горные породы в зависимости от их механической прочности и характера деформаций подразделяются на три основных класса грунтов (табл. 70).

Таблица 70

Классы	Характеристика грунтов	Наименование пород
I	Скальные и полускальные	Извещенные, метаморфические и твердые осадочные (цементированные крупнообломочные и песчаные породы, сильно уплотненные глинистые и химические осадки)
II	Связные и полусвязные	Глины, суглинки, супеси, лёссы и лёссовидные породы, торф и почвы
III	Несвязные	Пески, гравий, галечники, щебень и дресва

Основные классификации грунтов по гранулометрическому составу: классификация фракций, типы грунтов, виды песчаных и крупнообломочных грунтов даны в табл. 71, 72 и 73.

Таблица 71

Наименование фракций	Размер частиц, мм
Балуны (окатанные) или камни (угловатые) . . .	Более 100
Галька (окатанная) или щебень (угловатый) . . .	100—20
Гравий (окатанный) или дресва (угловатая) . . .	20—2
Песок крупный . . . . .	2—0,5
» средний . . . . .	0,5—0,25
» мелкий . . . . .	0,25—0,1
» тонкий . . . . .	0,1—0,05
Пыль . . . . .	0,05—0,002
Глина . . . . .	Менее 0,002

Таблица 72

Наименование грунта	Содержание фракций, %			
	глинистых <0,002 мм	пылеватых 0,002—0,05 мм	песчаных 0,05—2 мм	гравелистых >2 мм
Глина тяжелая . . . . .	> 60			
Глина . . . . .	60—30			
Суглинок тяжелый . . . . .	30—20			
Суглинок средний . . . . .	20—15			
Суглинок легкий . . . . .	15—10	Меньше, чем песчаных		
Супесь тяжелая . . . . .	10—6			
Супесь легкая . . . . .	6—3			
Песок . . . . .	<3			

Таблица 73

Наименование видов грунтов	Распределение частиц грунта по крупности в процентах от веса сухого грунта
----------------------------	--

**Крупнообломочные грунты**

Щебенистый грунт (при преобладании окатанных частиц — гальчниковый)	Вес частиц крупнее 10 мм составляет более 50%
Дресвяный грунт (при преобладании окатанных частиц — гравийный)	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 50%

## Продолжение табл. 73

Наименование видов грунтов	Распределение частиц грунта по крупности в процентах от веса сухого грунта
<b>Песчаные грунты</b>	
Гравелистые пески	Вес частиц крупнее 2 $\text{мм}$ составляет более 25%
Крупный песок	Вес частиц крупнее 0,5 $\text{мм}$ составляет более 50%
Средней крупности песок	Вес частиц крупнее 0,25 $\text{мм}$ составляет более 50%
Мелкий песок	Вес частиц крупнее 0,1 $\text{мм}$ составляет более 75%
Пылеватый песок	Вес частиц крупнее 0,1 $\text{мм}$ составляет менее 75%

Основные формулы для расчета характеристик физических свойств и состояния грунта даны в табл. 74.

Таблица 74

Характеристика физических свойств и состояния грунтов	Расчетные формулы	Значения букв в формулах
Объемный вес скелета грунта $\delta$ , $\text{т}/\text{м}^3$ или $\text{г}/\text{см}^3$	$\delta = \frac{\gamma}{1 + w}$ (123)	$\gamma$ — объемный вес грунта естественной структуры и влажности
Пористость грунта $n$ , доля единицы или %	$n = 1 - \frac{\delta}{\Delta} = \frac{\Delta - \delta}{\Delta}$ (124) или $n = \frac{\epsilon}{1 + \epsilon}$ (125)	$w$ — весовая влажность естественной структуры
Коэффициент пористости (приведенная или относительная пористость) $\epsilon$	$\epsilon = \frac{n}{1 - n} = \frac{\Delta - \delta}{\delta}$ (126)	$\Delta$ — удельный вес твердых частиц грунта
Полная влагоемкость грунта $w_n$ , доля единицы или %	$w_n = \frac{\epsilon}{\Delta}$ (127)	
Коэффициент пористости грунта при полном заполнении пор водой $\epsilon'$	$\epsilon' = w_n \Delta$ (128)	

Продолжение табл. 74

Характеристика физических свойств и состояния грунтов	Расчетные формулы	Значения букв в формулах
Коэффициент или степень водонасыщенности грунта (относительная влажность) $G$	$G = \frac{w}{w_n} = \frac{w\Delta}{\epsilon} = \frac{w\delta}{n} \quad (129)$	
Объемный вес грунта, облегченного весом вытесненной им воды $\gamma_0$ , $m/m^3$ или $g/cm^3$	$\gamma_0 = \frac{\Delta - \Delta_0}{1 + \epsilon} \quad (130)$	$\Delta_0$ — удельный вес воды
Объемная влажность $w_0$ , доля единицы или %	$w_0 = w\delta \quad (131)$	
Общая влажность $w_{об}$ , доля единицы или %	$w_{об} = \frac{w\delta}{\gamma} = \frac{w}{1 + w} \quad (132)$	
Коэффициент уплотняемости $F$	$F = \frac{\epsilon_{макс} - \epsilon_{мин}}{\epsilon_{мин}} \quad (133)$	$W_f$ — верхний предел пластичности
Число пластичности $W_p$	$W_p = W_f - W_p \quad (134)$	$W_p$ — нижний предел пластичности

Удельный вес основных видов грунтов, если они не содержат растительных остатков и водорастворимых солей и не вскипают по пробе соляной кислотой, может быть принят согласно данным Д. Е. Польшина по табл. 75.

Таблица 75

Наименование грунта	Удельный вес, $g/cm^3$ ( $m/m^3$ )
Пески . . . . .	2,66
Супеси . . . . .	2,70
Суглинки . . . . .	2,71
Глины . . . . .	2,74

Таблица 76

Наименование грунтов	Степень влажности (коэффициент водонасыщенности)
Маловлажные . .	$\leqslant 0,5$
Очень влажные . .	0,5—0,8
Насыщенные водой . . . . .	0,8—1,0

Классификация грунтов по влажности, плотности (в зависимости от коэффициента пористости  $\epsilon$ ) и пластичности приведена соответственно в табл. 76, 77, 78.

Таблица 77

Виды песчаных грунтов	Плотность сложения		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности . . . . .	$\epsilon < 0,55$	$0,55 \leq \epsilon < 0,65$	$\epsilon > 0,65$
Пески мелкие . . . . .	$\epsilon < 0,60$	$0,60 \leq \epsilon < 0,70$	$\epsilon > 0,70$
Пески пылеватые . . . . .	$\epsilon < 0,60$	$0,60 \leq \epsilon < 0,80$	$\epsilon > 0,80$

Таблица 78

Наименование грунтов	Число пластичности $w_p$
Супесь . . . . .	1—7
Суглинок . . . . .	7—17
Глина . . . . .	> 17

При определении состояния, в котором находится грунт, большое значение имеют его водные свойства: водопроницаемость, капиллярность, влагоемкость, водоотдача и растворимость.

**Водопроницаемость** характеризуется величиной коэффициента фильтрации, представляющей собой количество воды, протекающее в единицу времени через единицу площади при градиенте, равном единице.

По степени водопроницаемости горные породы подразделяются на водопроницаемые (сильнотрещиноватые и крупнообломочные, несцепментированные: галечники, гравий, песок); полупроницаемые (глинистые пески, супеси, лессовидные породы и суглинки); водонепроницаемые (массивно-кристаллические, магматические и осадочные породы, лишенные трещин).

**Капиллярность** выражается в способности передвижения воды в вертикальном и горизонтальном направлениях по сообщающимся порам грунта.

Капиллярные явления заключаются в поднятии воды в капиллярной трубке в результате сцепления между частицами воды и их притяжения стенками трубы. Высота капиллярного поднятия зависит от диаметра пор, в свою очередь зависящего от величины зерен, слагающих породу. Практически можно считать, что при диаметре зерен более 2 мм капиллярное поднятие отсутствует.

Предельная высота капиллярного поднятия в некоторых породах приведена в табл. 79.

Таблица 79

Наименование пород	Предельная высота капиллярного поднятия, см
Крупный песок . . . . .	12—15
Средний песок . . . . .	40—50
Мелкий песок . . . . .	90—110
Суслесь . . . . .	175—200
Суглинок легкий . . . . .	225—250
Суглинок . . . . .	350—650
Глина . . . . .	До 1200

**Влагоемкостью** называется способность пород вмещать или удерживать в себе воду. Различают три вида влагоемкости: полную, неполную или капиллярную и пленочную или молекулярную.

Полная влагоемкость соответствует полному заполнению всех пор породы водой и численно определяется по формуле (127).

Капиллярной влагоемкостью называется способность удерживать воду только в капиллярных порах, в то время как остальные поры остаются свободными.

Молекулярной влагоемкостью является способность пород задерживать воду на поверхности частиц в виде пленки. Чем меньше размер частиц породы, тем больше суммарная их поверхность и большее величина молекулярной влагоемкости.

Максимальная молекулярная влагоемкость различных типов пород приведена в табл. 80.

Таблица 80

Наименование пород	Максимальная молекулярная влагоемкость, %
Крупный песок . . . . .	1,68—2,10
Мелкий песок . . . . .	2,60—3,0
Подзол . . . . .	7,7
Суглинок . . . . .	11,7—18,5
Глина . . . . .	30,4—38,5
Чернозем . . . . .	29

Величина максимальной молекулярной влагоемкости близка по значению к пределу пластичности связных пород.

В практике влагоемкими называют породы, обладающие капиллярной влагоемкостью. На основе этого все горные породы могут быть классифицированы по степени влагоемкости на очень влагоемкие (торф, суглинки, глины); слабовлагоемкие (мергель, рыхлые песчаники, лёсс, мелкие и глинистые пески); невлагоемкие (массивные изверженные и осадочные крупнообломочные: галька; гравий).

Водоотдачей называется способность насыщенной водой породы отдавать свободную гравитационную воду путем стекания. Физически водоотдача представляет собой разность между полной и молекулярной влагоемкостью и выражается коэффициентом водоотдачи, под которыми понимается отношение объема стекающей воды к объему всей породы в процентах.

Ориентировочное значение коэффициента водоотдачи для различных пород приведено в табл. 58.

**Растворимостью** называется способность горной породы к растворению под действием проникающей в ее поры воды. Наиболее распространенными гидрохимически неустойчивыми породами являются: каменная соль, гипсы, ангидриты, доломиты, известняки.

Степень растворимости главнейших минеральных солей в воде указана в табл. 81.

Таблица 81

Группа	Наименование минеральных солей	Формула	Растворимость, г/д	
			при 0°	при 18°
Хлориды	Хлористый калий . . . . .	KCl	290	329
	»      натрий . . . . .	NaCl	350	329
	»      кальций . . . . .	CaCl <sub>2</sub>	—	732
	»      магний . . . . .	MgCl <sub>2</sub>	—	558
Карбонаты	Углекислый калий . . . . .	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	1080
	»      натрий . . . . .	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	194
	»      кальций . . . . .	CaCO <sub>3</sub>	0,2	—
	»      магний . . . . .	MgCO <sub>3</sub>	0,1	—
Сульфаты	Углекислое железо . . . . .	FeCO <sub>3</sub>	0,7	—
	Сернокислый калий . . . . .	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	111
	»      натрий . . . . .	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50	168
	»      кальций . . . . .	CaSO <sub>4</sub>	2	2
	»      магний . . . . .	MgSO <sub>4</sub>	270	354

Для определения количества присутствующих в породе растворимых солей приготовляют водные или солянокислые вытяжки и производят химические анализы последних с определением элементов, входящих в состав простых солей.

Грунты можно считать незасоленными при содержании в них водорастворимых солей менее 0,2% веса сухой породы, слабо засоленными — при 0,2—0,5% и засоленными — при содержании солей > 0,5%.

**Показатели механических свойств грунтов** большей частью исследуются лабораторными методами.

Сопротивление грунтов сжатию определяется в компрессионных приборах; показателем служит степень их уплотнения в зависимости от приложения вертикальной нагрузки, выражаемая компрессионной кривой в виде зависимости коэффициента пористости от давления  $\epsilon = f(p)$ .

Участок кривой в пределах заданных нагрузок заменяется прямой, уравнение которой имеет вид

$$\epsilon = A - ap. \quad (135)$$

Параметры  $a$  и  $A$  этой прямой составляют:

$$a = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{p_2 - p_1}; \quad (136)$$

$$A = \epsilon_2 - ap_2, \quad (137)$$

где  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  — коэффициенты пористости, соответствующие начальному ( $p_1$ ) и конечному ( $p_2$ ) давлению в принятом интервале нагрузки;  
 $a$  — коэффициент уплотнения.

Численные значения коэффициента  $a$  в интервале нагрузки от 1 до 2 кг/см<sup>2</sup> могут приближенно характеризовать сжимаемость грунтов (табл. 82).

Таблица 82

Характеристика грунтов по сжимаемости ЭСП	Коэффициент уплотнения $a$ , см <sup>3</sup> /кг	
	по Дмоховскому	по Приклонскому
Сильносжимаемые . . . . .	Более 0,05	Более 0,1
Средней сжимаемости . . . . .	0,05—0,01	0,1—0,01
Слабосжимаемые . . . . .	Меньше 0,01	Меньше 0,01

Глинистые макропористые грунты согласно НИТУ 137—56 характеризуются величиной относительной просадочности  $\delta_{\text{пр}}$  при заданном давлении, определяемой на основании данных компрессионных испытаний по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{h - h'}{h}, \quad (138)$$

где  $h$  — высота образца грунта природного сложения и влажности, обжатого в условиях невозможности бокового расширения давления  $p$ ,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$h'$  — высота того же образца грунта после пропуска через него воды при сохранении давления  $p$ .

Степень просадочности маловлажных грунтов определяется относительной просадочностью при давлении 3  $\text{кг}/\text{см}^2$  по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{h_3 - h'_3}{h_3}, \quad (139)$$

где  $h_3$  — высота образца грунта природного сложения и влажности, обжатого в условиях невозможности бокового расширения давлением 3  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$h'_3$  — высота того же образца грунта после пропуска через него воды при сохранении давления в 3  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

В зависимости от значения  $\delta_{\text{пр}}$  макропористые грунты разделяются на обладающие просадочными свойствами при  $\delta_{\text{пр}} > 0,02$  и практически не обладающие просадочными свойствами при  $\delta_{\text{пр}} < 0,02$ .

Для очень влажных грунтов ( $G > 0,5$ ) и для слабосвязанной супеси степень просадочности определяется по максимальному значению относительной просадочности, полученному в интервале давлений от 1 до 3  $\text{кг}/\text{см}^2$ .

Толщи макропористых грунтов, используемых для возведения на них зданий и промышленных сооружений, характеризуются условной величиной просадочности  $\Delta_{\text{пр}}$ , определяемой по формуле

$$\Delta_{\text{пр}} = \sum_1^n \delta_{\text{пр. } i} h_i, \quad (140)$$

где  $\delta_{\text{пр}}$  — относительная просадочность грунта, определяемая для каждого слоя макропористого грунта в пределах всей его толщины при давлении  $3 \text{ кг}/\text{см}^2$  (с учетом примечания для очень влажных грунтов и слабосвязанной супеси);  
 $h$  — толщина того же слоя грунта, см.

Условную величину просадочности следует определять в пределах толщины макропористых грунтов, залегающих от подошвы наименее заглубленного фундамента до поверхности, расположенной на  $1 \text{ м}$  выше среднегодового горизонта грунтовых вод, или до кровли непросадочного слоя грунта мощностью не менее  $3 \text{ м}$ ; слои такого грунта мощностью менее  $3 \text{ м}$ , залегающего в указанных пределах расчетной толщины, не учитываются.

В соответствии со значениями  $\Delta_{\text{пр}}$  устанавливаются категории просадочности толщины макропористых грунтов (табл. 83).

Таблица 83

Категории просадочности толщины	Условная величина просадочности $\Delta_{\text{пр}}, \text{ см}$
I	До 15
II	От 16 до 50
III	Более 50

Сопротивление сдвигу определяется обычно на односрезных приборах. Показателями сопротивления сдвигу являются: угол сдвига, коэффициент сдвига, угол внутреннего трения, коэффициент внутреннего трения, сцепление.

Основные формулы для расчета показателей механических свойств приведены в табл. 84.

Основными показателями, характеризующими породы I класса, являются: химико-минералогический состав, объемный вес, удельный вес, предел прочности при сжатии и морозостойкость.

Классификация пород по прочности приведена в табл. 85.

Таблица 84

Наименование показателей	Расчетные формулы	Значение букв в формулах	Примечание
Коэффициент бокового давления $\xi$	$\xi = \frac{p_1}{N}$ (141) $\xi = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ (142)	$p_1$ — боковое давление породы $N$ — вертикальная нагрузка, вызвавшая боковое давление	$\xi$ — колеблется от 0 до 1 $\eta$ — колеблется в пределах от 0 до 0,5
Коэффициент Пуассона $\eta$	$\eta = \frac{l}{\lambda}$ (143) $\eta = \frac{\xi}{1 + \xi}$ (144)		$\varphi$ — угол внутреннего трения $l$ — относительное боковое расширение
Модуль деформации в условиях сжатия без бокового расширения $E_s$	$E_s = \frac{1 + A}{a}$ (145)		
Модуль деформации в условиях свободного расширения $E$	$E = \frac{1 + A}{a} \times \frac{(1 + \eta)(1 - 2\eta)}{1 - \eta}$ (146)	$\lambda$ — относительное предельное сжатие	Приближение $E = \frac{1}{a}$
Модуль осадки $e_p$	$e_p = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1}$ (147)		

Таблица 85

Категория пород	Времяное сопротивление при сжатии, кг/см <sup>2</sup>
Крепкие (изверженные породы, кварциты и др.)	Не менее 900
Средней крепости (цементированные песчаники, известняки и т. д.) . . .	900—600
Слабые (цементированные слабым цементом) . . . . .	600—300
Очень слабые . . . . .	Менее 300

Косвенной приблизительной характеристикой морозоустойчивости пород является коэффициент водонасыщения. Принято считать, что если коэффициент водонасыщения меньше 0,8, то при замерзании вода имеет возможность увеличиваться в объеме за счет узких пор, не заполненных водой. Если же коэффициент насыщения больше 0,8, то, учитывая расширение воды при замерзании можно ожидать сильного давления льда на стенки пор, поскольку объем свободных от воды открытых пор в породе недостаточен для вмещения ее при переходе в лед.

Некоторые характеристики механических свойств различных грунтов, которые можно принимать для ориентировочных расчетов, даны в табл. 86—91.

В табл. 86 приведены нормативные и расчетные углы внутреннего трения песчаных грунтов (независимо от влажности) по СНиП Госстроя.

Т а б л и ц а 86

Коэффициенты пористости $\epsilon$	Виды песков и величины углов внутреннего трения $\varphi$ , град.							
	Гравелистые и крупные		Средней круп- ности		Мелкие		Пылеватые	
	норма- тивный	расчет- ный	норма- тивный	расчет- ный	норма- тивный	расчет- ный	норма- тивный	расчет- ный
0,7	38	36	35	33	32	30	30	28
0,6	40	38	38	36	36	34	34	32
0,5	43	41	40	38	38	36	36	34

Т а б л и ц а 87

Виды грунтов	Модуль деформации $E$ , $\text{кг}/\text{см}^2$
<i>Крупнообломочные грунты</i>	
Гравий и галька . . . . .	650—540
Щебень . . . . .	650—290
Дресва . . . . .	420—140
<i>Песчаные грунты</i>	
Песок крупный и гравелистый (независимо от влажности) . . . . .	480—360*
Песок средней крупности . . . . .	420—310
Песок мелкий:	
сухой . . . . .	360—250
влажный и насыщенный водой . . . . .	310—190

Продолжение табл. 87

Виды грунтов	Модуль деформации $E$ , $\text{кг}/\text{см}^2$
Песок пылеватый:	
сухой . . . . .	210—175
влажный . . . . .	175—140
насыщенный водой . . . . .	140—90
Супесь:	
сухая . . . . .	160—125
влажная . . . . .	125—90
насыщенная водой . . . . .	90—50
<i>Глинистые грунты</i>	
Глина . . . . .	590—160      160—40
Суглинок . . . . .	390—160      160—40 в твердом состоянии      в пластичном состоянии

\* Большее значение — для плотных песчаных грунтов, меньшее — для грунтов средней плотности.

В табл. 88 приведены значения характеристик грунта в водонасыщенном состоянии (то ТУИ Н ВНИИГ «Определение геотехнических характеристик грунта», 1941 г.).

Таблица 88

Наименование и качество грунта	Средние значения				
	угла трения $\varphi$ , град.	цепления $C$ , $\text{кг}/\text{см}^2$	модуля деформации $E$ , $\text{кг}/\text{см}^2$	коэффициента Пуассона $\eta$	коэффициента фильтрации $K \cdot 10^{-6}$ , $\text{м}/\text{сек.}$
Глина мягкая . . .	10	0,05	15		
Глина средней плотности . . .	14	0,2	40		{ 0,05 и ниже
Глина плотная . . .	16	0,4	100	0,40	
Суглинок мягкий . . .	14	0,02	40		{ 0,5
Суглинок средней плотности . . .	18	0,1	100		
Суглинок плотный . . .	20	0,2	150		
Супесь рыхлая . . .	18	—	100		50
Супесь плотная . . .	25	—	200		5
Песок мелкозернистый . . .	27	—		30	50
Песок крупнозернистый . . .	35	—	300 и выше		500

Расчетные показатели для песчаных пород (по Н. Н. Маслову) приведены в табл. 89.

Таблица 89

Наименование породы	Объемный вес в водонасыщенном состоянии $\gamma_w$ , $t/m^3$		Угол трения $\varphi$ , град.		Коэффициент фильтрации $K \cdot 10^{-6}$ , $m/sec$
	в породах средней плотности	в породах плотных	в породах средней плотности	в породах плотных	
Песок тонкозернистый . . . .	1,92	2,00	26	30	5
Песок мелкозернистый . . . .	1,92	2,00	27	30	50
Песок среднезернистый . . . .	1,94	2,00	28	32	500
Песок крупнозернистый . . . .	1,98	2,05	29	33	500
Песок разнозернистый . . . .	1,96	2,05	29	33	5000
Песок с гравием и галькой . . . .	2,00	2,10	30	25	5000

Расчетные показатели для глинистых пород (по Н. Н. Маслову) приведены в табл. 90.

Значения коэффициента внутреннего трения для различных пород приведены в табл. 91.

Химические анализы воды в зависимости от их целевого назначения производятся в соответствии с табл. 92.

Исследования химического состава подземных и поверхностных вод сопровождаются изучением их физических свойств (температуры, прозрачности, цвета, запаха, вкуса и др.), методы определения которых установлены ГОСТ 1030—41 и ГОСТ 3351—46 для хозяйствственно-питьевых вод.

Оценка агрессивности воды по отношению к бетону производится по НиТУ 114—54 (признаки и нормы агрессивности воды — среды), а также по приложению 1 к НиТУ 127—55.

Нормы качества питьевой воды и правила выбора и оценки качества источников централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения даны в ГОСТ 2761—44 и в ГОСТ 2874—54.

Таблица 90

Составные породы (консистенция)	Глина				Суглинок				Супесь				
	Модуль сжатия, кг/см <sup>2</sup>	Модуль сдвига, кг/см <sup>2</sup>	Угол трения φ, град.	Модуль сдвига, кг/см <sup>2</sup>	Модуль сжатия, кг/см <sup>2</sup>	Модуль сдвига, кг/см <sup>2</sup>	Угол трения φ, град.	Модуль сжатия, кг/см <sup>2</sup>	Модуль сдвига, кг/см <sup>2</sup>	Угол трения φ, град.	Модуль сжатия, кг/см <sup>2</sup>	Модуль сдвига, кг/см <sup>2</sup>	
Твердая . . . .	2,15	22	1,0	2	2,15	25	0,60	1	2,05	28	0,20	1	2
Полутвердая	2,10	20	0,60	5	2,10	23	0,40	3	2,00	26	0,15		
Тугопластичная	2,05	10	0,40	10	2,00	21	0,25	7	1,95	24	0,10	3	5
Мягкопластичная	1,95	14	0,20	15	1,90	17	0,15	10	1,90	20	0,05		
Текучепластичная	1,90	8	0,10	25	1,85	13	0,10	15	1,85	18	0,02		10
Текучая .	<1,80	<6	<0,05	>40	<1,80	<10	<0,05	>25	<1,80	<14	0,0		>15

Таблица 91

Породы	Коэффициент внутреннего трения при различной плотности и влажности
Рваный камень, каменистый грунт . . . . .	1,10—0,65
Галька . . . . .	1,00—0,70
Гравий . . . . .	1,00—0,70
Песок крупнозернистый . . . . .	0,85—0,58
Песок среднезернистый . . . . .	0,70—0,47
Песок мелкозернистый . . . . .	0,58—0,43
Песок мелкий пылеватый . . . . .	0,47—0,33
Супесь . . . . .	0,60—0,36
Суглинок . . . . .	0,47—0,14
Глина . . . . .	0,47—0,11
Пылеватая глина . . . . .	0,27—0,09
Лёсс . . . . .	0,36—0,18
Ил . . . . .	0,27—0,09

Таблица 92

Элементы химического анализа воды	Целевое назначение анализа			
	Характеристика химического состава для гидрологического изучения района		Оценка агрессивности по отношению к бетону	Установление пригодности для хозяйственного водоснабжения
	полный анализ	сокращенный анализ		
Катионы Ca <sup>++</sup> . . . . .	+	—	+	+
» Mg <sup>++</sup> . . . . .	+	—	+	+
» K <sup>+</sup> . . . . .	+	} + <sup>1</sup>	} + <sup>1</sup>	} + <sup>1</sup>
» Na <sup>+</sup> . . . . .	+			
» NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . . . . .	—	—	—	+
Анионы SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	+	+	+	+
» Cl <sup>-</sup> . . . . .	+	+	+	+
» HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . . . . .	+	+	+	+
» CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	+ <sup>2</sup>	+ <sup>2</sup>	—	+
» NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . . . . .	+	+	—	+
» NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> . . . . .	—	—	—	+
Сухой остаток . . . . .	+	+	+	+

<sup>1</sup> Определяется суммарно по разности.<sup>2</sup> Определяется качественно.

Продолжение табл. 92

Элементы химического анализа воды	Целевое назначение анализа			
	Характеристика химического состава для гидрогеологического изучения района		Оценка агрессивности по отношению к бетону	Установление пригодности для хозяйственно-питьевого водоснабжения
	полный анализ	сокращенный анализ		
Потери при прокаливании .	+	—	—	—
Окисляемость (по Кубелю)	—	—	+	+
Жесткость общая . . . . .	—	—	+	+
Жесткость устранимая . . . . .	—	—	+	+
» после кипячения	—	—	—	+
H <sub>2</sub> S . . . . .	—	—	—	+
Fe <sup>++</sup> . . . . .	+ <sup>1</sup>	+ <sup>1</sup>	—	+
Fe <sup>+++</sup> . . . . .	+ <sup>1</sup>	+ <sup>1</sup>	—	+
pH . . . . .	+	+	+	+
Щелочность . . . . .	—	—	—	+
SiO <sub>2</sub> . . . . .	+	—	—	+
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	+	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	+
Свободная CO <sub>2</sub> . . . . .	+	—	+	—
Агрессивная CO <sub>2</sub> (по Гейеру)	—	—	+	—

<sup>1</sup> Определяется качественно.

### § 39. Полевые испытания грунтов

Полевые испытания грунтов выполняются в пределах участков расположения наиболее ответственных сооружений или зданий и применяются в тех случаях, когда в основании проектируемых сооружений залегают разнородные по своему составу породы, которые не могут быть охарактеризованы отдельными образцами, отобранными для лабораторных исследований, или породы, из которых невозможно отобрать образцы с ненарушенной структурой.

В основном проводятся испытания грунтов статической нагрузкой в шурфах и скважинах и испытания сопротивления грунтов сдвигу.

Испытание грунтов статической нагрузкой производят в котлованах или шурфах на штампы площадью 5000 см<sup>2</sup> (стандартный размер), реже 10 000 см<sup>2</sup> или в скважинах на штамп площадью 600 см<sup>2</sup> (диаметр скважины 325 мм, штампа 277 мм). Схемы испытаний грунта опытными нагрузками в шурфах и скважинах показаны на рис. 45 и 46.

Нагрузка на штамп для слабых грунтов производится до давления  $3 \text{ кг}/\text{см}^2$  ступенями по  $0,25 \text{ кг}/\text{см}^2$ , для плотных грунтов ступенями по  $0,5 \text{ кг}/\text{см}^2$  до давления  $5 \text{ кг}/\text{см}^2$  или до достижения предельной нагрузки, при которой

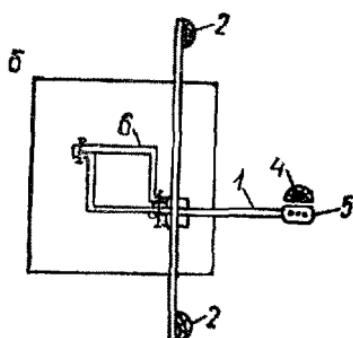
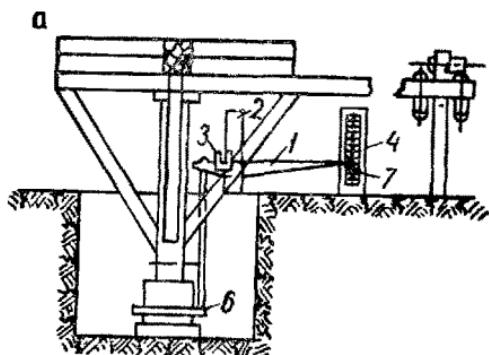


Рис. 45. Схема испытаний грунта опытными нагрузками в шурфах при помощи рычажного прибора:  
а — вид сбоку; б — план (платформа отсутствует); 1 — рычаг, 2 — свайки; 3 — точка прикрепления рычага к доске; 4 — свайка, на которой производится отсчет величины осадки; 5 — лезвие бритвы; 6 — хомут, 7 — бумага (миллиметровая)

а — вид сбоку; б — план (платформа отсутствует); 1 — рычаг, 2 — свайки; 3 — точка прикрепления рычага к доске; 4 — свайка, на которой производится отсчет величины осадки; 5 — лезвие бритвы; 6 — хомут, 7 — бумага (миллиметровая)

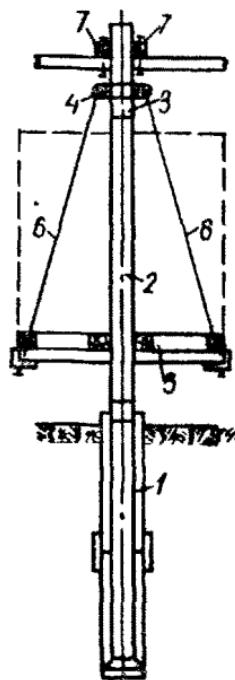


Рис. 46. Схема испытания грунта опытными нагрузками в скважинах:

1 — буровая обсадная труба; 2 — штанга; 3 — муфта; 4 — хомут; 5 — платформа; 6 — тяги; 7 — направляющие брусья

происходит выпирание грунта или образование трещин с резким возрастанием осадки штампа.

По графику зависимости осадки  $s$  от нагрузки  $p$  (рис. 47) устанавливают предел пропорциональности между осадками и нагрузками для данного штампа.

Зависимость осадки от нагрузки в пределах пропорциональности выражается уравнением

$$s = C(p - p_0), \quad (148)$$

где  $s$  — осадка штампа, см;

$p$  — удельное давление на штамп, кг/см<sup>2</sup>;

$p_0$  и  $C$  — параметры, определяемые из графика (рис. 47,  $C = \operatorname{ctg} \alpha$ ).

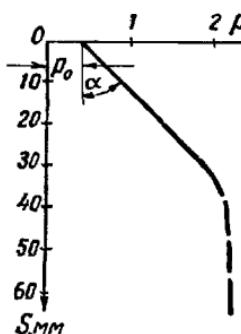
Модуль деформации грунта

$$E = ak \frac{p}{s}, \quad (149)$$

где  $E$  — модуль деформации, кг/см<sup>2</sup>;

$a$  — поправочный коэффициент, учитывающий различие деформаций при испытании в шурфах и в скважине;

$p$  — полное давление на штамп, вызвавшее осадку, кг; принимается в пределах прямолинейного участка графика;



$$k = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{1 - \mu^2}{\sqrt{F}}, \quad (150)$$

$\mu$  — коэффициент бокового расширения грунта, равный для песков 0,30, для суглинков 0,35, для глин 0,42;

$F$  — площадь штампа, см<sup>2</sup>.

Рис. 47. График зависимости  $s = f(p)$

Значения  $a$  и  $k$  даны в табл. 93.

Таблица 93

Вид испытания и размер штампа	Песок			Глина		
	$a$	$l$	$k$	$a$	$l$	$k$
В шурфах, квадратным штампом площадью 5000 см <sup>2</sup>	1,0		0,0115	1,0		0,0103
В скважинах, круглым штампом площадью 600 см <sup>2</sup>	0,7		0,0331	0,7		0,297

Сопротивление грунтов сдвигу в полевых условиях определяется путем испытания монолитов большого размера (с площадью сдвига порядка 600 см<sup>2</sup>) непосредственно в котлованах, шурфах и других горных выработках.

По данным полевых испытаний строится кривая зависимости сопротивления грунтов сдвигу от вертикальной нагрузки (рис. 48), уравнение которого выражается формулой

$$\tau = C + p \operatorname{tg} \varphi, \quad (151)$$

где  $\tau$  — сдвигающее усилие,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$C$  — сцепление, получаемое как отрезок, отсекаемый прямой на вертикальной оси,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$p$  — вертикальная нагрузка,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$\operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент трения;

$\varphi$  — угол наклона прямой к оси абсцисс.

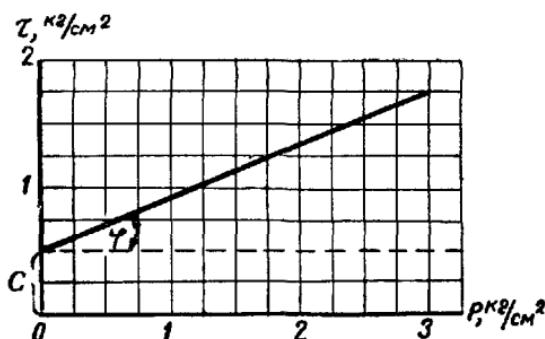


Рис. 48. График зависимости  $\tau = f(p)$  по испытаниям на сдвиг

Зависимость  $\tau = f(p)$  может быть получена при постоянной величине или коэффициенте пористости  $\epsilon$  или влажности  $w$ .

## ЛИТЕРАТУРА

Абелев Ю. М. Основы проектирования и строительства на макропористых грунтах. Стройвоемиздат, 1948.

Бабушкин В. Д. Указания по определению коэффициента фильтрации при опытных откачках из несовершенных скважин. ВОДГЕО, 1950.

Биндерман Н. Н. Методы определения водопроницаемости горных пород откачками, наливами и нагнетаниями. Углехимиздат, 1951.

Временные технические условия и инструкция на исследование грунтов оснований промышленных и гражданских зданий и сооружений. Минстрой, Техническое управление. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Герсеванов Н. М. и Польшин Д. Е. Теоретические основы механики грунтов и их практические применения. Госстройиздат, 1948.

Гиринский Н. К. Определение коэффициента фильтрации. Госгеолиздат, 1950.

Инженерно-геологические исследования для гидротехнического строительства, ч. I и II. МГРИ и ГИДЭП. Госгеолиздат, 1950.

Каменский Г. Н. Основы динамики подземных вод. Госгеолиздат, ч. I, 1933, ч. II, 1943.

Каменский Г. Н. Поиски и разведка подземных вод. Госгеолиздат, 1947.

Каменский Г. Н. Гидродинамические принципы изучения режима грунтовых вод. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Госгеолиздат, 1953.

Керкис Е. Е. Определение радиуса влияния при расчете водопритоков. Углехимиздат, 1955.

Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.

Маслов Н. Н. Инженерная геология. Стройиздат, 1941.

Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат, 1949.

Нормы и технические условия. Признаки агрессивности воды — среды, НИТУ 114—54.

Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений, НИТУ 127—55, Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Нормы и технические условия проектирования и строительства зданий и промышленных сооружений на макропористых просадочных грунтах. НИТУ 137—56. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1956.

Приклонский В. А. Грунтоведение. Госгеолиздат, ч. I, 1955, ч. II, 1952.

Справочник по гидротехнике. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Строительные нормы и правила, ч. II. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Цытович Н. А. Механика грунтов. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1951.

## ГЛАВА VI

# ИЗЫСКАНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

### § 40. Выбор строительных площадок

Выбор площадок для строительства промышленных предприятий и жилых поселков производится силами проектных организаций при участии представителей местных Советов, угольных трестов, горного надзора и Государственной санитарной инспекции.

В задачу изыскателей входят подбор материалов и изучение топографических и инженерно-геологических условий района намечаемых площадок; на основе этих материалов комиссии производят обследование площадок на месте и решают вопрос о пригодности их для строительства, а также определяют возможности и условия земельного отвода.

Оптимальные условия, которым должны удовлетворять площадки для строительства, приведены в табл. 94.

Таблица 94

Основные факторы	Площадки для промышленных предприятий	Площадки для жилых поселков
Рельеф	Спокойный с небольшим уклоном поверхности, обеспечивающим сток воды	Спокойный с небольшим уклоном поверхности, обеспечивающим сток воды
Грунты	Устойчивые	Устойчивые
Грунтовые воды	Ниже отметок заложения фундаментов	Ниже земной поверхности на 2,5—3,0 м

Продолжение табл. 94

Основные факторы	Площадки для промышленных предприятий	Площадки для жилых поселков
Заболоченность	Незаболоченные или обеспечивающие интенсивное осушение площадки	Незаболоченные или обеспечивающие интенсивное осушение площадки
Паводковые воды	Не должны затапливаться паводковыми водами	Не должны затапливаться паводковыми водами
Водоснабжение	Вблизи источников водоснабжения	Вблизи источников водоснабжения
Канализация	Близи водоемов или логов для отвода сточных вод	Близи водоемов или логов для отвода сточных вод
Транспорт	Удобный ввод железнодорожного пути	Связь с сетью существующих автомобильных дорог
Залежи полезных ископаемых	Вне залежей или на проектируемых целиках	Вне залежей
Вспомогательные площадки	По заданию	Обеспеченность территориями вблизи поселка для пригородного хозяйства, свалок, очистных сооружений канализации и др.
Взаимное положение строительных площадок	Разрыв по заданию	Выше по течению реки и с наветренной стороны от промышленного предприятия
Санитарные условия	По заданию	Вне зон санитарной охраны, вдали от малярийных очагов

Размещение строительных площадок угольных предприятий связано со схемой вскрытия месторождений: шахтные промышленные площадки располагают внутри контура шахтного поля с отводом для них охранных целиков; промышленные площадки карьеров выносят за границу угольной залежи, приурочивая их местоположение к верхнему участку въездной траншееи.

Изыскания на стадии проектного задания выполняются на намеченных площадках по конкурирующим вариантам для получения общей топографической и инженерно-геологической характеристики самих площадок и окружающего района. На стадии технического проекта и рабочих

чертежей производятся детальные изыскания на площадке, утвержденной в проектном задании.

В состав инженерных изысканий на строительных площадках входят топографо-геодезические и инженерно-геологические работы, приведенные в табл. 95 и 96 для средних категорий местности и грунтов.

Таблица 95

Виды работ	Для проектного задания	Для технического проекта и рабочих чертежей
Обоснование съемок	Триангуляция IV класса; измерение базиса триангуляции; аналитические сети; теодолитные ходы; нивелировка III и IV классов	Аналитические сети; теодолитные ходы
Производство съемок	Топографическая съемка масштаба 1:5000—1:2000	Топографическая съемка масштаба 1:1000—1:500

Таблица 96

Площадь исследований, га	Объем расчетов при инженерно-геологической съемке	Количество опытов по определению коэффициента фильтрации	Количество стационарных точек наблюдений за режимом грунтовых вод	Количество опытных откачек из одиночных скважин
10—30	7—10	2	3	1
100—150	16—25	2—3	4—7	1
200—500	26—40	4—6	9—12	2
700—900	40—62	7—9	12—15	3
1500—2000	60—90	11—14	18—21	4—5

Объем геологоразведочных работ на строительных площадках промышленных предприятий (бурение скважин диаметром 127—168 мм) приведен в табл. 97.

Состав и объем изыскательских работ на строительных площадках населенных пунктов приведен в табл. 98.

Таблица 97

Категория сложности	Для проектного задания		Для технического проекта и рабочих чертежей		
	Размер сетки, м	Глубина скважин	Количество скважин на 1 га	Глубина скважин	Примечание
I	400×400	25%—20 м 75%—10 м	1	20%—20 м 75%—10 м	1. Количество шурfov глубиной 5 м составляет 5% общего метража выработок
II	300×300	То же	1,25	30%—20 м 65%—10 м	2. Для фильтрационных участков дополнительно 5 скважин средней глубиной 10 м
III	200×200	»	1,5	40%—20 м 55%—10 м	

Таблица 98

Стадия проектирования	Топографические съемки		Инженерно-геологические работы		
	Масштаб	Сечение рельефа горизонталями, м	Количество скважин и шурfov на 1 га		Глубина, (м)
			застройка	шт.	
Проект планировки (генплан с детальной планировкой) . . .	1 : 2000	1,0—2,0	—	2	8 3
Проект планировки и застройки отдельных кварталов . . .	1 : 500	0,25—0,50	Одноэтажная Малоэтажная Многоэтажная Общественная	1,5 2,5 3,0 3,5	6 8 10 12 3 3 4 4

## Малые поселки (до 5 тыс. населения)

Проект планировки (генплан с детальной планировкой) . . .	1 : 2000	1,0—2,0	—	2	8	3
Проект планировки и застройки отдельных кварталов . . .	1 : 500	0,25—0,50	Одноэтажная Малоэтажная Многоэтажная Общественная	1,5 2,5 3,0 3,5	6 8 10 12	3 3 4 4

Продолжение табл. 98

Стадия проектирования	Топографические съемки		Инженерно-геологические работы			
	Масштаб	Сечение рельефа горизонталями, м	Количество проходимых скважин и шурfov на 1 га		Глубина (м) проходимой	
			застройка	шт.	скважины	шурфа
<b>Объединенные поселки и города (5—20 тыс. населения)</b>						
Схема планировки . . .	1 : 5000	2,0	—	0,5	6—8	3
Проект детальной планировки . . .	1 : 2000	1,0—2,0	—	2	8	3
Проект застройки кварталов	1 : 500	0,25—0,50	Одноэтажная Малоэтажная Многоэтажная Общественная	1,5 2,5 3,0 3,5	6 8 10 12	3 3 4 4
Проект застройки кварталов индивидуального строительства . . .	1 : 1000	0,50	Одноэтажная	1,5	6	3

Причесания: 1 От общего объема проходимых выработок скважин принято 75%, шурфов 25%.

2 Диаметр скважин принимается 83—127 мм.

### § 41. Топографо-геодезические работы

Масштабы топографических съемок строительных площадок и высота сечения рельефа горизонталями в зависимости от стадии проектирования, вида объекта и характеристики рельефа приведены в табл. 99.

В состав геодезических работ на территориях существующих промышленных предприятий и населенных пунктов входят: съемка существующей застройки; съемка и выявление точного планового и высотного положения подземных сетей (трубопроводов, кабельных прокладок и сооружений особого типа); инвентаризация зданий и сооружений, включая подземные сети.

Таблица 99

Наименование объектов и стадий проектирования	Топографические съемки строительных площадок		
	Рельеф площадки	Масштаб плана	Сечение рельефа горизонтальными
Промышленные предприятия			
Проектное задание	Слабовыраженный . . .	1 : 1000	0,5
	Средний . . . . .	1 : 1000	0,5—1,0
Технический проект и рабочие чертежи	Резковыраженный . . .	1 : 2000	1,0—2,0
	Слабовыраженный . . .	1 : 500	0,25
	Средний . . . . .	1 : 500	0,5
	Резковыраженный . . .	1 : 1000	0,5
Города и жилые поселки			
Схема планировки	Независимо от характера рельефа . .	1 : 5000	2,0
Генеральный план	Слабовыраженный и средний . . . . .	1 : 2000	1,0
То же	Резковыраженный . . .	1 : 2000	2,0
Проект застройки кварталов	Слабовыраженный и средний . . . . .	1 : 500	0,25
То же	Резковыраженный . . .	1 : 500	0,5
Прочие объекты			
Хвостохранилища и зо- лоотвалы:			
проектное задание	Независимо от характера рельфа . .	1 : 5000	2,0
рабочие чертежи	То же . . . . .	1 : 2000	1,0
Водохранилища и пород- ные отвалы:			
проектное задание .	То же . . . . .	1 : 10 000	5,0
рабочие чертежи . .	» . . . . .	1 : 5000	2,0
Детальные съемки на участках размещения отдельных объектов по трассам линейных сооружений (путепроводов, эстакад, насосных станций, очистных сооружений, электростанций и пр.), а также в местах их пересечений			

Продолжение табл. 99

Наименование объектов и стадий проектирования	Топографические съемки строительных площадок		
	Рельеф площадки	Масштаб плана	Сечение рельефа горизонталями
на стадии проектного задания	Слабовыраженный и средний . . . . .	1 : 1000	0,5
на стадии рабочих чертежей	Резковыраженный . . . . .	1 : 2000	1,0
	Слабовыраженный и средний . . . . .	1 : 500	0,25
	Резковыраженный . . . . .	1 : 500	0,5

Съемка существующей застройки выполняется в соответствии с условиями, изложенными в гл. II данного Справочника и в «Инструкции по городским съемкам» изд. НКХ, 1940 г. с дополнениями изд. 1945 г.

Одновременно со съемкой планов застроенных территорий производится инвентаризация зданий и сооружений с обмерами их и заполнением ведомостей характеристик, формы которых приведены: для зданий в табл. 100 и для подземных сетей в табл. 196.

## § 42. Инженерно-геологические работы

В задачу инженерно-геологических работ входят: установление литологического состава пород в пределах глубины заложения фундаментов и сжимаемой толщи; исследование прочности и сжимаемости оснований сооружений; выявление возможности и характера воздействия грунтовых вод на сооружения и породы основания.

Среднее расстояние между выработками при исследовании строительных площадок по стадиям дано в табл. 97 и 98.

Глубина разведочных выработок по ТУ 107—53 в зависимости от формы фундаментов и нагрузки на них приведена в табл. 101.

Таблица 100

Национальное промышленное предпринятие или народный комбинат, включенный в реестр	№ п/з	Наименование строения	Характеристика строения							
			Владелец	Материал			Высота до конька, м			Стоимость, руб.
				размеры в плане, м	фундамента	стен	кровли	Габариты горизонта	постройки	земельного участка
Черемхово, шахта № 10	1	Котельная	Трест Черемховуголь	10×6	Камень	Кирпич	Сталь	6,5	90	15 000
	2	Склад	То же	15×5	»	Дерево	»	4,5	60	4 000
										6 600

Таблица 101

Ленточные фундаменты		Прямоугольные фундаменты	
Нагрузка на фундамент, т/м <sup>2</sup>	Глубина скважины, м	нагрузка на фундамент, т/м <sup>2</sup>	Глубина скважины, м
До 10	6	До 50	6
» 20	10	» 100	7
» 50	15	» 400	13
» 100	18	» 1 000	15
» 500	20	» 5 000	23
		10 000 и более	30

При наличии коренных пород, залегающих на глубине меньшей, чем указано в табл. 101, ограничиваются заглублением в эти грунты на 0,3—0,5 м для расчистки выветрелого слоя и взятия образца грунта, не подвергшегося разрушению.

При макропористых грунтах, мощность которых превышает глубины, указанные в табл. 101, выработки должны быть пройдены до подстилающего грунта с отбором проб для лабораторных испытаний, устанавливающих характеристику этих грунтов в отношении их просадочности или устойчивости.

Задачей гидрогеологических исследований на строительных площадках является определение характера и глубины залегания грунтовых вод, степени их агрессивности по отношению к бетону фундаментов, коэффициента фильтрации водосодержащих пород и их мощности.

Для расчета притока воды в строительные котлованы определяют единичный расход потока грунтовых вод, поступающих с одной стороны галереи,

$$q = K \frac{H^2 - h^2}{2R}, \quad (152)$$

де  $K$  — коэффициент фильтрации;

$H$  — уровень грунтовых вод, существовавший до устройства галереи, считая от основания пласта;

$h$  — уровень грунтовых вод в галерее, считая от того же водоупора;

$R$  — расстояние, на которое распространяется понижение уровня воды при устройстве галереи.

Приток воды в дренажную галерею протяжением  $B$  с двух сторон будет равен

$$Q = BK(H + h)I_0, \quad (153)$$

где  $I_0$  — средний уклон поверхности грунтовых вод около галереи, равный  $\frac{H-h}{R}$ .

Значения  $I_0$  в зависимости от характера грунтов даны в табл. 102.

Таблица 102

Тип грунта	$I_0$
Наиболее проницаемые грунты . . .	0,003—0,006
Пески . . . . .	0,006—0,02
Песчаные породы . . . . .	0,02—0,05
Суглинки . . . . .	0,05—0,1
Глины легкие и средние . . . . .	0,1—0,15
Глины тяжелые . . . . .	0,15—0,2

Строительные котлованы в случае соотношения их длины к ширине более 10 : 1 можно рассматривать как одиночно работающие дрены и для расчета ожидаемого притока воды применять формулы (152) и (153).

Котлованы квадратной, прямоугольной или неправильной в плане формы, имеющие отношения их длины к ширине менее 10 : 1, при определении ожидаемого водоприема к ним рассматриваются как большие колодцы круглой формы с приведенным радиусом  $r_0$  и расчет производится по методу «большого колодца» по формулам (156) и (157).

Величина приведенного радиуса  $r_0$  подсчитывается в зависимости от формы котлована в плане:

при неправильной форме котлована в плане

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \text{ м}; \quad (154)$$

при прямоугольной форме

$$r_0 = \eta \frac{L + B}{4}, \text{ м}, \quad (155)$$

где  $F$  — площадь котлована,  $\text{м}^2$ ;

$L$  — длина котлована,  $\text{м}$ ;

$B$  — ширина котлована,  $\text{м}$ .

Значения коэффициента  $\eta$  находятся в зависимости от отношения  $\frac{B}{L}$  по табл. 103.

Таблица 103

$\frac{B}{L}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\eta$	1,0	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для совершенных котлованов, т. е. при доведении их дна до нижнего водоупора, приток воды:

в случае, если водоносный горизонт безнапорный,

$$Q = \frac{1,36 KH^2}{\lg(R + r_0) - \lg r_0}, \text{ м}^3/\text{сутки}; \quad (156)$$

в случае, если водоносный горизонт напорный,

$$Q = \frac{1,36 K (2H - M) M}{\lg(R + r_0) - \lg r_0}, \text{ м}^3/\text{сутки}, \quad (157)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации водоносного слоя,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$H$  — мощность безнапорного водоносного слоя или высота столба воды над нижним водоупором (при горизонтальном положении),  $\text{м}$ ;

$R$  — радиус влияния при откачке воды из котлована, отсчитываемый от границы котлована,  $\text{м}$ ;

$r_0$  — приведенный радиус котлована,  $\text{м}$ ;

$M$  — мощность напорного водоносного слоя,  $\text{м}$ .

Отбор образцов для лабораторных исследований производится из опорных скважин через каждый метр по глубине с охватом всех литологических разновидностей грунтов.

Несущие свойства грунтов оснований фундаментов определяются по нормам НИТУ 127—55 Госстроя, 1955. Осадки проектируемых сооружений и возможности возникновения пластических деформаций, вызывающих выдавливание и выпор грунта из-под подошвы фундамента, проверяются аналитически, путем расчета.

При установлении отрезка компрессионной кривой для определения коэффициента уплотнения  $a$  конечная нагрузка рассчитывается по формуле

$$p_2 = g - h\gamma, \quad (158)$$

где  $g$  — удельное давление от веса проектируемого сооружения,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$h$  — глубина заложения подошвы фундамента сооружения,  $\text{см}$ ;

$\gamma$  — объемный вес грунта, залегающего выше подошвы фундамента сооружения,  $\text{кг}/\text{см}^3$ .

Основные формулы для оценки устойчивости оснований приведены в табл. 104.

Таблица 104

Характер оценки прочности основания	Расчетные формулы	Автор	Значения букв в формулах
На «выдавливание» (пластические деформации)	$\sigma_{без} = \frac{\pi \left( \gamma h + \frac{C}{\operatorname{tg} \varphi} \right)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \quad (159)$ $\sigma_{без} = \frac{\pi \gamma \left( 2b \operatorname{tg} \varphi + h + \frac{C}{\gamma \operatorname{tg} \varphi} \right)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \quad (160)$	Пузыревский, Фрелих Маслов	$\sigma_{без}$ и $\sigma_{кр}$ — соответственно безопасная и критическая нагрузки, $m/m^2$ ; $\gamma$ — объемный вес грунта, $m/m^3$ , $C$ — сцепление, $m/m^2$ ; $\varphi$ — угол внутреннего трения; $b$ — полуширина фундамента, $m$ ; $h$ — заглубление фундамента, $m$
На «выпор»	$\sigma_{кр} = \gamma h \left[ 2 \operatorname{tg}^4 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right) - 1 \right] \quad (161)$	Герсеванов	

Для расчета осадок необходимо предварительно установить величину так называемой активной зоны. Активной зоной называют верхние слои грунта (при глубоком залегании скальных пород), в которых сжимающие напряжения, возникшие от нагрузки, приложенной на поверхности и с глубиной быстро уменьшающиеся, имеют практическое значение.

Мощность активной зоны определяется по формуле

$$\sigma < 0,2 \gamma H, \quad (162)$$

где  $\sigma_z$  — сжимающее напряжение;

$\gamma$  — объемный вес грунта;

$H$  — глубина активной зоны.

Расчетная нагрузка на основание при учете бытового давления определяется по формуле

$$p = p_{\text{п}} - \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) p_b, \quad (163)$$

где  $p$  — расчетная нагрузка,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$p_{\text{п}}$  — полное давление, передаваемое подошвой фундамента грунту,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

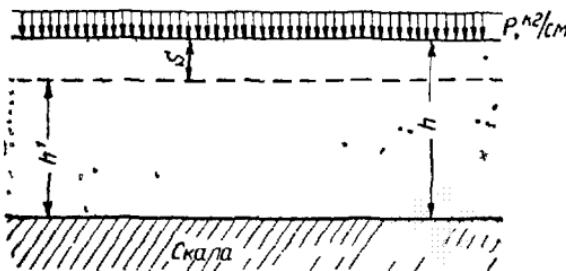


Рис. 49. Схема к расчету полной осадки по формуле (165)

$E_1$  — модуль сжимаемости, полученный по ветви первичного сжатия при испытании грунта,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$E_2$  — то же, по ветви вторичного сжатия после разгрузки,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$p_b$  — бытовое давление от веса снятого грунта ( $\text{кг}/\text{см}^2$ ), определяемое по формуле

$$p_b = \gamma h, \quad (164)$$

где  $\gamma$  — объемный вес грунта,  $\text{кг}/\text{см}^3$ ;

$h$  — глубина заложения основания сооружения, см.

Полная осадка, если слой грунта равномерно сжимается в условиях невозможности бокового расширения, может быть определена как разность начальной и конечной высоты слоя грунта  $S = h - h'$  (рис. 49). Величина  $h$  известна, а для определения величины  $h'$  исходят из условия, что объем скелета столбика грунта остается постоянным, а осадка происходит за счет уменьшения пор.

При этом

$$S = h \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1}, \quad (165)$$

где  $h$  — начальная высота слоя грунта;

$\epsilon_1$  — коэффициент пористости грунта в условиях естественного залегания;  
 $\epsilon_2$  — то же, при расчетной нагрузке  $p$ .

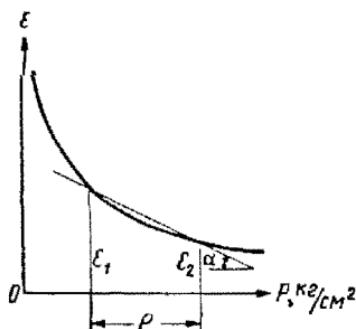


Рис. 50. Схема к расчету по формуле (166)

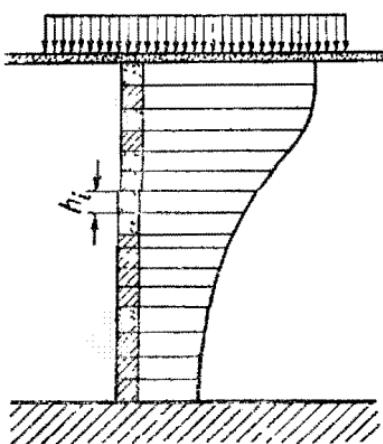


Рис. 51. Схема к расчету осадки по методу суммирования деформаций

Величина  $S$  может быть определена и по формуле

$$S = h \frac{ap}{1 + \epsilon_2}, \quad (166)$$

где  $a = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{p}$  (рис. 50).

Эти формулы практически применимы, когда соблюдено неравенство  $\frac{b}{h} > 2$ ,

где  $b$  — ширина подошвы фундамента;

$h$  — толщина сжимаемого слоя грунта.

При более глубоком залегании скальной породы для расчета полной осадки какой-либо точки нагруженной поверхности применяется метод суммирования деформаций, заключающийся в суммировании деформаций отдельных элементов  $h_i$  вертикальной призмы грунта под рассматриваемой точкой (рис. 51) по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta h_i, \quad (167)$$

где  $\Delta h_i$  — абсолютное сжатие отдельного элемента вертикальной призмы грунта, см;

$h_i$  — высота рассматриваемого элемента, см.

Для определения полной осадки в случае пространственной и плоской задач можно пользоваться методом угловых точек.

Осадка угловой точки прямоугольного гибкого фундамента, равномерно нагруженного, вычисляется по формуле

$$S = \frac{bpf}{E}, \quad (168)$$

где  $b$  — ширина расчетного прямоугольника, см;

$p$  — расчетная равномерная нагрузка, кг/см<sup>2</sup>;

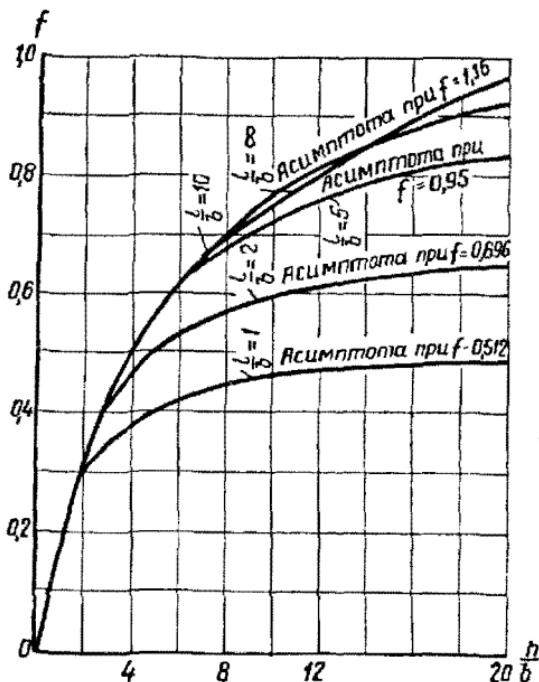


Рис. 52. График для вычисления осадок под гибкой равномерной нагрузкой, заданной по прямоугольнику

$E$  — модуль сжимаемости грунта основания, кг/см<sup>2</sup>;

$f$  — коэффициент, зависящий от относительной длины  $\frac{l}{b}$  расчетного прямоугольника и от относительной

глубины  $\frac{h}{b}$  сжимаемой толщи основания, задан графиком (рис. 52);

$l$  — абсолютная длина расчетного прямоугольника, см;

$h$  — абсолютная глубина сжимаемого слоя грунта, см.

При расположении точки на периметре или внутри нагруженного фундамента ее следует рассматривать как угловую точку нескольких расчетных прямоугольников и общую осадку определить суммированием.

### § 43. Площадки складов взрывчатых веществ

При выборе изыскателями площадок для складов ВВ должны быть установлены расстояния, на которые следует удалять их от объектов, расположенных в данном районе.

Безопасное расстояние, на котором воздушная ударная волна взрыва теряет способность наносить поражения заданной интенсивности, рассчитывается по формуле

$$r_b = k_b \sqrt{q}, \quad (169)$$

где  $r_b$  — безопасное расстояние, м;

$k_b$  — коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий взрыва и интенсивности разрушений;

$q$  — вес взываемого заряда ВВ, кг.

Значения коэффициента  $k_b$  принимаются по табл. 105.

Таблица 105

Степень безопасности	Возможные разрушения	Местоположение заряда		Показатель действия взрыва, характеризуемый отношением диаметра взрывной воронки к глубине заложения заряда	
		открытый заряд	заряд, углубленный на свою высоту	$n=3$	$n=2$
3	Полное разрушение застекления, частичное повреждение рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких переборок . . . .				
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей, бараков, сараев, и т. п. . . . .	6—8	3—5	1—1,5	0,5—1
		3—4	1,5—2	0,5—1	Разрушения в пределах воронок выбросаи

Таблица 106

Степень опасности	Перечень объектов, до которых рассчитываются безопасные расстояния	Условия расположения хранилищ (площадок с ВВ)	Вс ВВ, т						
			2	10	25	50	100	200	250
1	Отдельные здания и сооружения, авто- и железные дороги с небольшим движением, сооружения, особо прочные по сопротивляемости действию ударной волны	Углубленные (обвалованные)	Минимально допустимые расстояния до объектов, м						
			45 90	100 200	160 320	220 450	320 630	450 900	500 1000
2	Населенные пункты, автомобильные и железнодорожные магистрали, крупные водные пути, заводы фабрики, склады ВВ и опасных материалов, сооружения государственного значения, а также линии электропередачи высокого напряжения	Углубленные	90 220	200 500	320 790	450 1120	630 1580	900 2240	1000 2500
			90 220	200 500	320 790	450 1120	630 1580	900 2240	1000 2500

Выбор того или иного значения коэффициента  $k_b$  производится в зависимости от состояния объекта, для которого устанавливается радиус зоны безопасности. Чем прочнее этот объект, тем меньшее значение коэффициента может быть принято.

Если защищаемый объект расположен за преградой (густой лес, холм, стена), то безопасное расстояние, определенное по формуле (169), может быть уменьшено вдвое, а при производстве взрывов в узких долинах или улицах увеличивается вдвое.

Если за местом взрыва в радиусе, меньшем  $1,5 \sqrt{q}$  ( $q$  — вес заряда ВВ, кг), имеются прочные преграды в виде стен, валов и т. п. в направлении, противоположном этим преградам, радиус безопасной зоны удваивается.

Расстояния, безопасные по действию воздушной ударной волны, от складов и хранилищ ВВ до различных объектов могут быть приняты по табл. 106.

## ЛИТЕРАТУРА

Вайнцвайг А. С. Выбор площадок для строительства промышленных предприятий. Машстройиздат, 1950.

Временные технические условия и инструкции на исследование грунтов оснований промышленных и гражданских зданий и сооружений. Минстрой. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Единые правила безопасности при ведении взрывных работ. Углехимиздат, 1955.

Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат, 1949.

Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений. НИТУ 127—55. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Основные данные для расчета и проектирования населенных мест. Мосгипроуглестрой, вып. 2, 1954.

Цотович Н. А. Механика грунтов. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1951.

## ГЛАВА VII

### ИЗЫСКАНИЯ В РАЙОНАХ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК

#### § 44. Влияние подземных горных выработок на земную поверхность

Выбор строительных площадок и направлений трасс линейных сооружений, проектируемых в районах подземных разработок, производится в соответствии с «Указаниями по охране сооружений от вредного влияния подземных горных выработок на угольных и сланцевых месторождениях», МУП, 1951 г.

При выборе, утверждении и отводе площадок следует руководствоваться Инструкциями Госгортехнадзора СССР, 1956 г.

Классификация угольных и сланцевых месторождений приведена в табл. 107 (таблица составлена выборочно).

Под влиянием обрушения и сдвижения горных пород, вызванного выемкой угольных пластов при определенных условиях, в сооружениях возникают разрушительные деформации.

Величина углов сдвижения принимается в зависимости от характеристики наносов по табл. 108.

Продолжительность опасных для сооружений деформаций поверхности ориентированно устанавливается по табл. 109. Величина максимальных оседаний поверхности (в средней части мульды сдвижения) при разработке пологопадающих пластов с полным обрушением кровли и при условии полного развития мульды ориентированно определяется по табл. 110.

Таблица 107

Группы месторождений	Основные признаки классификации			Типы месторождений	
	Общая геологическая характеристика пород покрывающей толщи	Ориентировочная характеристика крепости пород вышележащей толщи	Углы сдвижения $\delta$ , град		
		предс редс лышко ление ни			
I	Буроугольные месторождения преимущественно кайнозойского, мезозойского и отчасти более древнего возраста. Покрывающая толща сложена весьма слабо и слабо скементированными породами	Породы весьма слабые и слабые Средневзвешенный коэффициент крепости по шкале Протодьяконо娃 до 25 Средневзвешенное сопротивление раздавливанию до $250 \text{ кг}/\text{см}^2$ Средневзвешенная категория буримости по 12-категорной шкале СУСН до 4,5	65 65	5,0—80 60—70	I Ia
II	Угольные месторождения преимущественно мезозойского и отчасти палеозойского возрастов, сложенные скементированными породами средней крепости	Породы средней крепости. Указанные выше показатели крепости пород соответственно составляют: 2,5—5,0; 250—500 $\text{кг}/\text{см}^2$ ; 4,5—6,5	70 75	65—75 80—90	II IIa
III	Угольные месторождения преимущественно палеозойского и отчасти более молодого возрастов, сложенные сильно скементированными породами высокой крепости	Породы крепкие Указанные выше показатели крепости пород соответственно составляют: 5—8; 500—800 $\text{кг}/\text{см}^2$ ; 6,5—8,5	80—85 85—90	76—88 80—90	III IIIa

Таблица 108

Характеристика наносов	Мощность наносов, м	Численные значения углов сдвижения $\delta$ , град.
Сухие наносы . . . . .	До 10	55
Мощные или относительно обводненные наносы . .	Свыше 20	45
Сильнообводненные насыпи или плывуны . . . . .	То же	30

Таблица 109

Глубина разработок, м	Продолжительность сдвижения, годы
До 50	0,7
До 100	1
100—200	1—2
200—300	2—3
300 и более	3—5

Таблица 110

Группа месторождений по классификации	Величина максимального оседания в процентах к вынимаемой мощности пласта
I	До 90
II	55—75
III (сложенные крепкими породами)	45—65
III (сложенные весьма крепкими породами)	До 30

Охраняемые объекты по значению их и характеру последствий, вызываемых сдвижением поверхности, разделяются на четыре категории согласно табл. 111, составленной выборочно для объектов, наиболее часто встречающихся в практике изысканий.

Таблица 111

Категория охраны			
1	2	3	4
Главные вертикальные шахтные стволы. Копры. Подъемные машины. Устои мостов с пролетами более 20 м. Русла больших рек. Водохранилища и плотины с водоспускными сооружениями.	Вентиляционные шахтные стволы без механического подъема. Наклонные шахтные стволы. Полотно магистральных железных дорог. Устои мостов с пролетами менее 20 м. Подземные	Водоспускные сооружения. Естественные и искусственные водоемы. Русла ручьев и речек. Балки с постоянными водостоками. Вентиляционные и вспомогательные наклонные шахтные стволы.	Одноэтажные каменные жилые дома при размере сторон, не превышающем 15—20 м в плане

Продолжение табл. III

Категория охраны			
1	2	3	4
Углеобогатительные фабрики. Кольцевые районные электростанции. Искусственные водоемы, питающие промышленные предприятия. Котельные энергетического значения. Трубопроводы государственного значения.	газопроводы местного значения. Крупные механические мастерские. Водопроводные магистрали, имеющие местное значение. Насосные и очистительные станции. Кирпичные и железобетонные трубы. Электростанции и подстанции местного значения. Водонапорные башни. Водокачки. Железнодорожные депо. Здания рудничных вентиляторов производительностью более $1000 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Нефтепроводы. Шахтные двух- и трехэтажные комбинаты. Общественные двухэтажные здания. Трех- и четырехэтажные каменные жилые дома	Вентиляторы над вентиляционными шурфами. Угловые мачты и станции подвесных дорог. Рудничные паровозные и электровозные депо. Капитальные бремсберги, квершлаги и уклоны. Жилые каменные двухэтажные здания. Общественные каменные одноэтажные здания. Анкерные опоры высоковольтных линий электропередачи районного значения.	

### § 45. Методы охраны сооружений

Методы охраны сооружений от вредного влияния подземных горных выработок различны и, если они не достигают цели или являются экономически невыгодными, то для охраны сооружения оставляют предохранительные целики.

Предохранительные целики оставляются до горизонта безопасной глубины  $H_5$ , которая определяется умноже-

нием вынимаемой мощности пласта  $m$ , измеренной по нормали, на коэффициент  $k$  и отсчитывается от земной поверхности по вертикали:

$$H_6 = mk, \text{ м}, \quad (170)$$

где  $k$  — коэффициент безопасности.

Численные значения коэффициента  $k$  при первичной подработке поверхности с полным обрушением кровли приведены в табл. 112.

Таблица 112

Группа месторождений	Угол падения пласта, град.	Коэффициент безопасности при категории охраны объектов			
		1	2	3	4
I, II	0—45	250	150	100	50
	>45	300	200	125	50
III	0—45	350	250	125	50
	>45	400	300	150	50

Для группы зданий шахтного комплекса необходимо оставлять общие целики.

Для железных дорог, обслуживающих группу шахт, магистральных водопроводов и канализационных коллекторов, необходимо оставлять специальные целики или использовать целики по границам горных работ.

Под железными дорогами, обслуживающими отдельные шахты, на выходах крутопадающих пластов тонкой и средней мощности оставляются целики не менее 20 м по падению; подработка железных дорог, расположенных на выходах мощных пластов, не допускается.

Неохраняемыми сооружениями являются подъездные железные дороги к отдельным шахтам, водопроводы местного значения, автомобильные дороги, линии электропередачи местного значения, линии телеграфной и телефонной связи, геодезические знаки, одноэтажные жилые деревянные дома.

#### § 46. Построение предохранительных целиков

Основные положения для построения предохранительных целиков заключаются в следующем.

Границы целиков определяются линиями пересечения плоскостей сдвижения с плоскостью пласта. Плоскости

сдвижения проводятся под углами  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  от внешней границы бермы охраняемого контура. Угол  $\beta$  определяет наклон плоскости, ограничивающей целик по восстанию; угол  $\gamma$  — по падению и угол  $\delta$  определяет наклон боковых

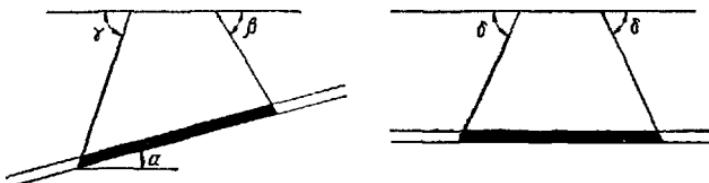


Рис. 53. Плоскости, ограничивающие целик

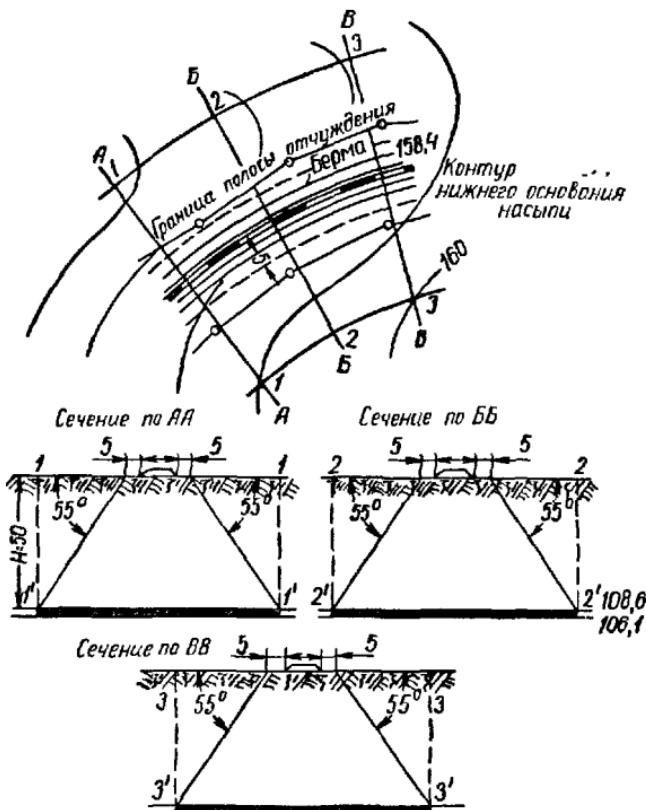


Рис. 54. Построение границ охранного целика для железной дороги

охраных плоскостей, ограничивающих целик по простирации (рис. 53). Значения этих углов применяются по инструкции Госгортехнадзора.

Ширина предохранительной бермы, оставляемой вокруг охраняемого контура, принимается в соответствии с табл. 113.

Таблица 113

Категории объектов	Ширина бермы, м	Ширина бермы в случае разделения объектов на две группы, м
I	15	10
II	10	5
III	5	—
IV	—	—

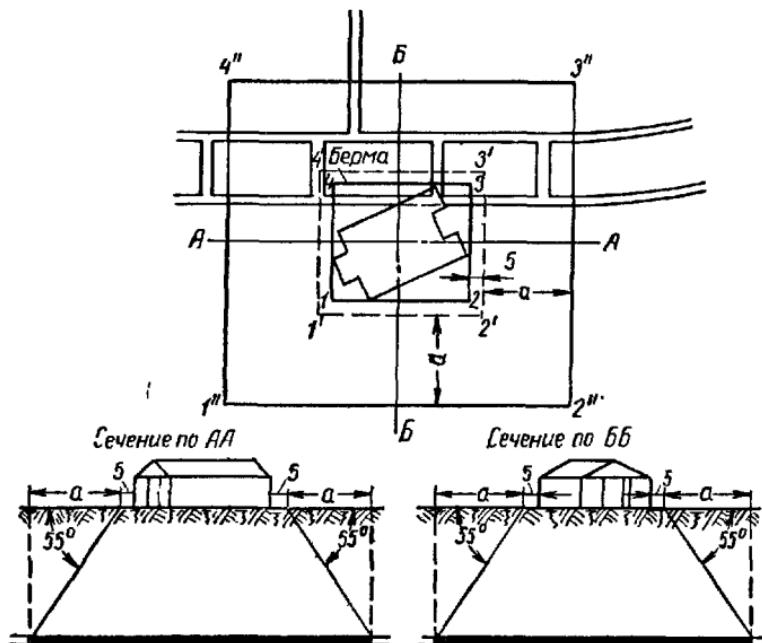


Рис. 55. Схема построения целика для охраны здания

При горизонтальном залегании пласта стороны охраняемого контура строятся в виде линий, параллельных и перпендикулярных штрекам главных направлений.

Для железной дороги целик строится для нижнего основания насыпи с соответствующей бермой. Берма для рек и озер откладывается от границ максимального разлива воды.

На рис. 54 приведен пример построения охранного целика, оставляемого для железной дороги, когда граница

охраняемого участка расположена диагонально относительно простирания пласта; положение границы берм показано пунктиром.

Пример построения целика для охраны сооружения II категории изображен на рис. 55 для случая несложной конфигурации здания, расположенного диагонально относительно простирания разрабатываемого угольного пласта.

При проведении полевых изыскательских работ необходимо согласовать с маркшейдерами угольных трестов и представителями горного надзора: направление трасс, размеры предохранительных целиков, условия подработки угольных пластов и прочие условия, влияющие на строительство сооружений.

### § 47. Трассирование на территориях подземных разработок

Трассирование линейных сооружений в пределах границ угольного месторождения подчинено проектной схеме эксплуатации и расположению угольных полей и пром-

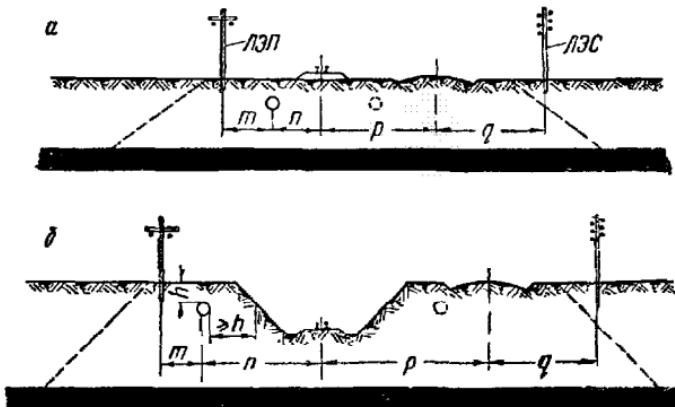


Рис. 56. Схемы расположения коммуникаций на целике:  
а—дорога в насыпи; б—дорога в выемке

площадок шахт, карьеров и обогатительных фабрик, направлению охранных целиков и др.

Трассы линейных сооружений по условиям планировки шахтных полей и разработки угольных пластов проектируются или на охранных целиках, или же непосредственно над выработками, если подработка пластов на опреде-

лленной глубине залегания не опасна для устойчивости сооружений.

При прокладке линейных сооружений на охранных целиках трассирование ведут вкrest простирания пластов.

Взаимное расположение нескольких коммуникаций на общем целике показано на рис. 56; расстояния *m n*, *p*, обозначенные на поперечнике, устанавливаются в зависимости от габаритов, а для дорог также с учетом глубины запроектированных выемок и высоты насыпей.

Автомобильные дороги с малой интенсивностью движения трассируются непосредственно через шахтные поля.

Ввиду чувствительности водоводов к осадкам основания они трассируются преимущественно по целикам или вне границ угольной залежи. При трассировании водоводов по неподработанным участкам или шахтным полям с затухающей осадкой поверхности предусматривается применение компенсаторов на стыках труб.

Канализационные коллекторы трассируются только по охранным целикам или вне границ шахтных полей.

Трассирование линейных сооружений в районах подземных разработок, когда не предусматривается оставление охранных целиков, возможно при соблюдении условий, согласованных с маркшейдерской службой и горнотехническим надзором.

## ЛИТЕРАТУРА

Инструкция о порядке предоставления горных отводов под разработку месторождений полезных ископаемых. Госгортехнадзор СССР, 1956.

Инструкция о порядке утверждения площадок под строительство промышленных предприятий, городов, поселков, сооружений и водоемов при размещении их на площадях залегания полезных ископаемых. Госгортехнадзор СССР, 1956.

Указания по охране сооружений от вредного влияния подземных горных выработок на угольных и сланцевых месторождениях. Министерство угольной промышленности СССР. Углетехиздат, 1951.

## ГЛАВА VIII

### ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРОВ

#### § 48. Состав изыскательских работ

В задачу изысканий для строительства угольных карьеров входят топографические съемки, трассирование коммуникаций и инженерно-геологические исследования ряда участков, на которых проектируются отдельные элементы карьера, указанные в табл. 114.

Таблица 114

Элементы карьера	Вопросы, подлежащие разрешению в проекте карьеров на основе инженерных изысканий	Состав инженерных изысканий для обоснования проекта
Капитальные или въездные траншеи	Подземное и поверхностное осущение участка, устойчивость откосов траншей	Топографические съемки полос вдоль траншей; инженерно-геологические и гидрологические исследования
Карьерные или разрезные траншеи	Подземное и поверхностное осущение участка вдоль рабочего борта карьера; устойчивость откосов траншей и рабочих площадок	То же
Внутренние отвалы	Устойчивость откосов	Испытания грунтов в нарушенном состоянии
Внешние отвалы	Размещение отвалов на местности; устойчивость откосов	Топографические съемки территорий, отведенных под отвалы; испытания грунтов в нарушенном состоянии

Продолжение табл. 114

Элементы карьера	Вопросы, подлежащие разрешению в проекте карьеров на основе инженерных изысканий	Состав инженерных изысканий для обоснования проекта
Строительные площадки	Компоновка генеральных планов: промышленных площадок, карьеров, обогатительных фабрик, дренажных шахт, складов ВВ, жилых поселков. Подготовка оснований и выбор конструкций фундаментов	Топографические съемки; инженерно-геологические работы
Линейные сооружения	Дороги, водопроводы, канализация, линии электропередачи	Трассирование линейных сооружений; инженерно-геологические работы

### § 49. Топографо-геодезические работы

На территориях месторождений, разработка которых проектируется открытым способом, выполняются топографические съемки, перечисленные в табл. 115, а также съемки строительных площадок.

Таблица 115

Элементы карьера	Масштаб съемки	Сечение рельефа горизонтальными, м	Примечание
Полосы вдоль въездных траншей	1:1000—1:2000	0,5—1,0	Ширина полосы съемки устанавливается в зависимости от параметров траншей
Полосы вдоль рабочих бортов карьера	1:1000—1:2000	0,5—1,0	Ширина полосы съемки устанавливается из расчета подвигания фронта горных работ на 5—10 лет эксплуатации карьера
Территории, отведенные под внешние отвалы	1:5000—1:10000	1,0—2,0	Площадь съемки устанавливается по расчету в проектном задании

Триангуляционные сети главной геодезической основы на угольных месторождениях, пригодных для открытого

способа разработки, строят с учетом формы залежи и проектируемого направления развития горных работ (табл. 116).

Таблица 116

Форма месторождения в плане	Вид триангуляционной сети
Вытянутая Компактная	Цепь треугольников (рис. 57) Геодезический четырехугольник (рис. 58)
То же	Центральная система (рис. 59)

Сгущение опорных сетей производится вставками пунктов в треугольники и далее путем прокладки сетей микротриангуляции, полигонометрии или теодолитных ходов.

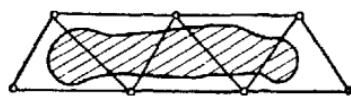
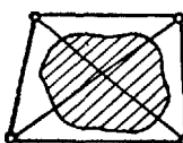
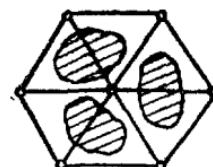


Рис. 57. Цепь треугольников

Рис. 58.  
Геодезический  
четырехугольникРис. 59.  
Центральная  
система

Инструкциями по производству маркшейдерских работ на территориях открытых разработок классы полигонометрии характеризуются допусками, приведенными в табл. 117.

Таблица 117

Допуски в зависимости от класса полигонометрии	Класс полигонометрии			Теодолитные ходы
	1	2	3	
Средняя квадратическая ошибка измерения угла, мин. . . . .	5	8	15	20—30
Предельная линейная невязка хода . . . . .	1:15000	1:8000	1:4000	1:2000
Предельная длина хода, км . . . . .	6	4	1,5	—
Наименьшая длина линии, м . . . . .	200	100	70	—

Особенно широко используются на карьерах в качестве обоснования полигонометрия 3 класса и теодолитные ходы. Ошибки центрирования и пределы условных невязок при измерениях приведены в табл. 118.

Таблица 118

Класс полигонометрии	Пределевые ошибки центрирования (мм) при длине сторон, м		Пределевые угловые невязки, сек.
	более 150	менее 75	
Полигонометрия 3 класса . . . . .	±2,0	±1,0	±20" $\sqrt{n}$ (171)
Теодолитные ходы . . . . .	—	—	±45" $\sqrt{n}$ (172)

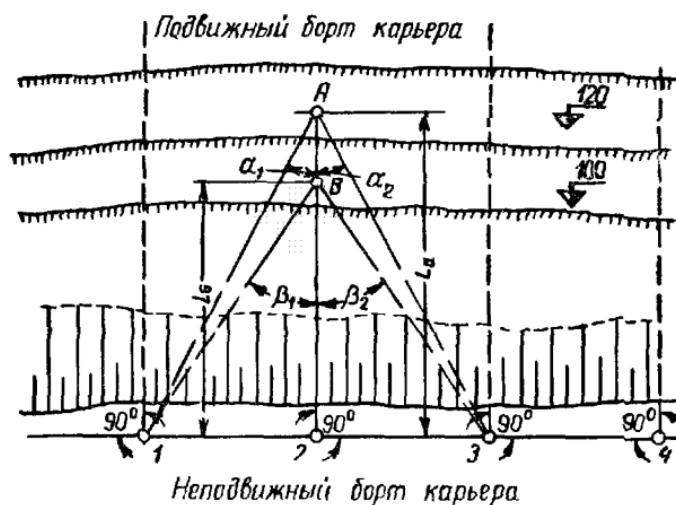


Рис. 60. Съемочное обоснование по способу профильных линий:

1, 2, 3, 4 — стоянки теодолита при разбивке профильных линий; A, B — стоянки теодолита на профильной линии;  $L_a$ ,  $L_b$  — расстояние от стоянки теодолита до съемочного базиса;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  — величины горизонтальных углов

Развитие съемочного обоснования в тех случаях, когда подвигание фронта горных работ происходит в одном направлении, принимается по способу профильных линий (рис. 60).

При детальной съемке полей первой очереди эксплуатации месторождения, а также территорий действующих и законсервированных карьеров целесообразно применение так называемой «эксплуатационной сетки», которая в дальнейшем может быть использована при производстве текущих маркшейдерских съемок.

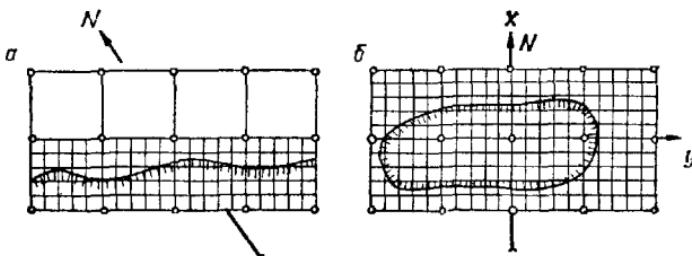


Рис. 61. Эксплуатационная сетка:

*а* — с осями, расположенными вдоль и поперек фронта горных работ; *б* — ориентированная по осям координат *x* и *y*

Эксплуатационная сетка состоит из правильных геометрических фигур (квадратов, прямоугольников) и является условной системой прямоугольных координат поля карьера, пункты которой закреплены в натуре (рис. 61). Стороны основных квадратов принимаются размером 100, 200 или 500 м, заполняющих фигур — 40 и 50 м.

Высотные отметки пунктов рабочего обоснования (полигонометрии, микротриангуляции, эксплуатационных сеток) определяются прокладкой замкнутых ходов геометрического нивелирования 4 класса. Передача высотных отметок на участки горных работ производится тригонометрическим способом.

При детальной съемке территорий для строительства вновь проектируемых карьеров применяются методы, указанные выше в главе II. На территориях существующих карьеров применяются тахеометрическая и мензульная съемка, а также съемка по эксплуатационной сетке.

Отдельные точки контуров при детальной съемке наносятся на планы графически, а не по координатам; предельные ошибки при этом не должны превышать величин, приведенных в табл. 119.

Таблица 119

Масштаб съемки	Предельная ошибка нанесения контура, м	Пределальная ошибка проведения горизонталей при сечении рельефа, через					
		1 м		0,5 м		0,2 м	
		$\Delta h$ , м	$\delta$ , град	$\Delta h$ , м	$\delta$ , град	$\Delta h$ , м	$\delta$ , град.
1:2000	0,80	± 0,35	± 15	± 0,15	± 10	—	—
1:1000	0,40	—	—	± 0,20	± 15	± 0,10	± 10
1:500	0,20	—	—	—	—	± 0,15	± 15

В табл. 119,  $\Delta h$  — предельное расхождение в высотных отметках, полученных интерполяцией по горизонтаям, и полевого контроля;  $\delta$  — предельная величина уклона местности.

Для целей проектирования отвода атмосферных вод, стекающих в карьер, производят съемку участка вдоль карьера со стороны естественного стока воды и трассируют нагорные канавы для отвода этих вод в ближайшие водоприемники.

Ширина полосы съемки участка в масштабе 1 : 2000 устанавливается в зависимости от сложности рельефа и колеблется от 200 м при пологих уклонах (в среднем до 0,05) до 500 м при уклонах более значительных.

## § 50. Стереофотограмметрическая съемка карьеров

Наземная стереофотограмметрическая съемка осуществляется специальными приборами — фототеодолитами или фотограмметрами, представляющими собой соединение теодолита с фотокамерой. Один и тот же участок фотографируется 2 раза с концов небольшого базиса при горизонтальном положении оптической оси фототеодолита. При этом направления оптической оси должны быть параллельны между собой.

Указанная стереофотограмметрическая съемка может быть применена при сложном рельефе и малодоступной для непосредственных геодезических измерений местности, например в долинах горных рек с крутыми склонами, а также при съемке крупных угольных и рудных карьеров.

По сравнению с обычной теодолитной и мензульной фотограмметрическая съемка имеет ряд существенных преимуществ. Многочисленные направления на видимые точки фиксируются фотоаппаратом, поэтому не требуется трудоемких инструментальных действий и записей. Это обстоятельство важно при съемке в зимнее время, в условиях сурового климата Сибири и ряда других районов СССР.

При фотограмметрической съемке сводятся к минимуму затраты времени на полевые работы, а камеральная обработка фотоснимков механизируется при помощи прибора — стереоавтографа.

Фототеодолитом можно производить съемку участков карьеров и отвалов, где при обычных способах съемки невозможно поставить ни рейки, ни инструмента.

Критерием правильного выбора параметров стереосъемки является достижение требуемой точности величины фокусного расстояния камеры  $f$ , базиса  $B$  и отстояния  $x$ , которые должны находиться в следующих соотношениях:

$$\frac{1}{4} > \frac{B}{x} > \frac{1}{10}, \quad (173)$$

и одновременно

$$x \leq x_{\max}. \quad (174)$$

Максимальное отстояние

$$x_{\max} = \frac{fm}{1000},$$

где  $m$  — знаменатель минимального масштаба съемки (снимка).

Исходя из приведенных соотношений составлена таблица максимально допустимых отстояний при различных масштабах стереосъемки и фокусных расстояниях (табл. 120).

Таблица 120

Масштаб плана	$x_{\max}, м$		
	при $f=100$ мм	при $f=210$ мм	при $f=300$ мм
1:500	150	300	500
1:1000	300	600	1000
1:2000	600	1200	2000

Величина базисов  $B$  подсчитывается по формулам:  
при камере с  $f \geq 200$  мм

$$B = 0,3 \frac{x^2}{fm_1}; \quad (175)$$

при камере с  $f < 200$  мм

$$B = 0,03 \frac{x}{fm_1} \sqrt{1 + \frac{y^2}{f^2}}, \quad (176)$$

где  $B$  — величина базиса, м;

$x$  — максимальное отстояние точек снимаемого объекта, м;

$f$  — фокусное расстояние камеры, мм;

$m_1$  — допустимая ошибка положения точки на местности, м;

$y$  — максимальная ордината точки на снимке, мм.

В табл. 121 приведены стандартные длины базисов, установленные для удобства камеральной обработки стереопар при помощи фотограмметрических сеток.

Таблица 121

Отстояние, м	Длина базисов фотографирования (м) при									Значениестандартных длин базисов фотографирования, м	
	$f = 100$ мм			$f = 210$ мм			$f = 300$ мм				
	1:500	1:1000	1:2000	1:500	1:1000	1:2000	1:500	1:1000	1:2000		
100	20	10	5	8	—	—	—	—	—	5	
150	44	22	11	17	—	—	—	—	—	10	
200	—	39	20	30	—	—	—	—	—	20	
250	—	61	30	47	—	—	—	—	—	30	
300	—	88	44	68	34	17	45	—	—	40	
350	—	—	60	92	46	23	61	—	—	60	
400	—	—	78	—	60	30	80	40	20	80	
450	—	—	99	—	77	38	100	50	25	100	
500	—	—	122	—	94	47	125	62	31	120	
600	—	—	—	135	68	180	90	45	—	160	
700	—	—	—	184	92	244	122	61	—	200	
800	—	—	—	240	120	—	160	80	—	240	
900	—	—	—	—	151	—	202	101	—	320	
1000	—	—	—	—	188	—	250	125	—	—	
1200	—	—	—	—	—	270	—	180	—	—	
1500	—	—	—	—	—	—	—	245	—	—	

Фотограмметрическая сетка для составления плана разработана применительно к случаю нормального расположения осей, принятого в качестве основного при стереосъемке.

Высокая производительность и точность данного метода съемки, применимого в труднодоступных местностях, обеспечивает ему широкое распространение, в том числе и при инженерных изысканиях.

### § 51. Инженерно-геологические работы

Особой сложностью отличаются инженерно-геологические работы на участках въездных и карьерных траншей.

Для обеспечения безопасности и эффективной разработки месторождения необходимо на основе инженерно-геологических исследований произвести:

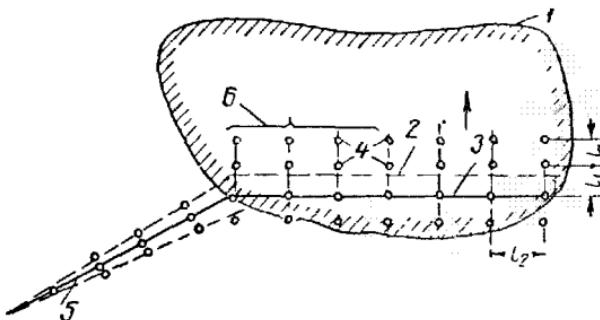


Рис. 62. Схема расположения разведочных скважин:

1 — контур угольной залежи; 2 — бровка рабочего борта; 3 — ось разрезной траншеи; 4 — буровая скважина;  
5 — трасса выездной траншеи; 6 — поперечники

а) определение условий и установление мероприятий, необходимых для осушения земляных массивов, слагающих участки въездных и карьерных траншей;

б) определение условий устойчивости откосов траншей и установление рациональных очертаний поперечных профилей уступов рабочего борта карьера с учетом габаритов и нагрузок от горного и транспортного оборудования;

в) установление условий отвалообразования, обеспечивающего устойчивость откосов отвалов, а для внутренних отвалов в отдельных случаях — также устойчивость их оснований.

Перечисленные вопросы разрешаются на основе подробного изучения геологического строения и гидрогеологических условий на участке размещения въездных и карьерных траншей и детальной характеристики физико-механических свойств грунтов.

Разнообразие природных условий угольных месторождений не позволяет регламентировать объем выполняемых полевых инженерно-геологических работ; для средних условий он может быть принят по табл. 122. Расстояния  $l_1$  и  $l_2$  (рис. 62) определяются в зависимости от стадии проектирования и местных условий.

Таблица 122

Инженерно-геологическая съемка	Объем полевых инженерно-геологических работ			
	Буровые работы		Опытно фильтрационные работы*	Стационарные гидрогеологические наблюдения*
	въездная траншея	карьерная траншея		
В масштабе 1: 10 000— 1: 5000	Предварительные изыскания для проектного задания По створам через 200—300 м по 3, реже 5 скважин на створе глубиной на 3—4 м ниже проектной отметки дна траншеи	По сетке через 100—200 м глубиной до угольного рабочего пласта**	Одиночные откачки из наиболее обильных водоносных горизонтов	В единичных скважинах
	Окончательные изыскания для технического проекта и рабочих чертежей По створам через 200—150 м; расстояние между скважинами на створах 30—50 м	То же, через 50—75 м	Кустовые откачки, характеризующие все водоносные горизонты	Продолжение начатых наблюдений и расширение сети наблюдательных скважин

\* Гидрогеологические исследования месторождения обычно сопутствуют разведочным на уголь работам; однако в ряде случаев необходима их детализация на конкретных участках в соответствии с проектируемой схемой вскрытия и эксплуатации месторождения

\*\* При отсутствии необходимых данных о подугольных подземных водах отдельные скважины должны быть углублены ниже почвы угля с целью исследования возможности прорыва подугольных напорных вод в выработанное пространство, заполняемое внутренними отвалами.

Физико-механические свойства грунтов обычно изучаются лабораторными методами; в отдельных случаях проводятся полевые опытные нагрузки и испытания на сдвиг.

На основании полученной характеристики физических и механических свойств пород детализируется разрез исследуемого массива. Большое значение при этом имеет выявление изменения влажности и объемного веса, особенно в зонах контактов с водоносными горизонтами. Образцы для этой цели отбираются через 1—0,5 м по глубине скважины и в отдельных случаях еще чаще.

Перечень наиболее важных лабораторных испытаний, по которым определяются показатели основных физических, водных и механических свойств горных пород, используемые в расчетах, приведены в табл. 123.

Таблица 123

Свойства горных пород	Элементы карьера		
	Откосы траншей	Рабочие площадки карьерных ступеней	Отвалы*
Механический состав . . . . .	+	+	+
Весовая влажность . . . . .	+	+	—
Объемный вес . . . . .	+	+	+
Удельный вес твердых частиц . . .	+	+	+
Размокаемость . . . . .	+	+	+
Коэффициент фильтрации . . . . .	+	+	+
Сопротивление сжатию (компрессионные испытания) . . . . .	—	+	—
Сопротивление сдвигу . . . . .	+	+	+
Угол естественного откоса . . . . .	++**	—	+

\* Все испытания производятся по образцам с нарушенной структурой, приближайщейся к условиям, в которых грунт может находиться в отвалах; при наличии аналогичных пород в отвалах действующих в исследуемом районе карьеров образцы отбираются из них.

\*\* Только для несвязных грунтов.

Ширина участка рабочего борта, подвергающегося инженерно-геологическим исследованиям, может быть принята равной ширине полосы необходимого осушения, кото-

рая по Ю. Н. Малошицкому определяется по формуле (рис. 63 и 64):

$$l' = x(1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \Theta) + H \operatorname{tg} \Theta, \quad (177)$$

где

$x$  — расстояние от места пересечения поверхности контакта с поверхностью откоса до места пересечения поверхности отрыва с поверхностью контакта, м;

$\beta$  — угол наклона контакта пород к горизонту (определяется по геологическим разрезам);

$\Theta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$  — угол, составляемый линией отрыва с вертикалью ( $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта);

$H$  — высота откоса, м.

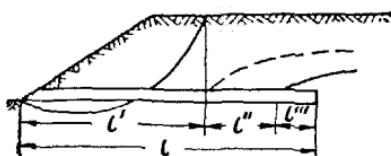


Рис. 63. Схема к определению полной ширины полосы осушения

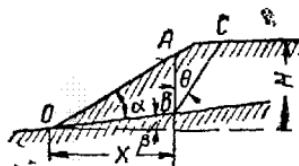


Рис. 64. Расчетная схема откоса

Практически осущененная полоса уступа складывается из следующих элементов (см. рис. 63):  $l''$  — часть уступа, разрабатываемая за данный производственный сезон, и  $l'''$  — необходимое опережение осушительных работ, обеспечивающее на участке полное (практически возможное) осушение к заданному сроку, т. е. полная ширина полосы осушения  $l$  принимается равной

$$l = l' + l'' + l'''. \quad (178)$$

В результате всего комплекса произведенных исследований выявляются следующие основные факторы, влияющие на устойчивость откосов въездных траншей и уступов карьера: геолого-петрографическое строение; условия залегания пород, особенно скалистых, и наличие тектонических нарушений; гранулометрический состав и форма частиц; влажность и влагоемкость; гидростатические и гидродинамические силы, могущие влиять на откос; вну-

тренное трение и сцепление частиц; несущие свойства грунтов рабочих площадок.

В отчетах по выполненным инженерно-геологическим работам для общей оценки исследуемого участка производятся ориентировочные расчеты устойчивости откосов.

В сыпучих грунтах, удерживаемых в равновесии только трением, предельное значение угла откоса определяется условием

$$\alpha < \varphi,$$

где  $\alpha$  — угол откоса;

$\varphi$  — угол внутреннего трения грунта.

Коэффициент устойчивости откоса  $k$ , не нагруженному внешними силами при отсутствии фильтрационного потока и однородности грунта в поперечном сечении, вычисляется по формуле

$$k = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (179)$$

Отсюда, если  $k > 1$ , то откос будет находиться в устойчивом равновесии, при  $k = 1$  равновесие неустойчивое и при  $k < 1$  откос сползает.

При фильтровании воды через откос, сложенный сыпучими породами, коэффициент устойчивости откоса с учетом развивающихся гидродинамических сил определяется по формуле

$$k = \frac{\gamma_0 \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi}{\Delta_0 n \operatorname{tg} \alpha + \gamma_0 \sin \alpha}, \quad (180)$$

где  $\gamma_0 = (1 - n) \cdot (\Delta - 1)$  — объемный вес породы, облегченный весом вытесненной воды;

$\Delta_0$  — объемный вес воды ( $\Delta_0 \approx 1$ );

$n$  — пористость породы;

$\Delta$  — удельный вес твердых частиц породы.

Ориентировочно коэффициент устойчивости откоса из сыпучих грунтов при наличии фильтрации воды может быть принят в 2 раза меньше величины, определенной формулой (179).

Коэффициент устойчивости откоса из связных грунтов при отсутствии фильтрационного потока в поперечном сечении определяют по формуле

$$k = \frac{\Sigma N \operatorname{tg} \varphi + \Sigma CL}{\Sigma T}, \quad (181)$$

где  $\Sigma N$  и  $\Sigma T$  — нормальные и тангенциальные составляющие собственного веса отдельных участков сползающего отсека;

$\varphi$  — углы внутреннего трения грунтов, находящихся в расчетном поперечном сечении в пределах кривой сползания;

$C$  — сцепление при сдвиге, принимаемое равным половине опытного при данных объемном весе и влажности грунтов;

$L$  — часть длины дуги сползающего отсека, на которой действует сцепление  $C$ .

Встречающиеся в природных условиях слежавшиеся уплотненные пески и гравелистые породы обладают структурной связностью и до наступления выветриваниядерживаются в откосах, угол откоса которых больше естественного угла откоса тех же пород в рыхлом состоянии. Предельные углы откоса для этих пород при краткосрочном сохранении откоса определяются расчетом, как при связных породах или на основании опытной проверки в натуре, при долгосрочном сохранении откоса — по углу естественного откоса породы в ее рыхлом состоянии.

Гидродинамическое давление фильтрующейся воды играет большую роль в устойчивости откосов; гидродинамическая сила, действующая на породу, через которую проходит фильтрационный поток, равна

$$D = \frac{\epsilon \Delta}{1 + \epsilon} I \Omega, \quad (182)$$

где  $\epsilon$  — коэффициент пористости;

$I$  — гидравлический градиент;

$\Omega$  — объем породы, через которую происходит фильтрация,  $m^3$ .

Гидродинамические силы, развивающиеся при фильтрации воды через откос, могут вызвать супфозию (вынос мелких фракций породы). Гидравлический градиент, при котором возможно начало супфозии, носит название критического градиента ( $I_{kp}$ ).

Условие недопущения супфозии выражается формулой

$$I_{kp} < (1 - n)(\Delta - 1). \quad (183)$$

Обычно численное значение выражения  $(1 - n)(\Delta - 1)$  находится в пределах 0,8—1,2.

Присутствие воды в откосе может также вызвать выщелачивание воднорастворимых составляющих горных пород, что резко снижает их сопротивляемость сдвигу.

Степень растворимости главнейших минеральных солей в воде приведена в табл. 81.

Расчеты устойчивости отвальных откосов могут производиться теми же методами, что и для откосов карьерных траншей.

При наличии в исследуемом районе действующих карьеров с отвалами, отсыпанными из аналогичных грунтов, необходимо сопоставить плотность ненарушенной породы с плотностью ее в отвале и степень уплотнения в зависимости от системы отвальных работ.

За показатель степени уплотнения грунта  $\gamma_{\text{п}}$  принимается объемный вес его скелета  $\delta$ ; при этом  $\gamma_{\text{п}}$  характеризуется отношением объемных весов скелета породы в отвале  $\delta$  и в забое  $\delta_{\text{заб}}$ :

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{\delta}{\delta_{\text{заб}}} . \quad (184)$$

Условия устойчивости отвальных откосов и равновесия земляных масс аналогичны рассмотренным выше для карьерных траншей. Дополнительными факторами равновесия в данном случае являются: наклон поверхности основания отвала или насыпи, строение тела насыпи и профиль откоса, зависящие от способа производства работ.

## ЛИТЕРАТУРА

Егурнов Г. П. Открытые горные работы. Углетеиздат, 1954.

Малюшицкий Ю. Н. Физико-механические свойства горных пород и их значение в вопросах устойчивости бортов угольных карьеров. Углетеиздат, 1951.

Малюшицкий Ю. Н. К вопросу об устойчивости бортов карьеров. Углетеиздат, 1952.

Масленников М. В. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. Углетеиздат, 1951.

Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат, 1949.

Перегудов М. А. Маркшейдерская съемка открытых разработок. Углетеиздат, 1950.

Пономарев И. П. Оползни на угольных карьерах. Углетеиздат, 1949.

Справочник по гидротехнике. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1955.

## ГЛАВА IX

### ИЗЫСКАНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

#### § 52. Стадии изысканий

Виды изысканий железных дорог различаются по степени подробности и составу представляемых материалов в соответствии со стадиями проектирования.

При проектировании в две стадии на стадии проектного задания производятся рекогносцировочные и предварительные изыскания, на стадии рабочих чертежей — окончательные. При проектировании в три стадии на стадии проектного задания производятся рекогносцировочные и предварительные изыскания, на стадии технического проекта и рабочих чертежей — окончательные изыскания.

Рекогносцировочные изыскания имеют своей целью на основе облегченных инструментальных обследований местности выявить возможные варианты трассирования линии. Этот вид изысканий применяют в том случае, если район изысканий недостаточно освещен картами и другими материалами. Рекогносцировочные изыскания не являются самостоятельной стадией и входят в состав предварительных изысканий.

Предварительные изыскания проводятся по наиболее конкурентоспособным вариантам направления линии, выявленным по картам или в отдельных случаях, при отсутствии карт, в процессе рекогносцировочных изысканий.

При наличии топографических карт в горизонталах, геологических и гидрологических данных трассирование производится полностью или частично по картам;

геологические материалы служат для проектирования земляного полотна и оснований сооружений; по данным о стоке определяются отверстия мостов и труб.

Однако при всех условиях обязательно проводятся окончательные изыскания с разбивкой на местности и закреплением трассы по направлению варианта, принятого в утвержденном проектном задании. При этом в случае необходимости производится улучшение плана и профиля трассы на отдельных участках.

Предпостроечные изыскания заключаются в окончательной разбивке оси дороги и работ по устройству земляного полотна и искусственных сооружений, сборе подробных геологических, гидрологических и других данных, необходимых для разработки рабочих чертежей сложных сооружений.

Основы трассирования, изложенные в главе III, применяют при производстве изысканий железных дорог в районах угольных предприятий, имея в виду, что территории этих месторождений обеспечиваются планами, составленными при разведке полезных ископаемых. Эти планы в масштабах 1 : 25 000—1 : 10 000 с сечением горизонталей через 5 м обеспечивают возможность камерального трассирования для стадии проектного задания. При наличии планов в масштабах 1 : 5000—1 : 2000, составленных на участках детальной разведки угленосных площадей, изыскания железных дорог выполняются лишь в той части работ, которая относится к разбивке оси дороги на местности.

Подъездные ветви, соединяющие шахты и карьеры со станциями МПС, обычно пролегают по территориям, не обеспеченные планами в указанных масштабах. Поэтому состав полевых изыскательских работ на этих участках должен полностью обеспечивать проектирование всеми необходимыми данными.

### § 53. Технические условия

По данным изысканий, выполненных в соответствии с нормами технических условий на проектирование и строительство железных дорог, производится проектирование сооружений, входящих в комплекс железнодорожного пути.

Техническими условиями, обязательными для руководства при изысканиях железных дорог угольных предприятий, являются Строительные нормы и правила, ч. II Госстроя, 1954 г., НИТУ 119—55 (для железных дорог колеи 1524 мм) и Н1 07—53 (для железных дорог колеи 750 мм).

Железные дороги нормальной колеи (1524 мм) и узкой колеи (750 мм), обслуживающие промышленные предприятия, подразделяются на внутризаводские и подъездные; последние, в свою очередь, имеют деление на три категории в зависимости от размеров грузооборота (табл. 124).

Таблица 124

Категории подъездных путей	Грузооборот, тыс. т в год	
	нормальная колея	узкая колея
I	Более 4000	Более 500
II	От 1500 до 4000	От 100 до 500
III	Менее 1500	Менее 100

Изыскания железных дорог нормальной колеи, которые могут войти в общую сеть железных дорог СССР, производятся согласно нормам проектирования железных дорог МПС.

Внутризаводские железнодорожные пути проектируются в составе генерального плана промышленного предприятия на топографической основе в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500.

### § 54. План трассы

План трассы железной дороги представляет собой сочетание прямых и кривых участков; последние устраиваются из отрезков круговых кривых, величина радиусов которых устанавливается в зависимости от местных условий. В открытой равнинной местности радиусы кривых путей нормальной колеи должны приниматься следующих размеров: 600, 700, 800, 1000, 1200 м; при сложном рельфе или застроенной территории радиусы кривых умень-

шают до 300—500 м, вписывая трассу в рельеф и обходя контурные препятствия.

Наименьшие радиусы кривых приведены в табл. 125.

Таблица 125

Категория подъездных путей	Наименьшие радиусы кривых (м) при нормальной ширине колеи	
	в нормальных условиях	в трудных условиях
I	500	250
II	400	200
III	300	200

Сопряжение прямых участков путей нормальной колеи с круговыми кривыми производится посредством переходных кривых, длины которых даны в табл. 126.

Таблица 126

Радиус кривой, м	Категории подъездных путей	Длины переходных кривых При расчетных скоростях, км/час		
		65	40	20
1000	I	50	—	—
	II	30	—	—
	III	20	—	—
600—400	I	80	40	10
	II	60	25	—
	III	40	15	—
250	I	—	80	15
	II	—	40	10
	III	—	25	—
200—180	I	—	80	25
	II	—	60	15
	III	—	40	10
150—120	I	—	—	50
	II	—	—	25
	III	—	—	15

На путях I категории при радиусах кривых более 2000 м и на путях II и III категории — при радиусах более 1000 м переходные кривые не устраиваются.

Устройство переходных кривых на путях узкой колеи обязательно при радиусе круговой кривой меньше 300 м.

Длины прямых вставок между концами смежных переходных кривых должны применяться не менее указанных в табл. 127.

Таблица 127

Категории подъездных путей нормальной колеи	Длина прямых вставок между концами кривых (м) при направлении кривых	
	в разные стороны	в одну сторону
I и II	50	75
III	30	50
Пути с ограниченным сроком эксплуатации	20	20

В трудных условиях трассирования путей нормальной колеи допускается уменьшение длины прямой вставки между концами кривых, направленных в одну сторону, до 30 м, а для кривых, направленных в разные стороны, — до 20 м.

Величина дополнительного сопротивления движению поезда  $w_k = i_k$  на участке кривой при производстве изысканий определяется по формулам:

при  $k > L$

$$i_k = \frac{700}{R}; \quad (185)$$

при  $k < L$

$$i_k = \frac{12\alpha}{L}, \quad (186)$$

где  $k$  — длина кривой, м;

$L$  — длина поезда, м;

$i_k$  — сопротивление на кривой, %;

$R$  — радиус кривой, м;

$\alpha$  — число градусов угла поворота на протяжении кривой.

### § 55. Продольный профиль

Величина руководящего уклона на проектируемых подъездных путях нормальной колеи не должна превышать 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> при паровой тяге и 40<sup>0</sup>/<sub>00</sub> при электрической тяге.

Величина уклона трассирования  $i_t$  определяется по формуле

$$i_t = i_p - i_k. \quad (187)$$

Величина  $i_k$  должна быть определена по формулам (185) и (186).

Наименьшие длины (в метрах) элементов проектирования продольного профиля по НИТУ 119—55 приведены в табл. 128.

Таблица 128

Категории путей нормальной колеи	Руководящие уклоны грузового направления, %				
	4—6	7—9	10—12	13—20	21—30
I	400	350	250	250	—
II	350	300	250	200	200
III, а также пути с ограниченным сроком эксплуатации	300	250	200	200	150

При мечаниe. Длину элементов продольного профиля разрешается уменьшать на подъездных путях I и II категории до 200 м; на путях III категории до 100 м при любом руководящем уклоне в следующих случаях:

- а) для элементов профиля, смягченных в пределах кривых;
- б) при обращении коротких составов (10—15 вагонов);
- в) на подходах к пересечениям дорог, станциям промышленных предприятий, мостам и путепроводам (кроме расположенных у подошвы крутых затяжных спусков), а также в особо сложных топографических условиях.

Примеры сопряжения элементов продольного профиля для прямых участков напряженного хода приведены на рис. 65.

Смежные прямолинейные элементы продольного профиля при алгебраической разности их крутизны более 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> должны сопрягаться в вертикальной плоскости кривыми, радиусы которых указаны в табл. 129.

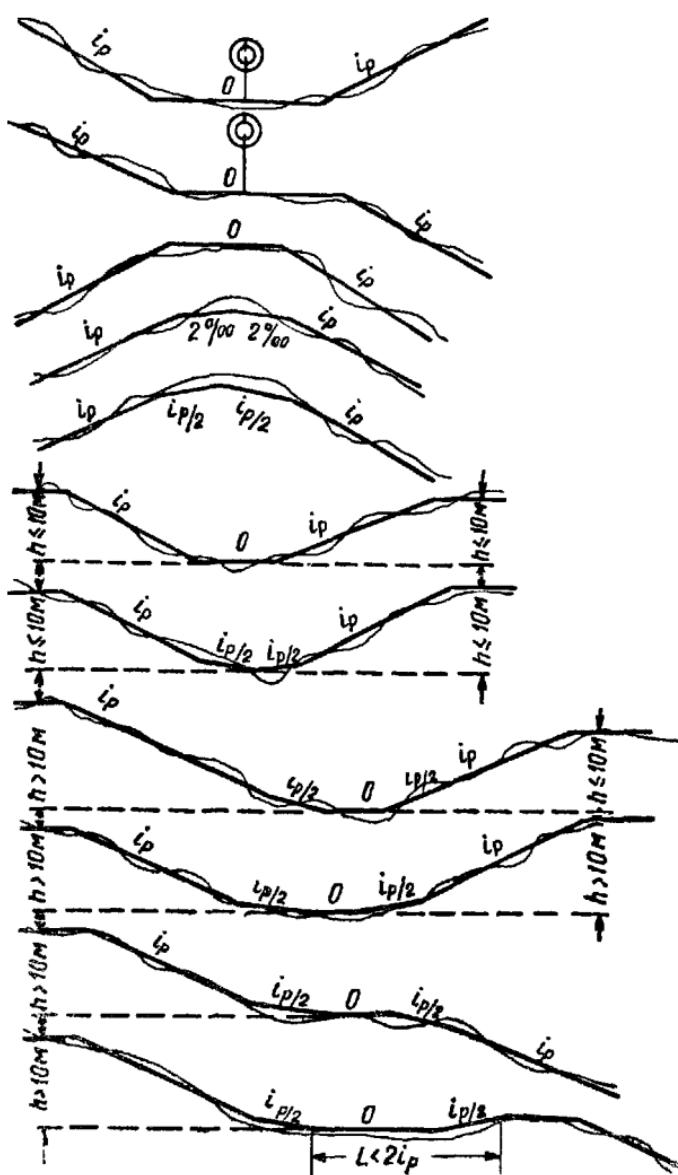


Рис. 65. Примеры сопряжения элементов профиля при  $i_p > 8\%$

Таблица 129

Категории подъездных путей нормальной колеи	Алгебраическая разность крутизны смежных элементов, ‰	Радиусы кривых в вертикальной плоскости, м
I	3 и более	10 000
II и III	5 » »	5 000
Пути с ограниченным сроком эксплуатации	8 » »	2 000

План и профиль подъездных путей нормальной колеи, соединяющих промышленные предприятия между собой и с подсобными предприятиями, допускается проектировать по нормам для путей III категории независимо от размеров грузооборота.

Расстояния между осями главных путей на перегонах в пределах прямых участков нормальной колеи — 4,10 м, на кривых участках пути это расстояние увеличивается в зависимости от радиуса кривой.

### § 56. План и профиль путей на раздельных пунктах

Для размещения раздельных пунктов на подъездных путях при их трассировании выбираются прямые участки пути с горизонтальными площадками, длина которых определяется полезной длиной приемо-отправочных путей при намечаемой в дальнейшем наибольшей длине поезда (рис. 66).

При отсутствии естественных площадок для размещения раздельных пунктов на протрассированном направлении необходимо отклонять трассу и, развивая линию уклонами не более 0,0025, размещать раздельные пункты в плане и профиле в соответствии с требованиями ТУ.

При расположении площадок раздельных пунктов на участке удлинения между фиксированными точками наименьшее расстояние по горизонтали между точками перелома профиля вычисляется по формуле

$$l_{\min} = \frac{H_2 - (H_1 + H_n + H_e)}{i_t} (1 + \alpha_{ct}), \quad (188)$$

где  $\alpha_{ct}$  — коэффициент, учитывающий длину раздельных пунктов и зависящий от величины  $i_p$  (при  $i_p \leq 8\%$   $\alpha_{ct} = 0,12$ ; при  $i_p > 8\%$   $\alpha_{ct} = 0,10$ ).

При расположении приемо-отправочных путей на разъездах и обгонных пунктах на уклонах и кривых должны быть обеспечены условия для трогания поезда с места. В таких случаях величина среднего уклона в пределах всей полезной длины приемо-отправочных путей не

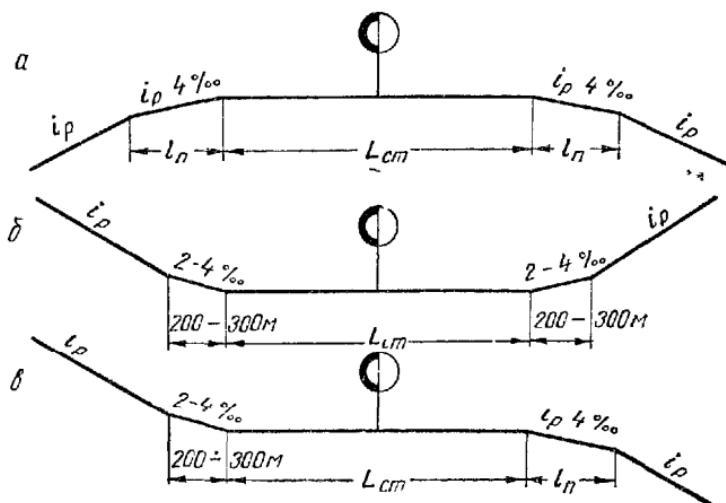


Рис. 66. Размещение площадок раздельных пунктов в различных условиях:

*a* — при выпуклом профиле; *б* — при вогнутом профиле; *в* — при сложном профиле;  $L_{ст}$  — длина станционной площадки;  $l_n$  — длина поезда

должна превышать руководящего уклона, уменьшенного на величину дополнительного удельного сопротивления при трогании поезда с места (не менее 4 кг/т) и на величину сопротивления от кривых; при этом во всех случаях крутизна отдельных уклонов не должна превышать 6‰.

Длина станционных площадок принимается по схемам путевого развития станций; длина промежуточных раздельных пунктов принимается по типовым схемам и в зависимости от величины руководящего уклона.

Расстояния между осями смежных путей нормальной колеи в пределах прямых участков для проектирования раздельных пунктов принимаются в соответствии с табл. 130.

Таблица 130

Наименование путей	Расстояния между осями смежных путей на станциях и разъездах, мм	
	нормальные	наименьшие
Главные и смежные с ними пути . . . . .	5300	4800
Приемо-отправочные пути . . . . .	5300	4800
Второстепенные станционные пути . . . .	4800	4500
Пути при перегрузке из вагона в вагон	3650	3600

При разбивке железнодорожных путей расстояние их осей до различных объектов, расположенных на территории промышленного предприятия, принимается не менее величин, приведенных в табл. 131.

Таблица 131

Наименование объектов	Расстояние от оси железнодорожных путей до объекта (м) при	
	нормальной колее	узкой колее
Ближайший край проезжей части автомобильных дорог . . . . .	3,75	3,0
Подземные сети трубопроводов . . . .	4,0	4,0
Надземные трубопроводы горючего газа (от ближайшего рельса пути) . . .	3,0	3,0
Оси главных и смежных с ними путей другой колеи . . . . .	4,7	4,7
Оси сортировочных путей и путей парков приема и отправления другой колеи . . . . .	4,3	4,3

В остальных случаях следует руководствоваться габаритами приближения строений к железнодорожным путям:

при проектировании железных дорог нормальной колеи промышленных предприятий — габаритом 2-С;

для железных дорог нормальной колеи на угольных карьерах — габаритом 1-В согласно ОСТ ВКС 6435 (рис. 67).

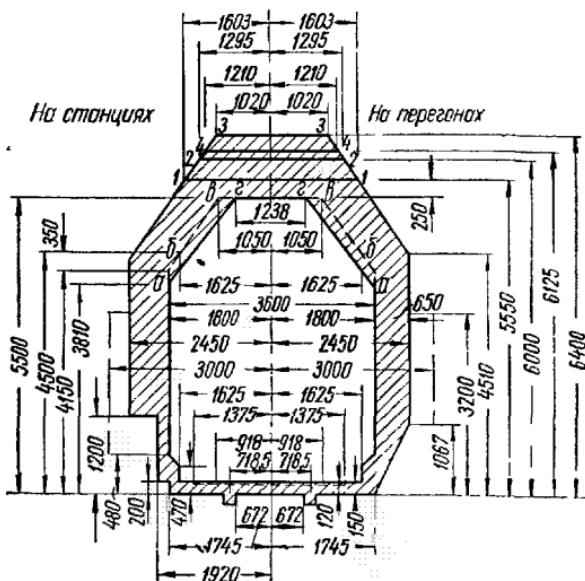


Рис. 67. Габариты подвижного состава и приближения строений колеи 1524 мм:

1—1 — для строений из огнестойких и несгораемых материалов на незлектрифицированных участках; 2—2 — для строений, защищенных от возгорания на незлектрифицированных участках; 3—3 — для строений из горючих материалов; 4—4 — для строений из огнестойких несгораемых и защищенных от возгорания материалов на электрифицированных участках

### § 57. Кривые участки пути

**Круговые кривые** следует проектировать возможно большими радиусами. При подходе к большим мостам радиусы кривых принимаются не менее 600 м.

Показатели круговой кривой при радиусе, равном 1000 м, приведены в табл. 132.

Пользуясь табл. 132, можно получить значения величин Т, К, 2Т-К и Б для любого радиуса путем умножения табличных данных на отношение принятого радиуса к 1000 м.

Кривые радиусов менее 2000 м на путях I категории и менее 1000 м на путях II и III категорий должны со-

Таблица 132

Угол $\alpha$ , град.	Тангенс T	Кривая K	Биссектриса B	Угол $\alpha$ град.	Тангенс T	Кривая K	Биссектриса B
2	17,455	34,907	0,152	32	286,74	558,50	40,3
4	34,921	69,813	0,609	34	305,73	593,41	45,69
6	52,408	104,72	1,372	36	324,92	628,32	51,46
8	69,927	139,626	2,442	38	344,33	663,22	57,62
10	87,489	174,533	3,82	40	363,97	698,13	64,18
12	105,10	209,44	5,51	42	383,86	733,04	71,14
14	122,78	244,35	7,51	44	404,03	767,94	78,53
16	140,54	279,25	9,83	46	424,47	802,85	86,36
18	158,38	314,16	12,46	48	445,23	837,76	94,64
20	176,33	349,07	15,43	50	466,31	872,66	103,38
22	194,33	383,97	18,72	52	487,73	907,57	112,60
24	212,56	418,88	22,34	54	509,53	942,48	122,33
26	230,87	453,79	26,30	56	531,71	977,38	132,57
28	249,33	488,69	30,61	58	554,31	1012,29	143,35
30	267,97	523,60	35,28	60	577,35	1047,20	154,70

прягаться с примыкающими к ним прямыми при помощи переходных кривых (рис. 68 и 69).

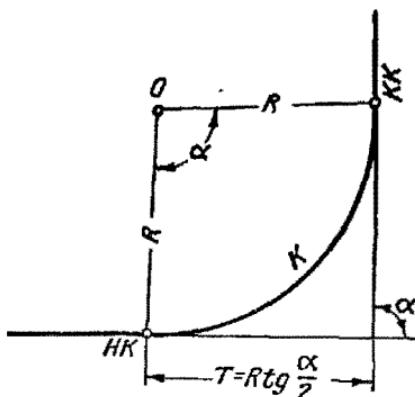


Рис. 68. Сопряжение прямых с круговой кривой без переходных кривых

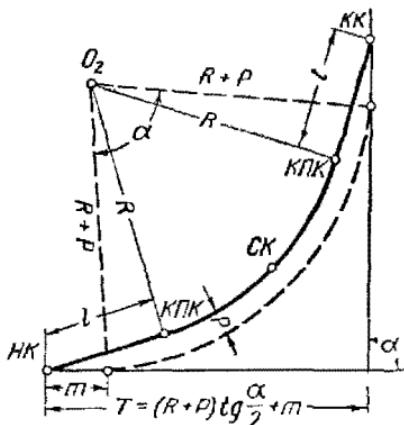


Рис. 69. Сопряжение прямых с круговой кривой с устройством переходных кривых

В табл. 133 приведены длины переходных кривых в зависимости от радиуса круговых кривых и параметров.

Между концами круговых кривых разных или одинаковых радиусов, обращенных в разные стороны, должна предусматриваться **строительная вставка** для помещения

Таблица 133

Радиусы, м	1200	1000	800	700	600	500	400	350	300	250	200
Параметры, м <sup>2</sup>											
30 000	25	30	37,5	42,8	50	60	75	85,7	100	—	—
25 000	20,8	25	31,2	35,7	41,6	50	62,5	71,4	83,3	100	—
20 000	16,7	20	25	28,6	33,3	40	50	57,1	66,7	80	—
15 000	—	—	—	—	—	—	—	—	50	60	75
10 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	50
8 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40

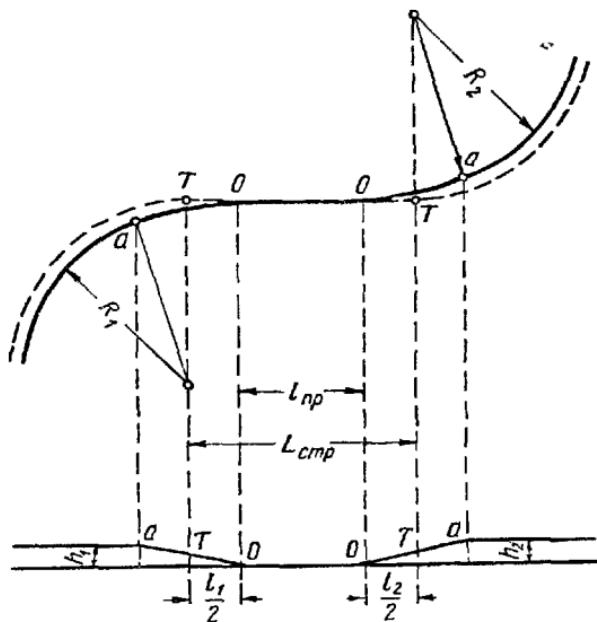


Рис. 70. Сопряжение кривых, направленных в разные стороны

переходных кривых с прямой вставкой между концами одной и началом другой; длина строительной вставки определяется по формуле

$$L_{\text{стр}} = \frac{l_1}{2} + l_{\text{пр}} + \frac{l_2}{2}, \quad (189)$$

где  $l_{\text{пр}}$  — длина прямой вставки;

$l_1$  и  $l_2$  — длины переходных кривых (м) соответственно радиусам  $R_1$  и  $R_2$  круговых кривых;  $h_1$  и  $h_2$  — поышение наружного рельса (рис. 70).

Кривые одинаковых или разных радиусов, обращенные в одну сторону (рис. 71), как правило, должны располагаться впритык. Если же кривые, обращенные в одну сторону, не могут быть запроектированы впритык, то при изысканиях между концами круговых кривых для размещения переходных кривых предусматривается строительная вставка, длина которой определяется по формуле (189).

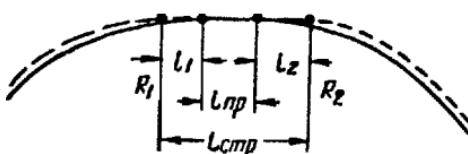


Рис. 71. Сопряжение кривых, направленных в одну сторону

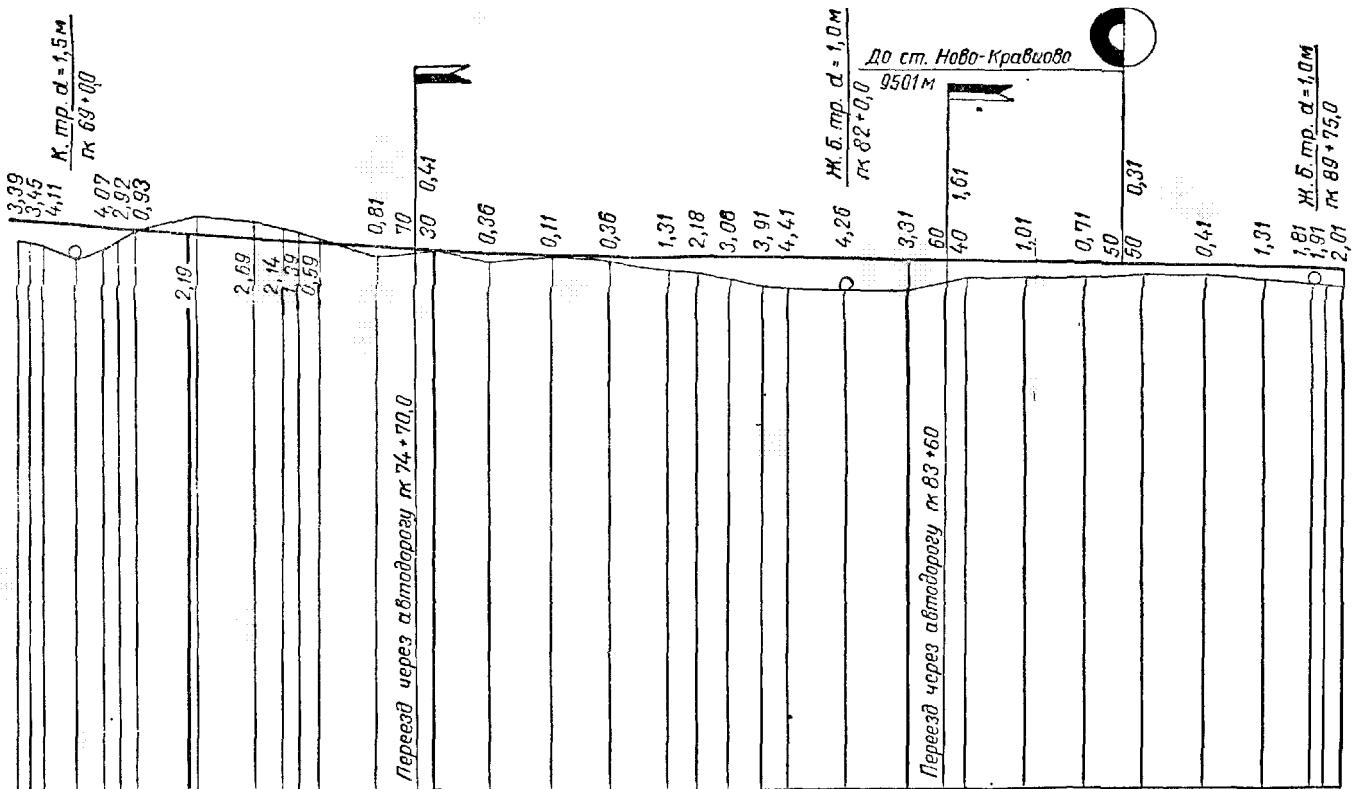
Кривые, направленные в одну сторону, устраиваются впритык друг к другу с обязательным сопряжением, при различных радиусах кривых, переходной кривой.

Минимальные длины (в метрах) строительных вставок между кривыми, направленными в разные стороны, при длине прямой вставки между концами переходных кривых  $l_{np} = 30 \text{ м}$  приведены в табл. 134.

Таблица 134

$R_1$	1200	1000	800	600	500	400	300	250
$R_2$								
1200	118	126	130	124	119	111	107	104
1000	—	135	139	133	128	120	116	113
800	—	—	143	136	131	124	120	116
600	—	—	—	130	125	118	113	110
500	—	—	—	—	120	113	108	105
400	—	—	—	—	—	105	101	98
300	—	—	—	—	—	—	97	93
250	—	—	—	—	—	—	—	90

Минимальные длины строительных вставок между кривыми, направленными в одну сторону, при длине прямой вставки  $l_{np} = 100 \text{ м}$  приведены в табл. 135.



Грунты			
Ситуация		Сосновый древесной лес	
Ординаты		Кустарник по выгону	
Красные	Отметки	526,42	Ст. Соколово
	Уклоны	526,28	
Отметки земли		525,03	
Расстояния		-20	
Пикеты		524,83	
План линий		522,28	
Километры		522,03	

Рис. 72. Образец продольного профиля железной дороги

Таблица 135

$R_1 \backslash R_2$	1200	1000	800	600	500	400	300	250
1200	187	196	200	194	189	181	177	174
1000	—	205	209	203	198	190	186	183
800	—	—	213	206	201	194	190	186
600	—	—	—	200	195	188	183	180
500	—	—	—	—	190	183	178	175
400	—	—	—	—	—	175	171	168
300	—	—	—	—	—	—	167	163
250	—	—	—	—	—	—	—	160

В тех случаях, когда устройство прямых вставок указанных выше размеров нецелесообразно, смежные круговые кривые одинаковых радиусов должны сопрягаться впритык.

Сопряжение прямых участков трасс при предварительных изысканиях производится при помощи круговых кривых с учетом запаса в длине прямых участков для возможности укладки переходных кривых (см. рис. 69).

При окончательных изысканиях и строительстве дорог разбиваются переходные кривые; разбивка кривых производится по таблицам Главтранспроекта МПС 1953 г., составленным для суммированных элементов переходных и круговых кривых.

На продольном профиле (рис. 72) план и кривые участки пути изображаются условными обозначениями; размещение переломов профиля относительно концов переходных кривых отражается на продольном профиле.

## § 58. Примыкание подъездных путей к существующим дорогам

Примыкание путей, как правило, делается к раздельным пунктам с путевым развитием.

В том случае, когда новая линия подходит к существующей на перегоне она должна быть доведена до ближайшего попутного раздельного пункта самостоятельным путем, иногда параллельным существующей линии. Схема примыкания должна обеспечить возможность прямого следования через узел поездов преимущественно грузо-

вого направления для избежания «перемены головы» поезда.

При изысканиях примыкания подъездного пути к станциям устанавливаются направление, сторона и место примыкания, которые согласовываются с Управлением дороги.

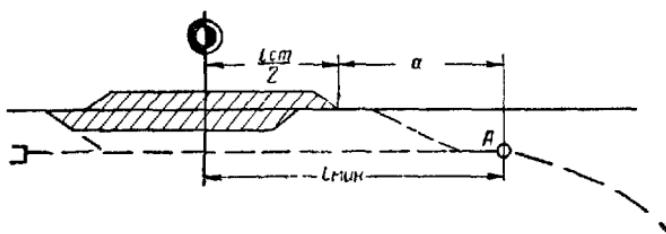


Рис. 73. Схема примыкания подъездного пути к станции

Начало  $A$  кривой отхода подъездного пути и минимальное удаление этой точки от оси существующей станции (рис. 73) определяются из условия

$$l_{мин} = \frac{l_{ст}}{2} + a, \quad (190)$$

где  $l_{ст}$  — существующая или заданная длина станционных путей;

$a$  — величина, предусмотренная перспективным развитием пункта примыкания; принимается равной 200—300 м.

При примыкании подъездного пути на перегоне, что может быть допущено лишь с разрешения МПС, в пункте примыкания устраивается пост.

Примыкание по наивыгоднейшему направлению не всегда может быть прорассировано, если этому мешают плановые или высотные препятствия (рис. 74).

По данным изысканий следует произвести сравнение вариантов, в соответствии с результатами которого выявится возможность выполнения окончательной трассировки.

На рис. 75 дана схема примыкания с пересечением главного пути в разных уровнях.

В задачу изысканий примыкания входят подробная планово-высотная съемка территории существующей станции и территории проектируемого ее развития, трасировка подходов, путепроводных развязок, а также инженерно-геологические работы.

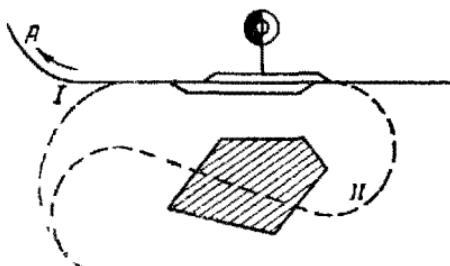


Рис. 74. Варианты примыкания к станции

На небольших станциях или в случае примыканий на перегонах в местах будущего станционного развития съемка участка производится поперечниками от главного пути; на больших станциях съемка производится обходом по замкнутому полигону.

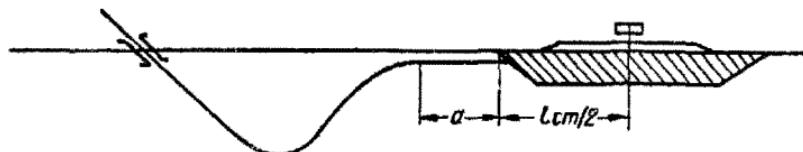


Рис. 75. Схема примыкания с пересечением главного пути в разных уровнях

В случае примыкания на перегоне с организацией новой станции плац и профиль главного пути должны удовлетворять требованиям технических условий по размещению раздельных пунктов.

### § 59. Соединения путей

Соединения путей осуществляются при помощи стрелочных переводов (рис. 76), основные размеры которых для односторонних переводов колеи 1524 мм приведены в табл. 136.

Таблица 136

Тип рельсов	Марка крестовины	Угол крестовины, $\alpha$	Расстояния, м				
			от начала рамных рельсов до начала остряков, $m$	от начала остряков до центра перевода $a$	от центра перевода до хвоста крестовины $b$	полная длина перехода по основному пути $L$	радиус пе-реводной кривой
I-A	1/11	5° 11' 40"	0,904	12,024	19,098	32,026	300
II-A	1/9	6 20 25	0,883	11,943	15,408	28,237	200
III-A	1/11	5 11 40	0,835	11,987	18,688	31,510	300
III-A	1/9	6 20 25	0,835	11,365	15,308	27,508	200

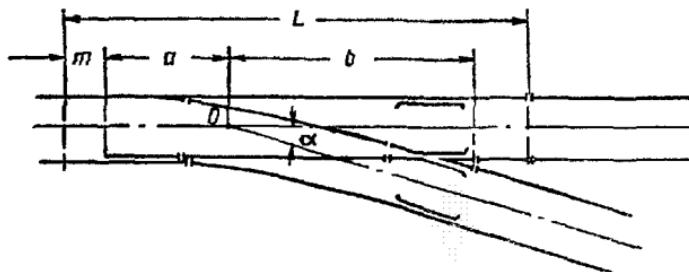


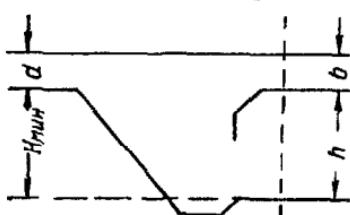
Рис. 76. Схема одностороннего стрелочного перевода

### § 60. Пересечение путей

Пересечения железных дорог между собой или с автомобильными дорогами устраиваются в разных уровнях; вопрос о пересечении железных и автомобильных дорог в одном уровне при малой интенсивности движения решается в зависимости от местных условий с учетом обеспечения безопасности движения по пересекающимся дорогам.

Для возможности применения типовых проектов путепроводов при изысканиях пересечения в разных уровнях назначаются под углами 90, 60 и 45°.

Рис. 77. Наименьшая высота насыпи в пределах пересечения существующих путей



Минимальная высота насыпи земляного полотна в месте пересечения с существующими путями сообщения (рис. 77) определяется по формуле

$$H_{\min} = h + b - d, \quad (191)$$

где  $h$  — возвышение низа пролетного строения над поверхностью воды судоходного канала, над головкой рельса существующей железной дороги или над проезжей частью автомобильной дороги, м (табл. 137);

$b$  — расстояние от низа пролетного строения до подошвы рельса (конструктивная высота пролетного строения), м; в условиях изысканий для путепроводов  $b = 1,50$  м;

$d$  — толщина балластного слоя проектируемой железной дороги вне пределов моста или путепровода, м; величина  $d$  принимается от подошвы рельса до бровки земляного полотна, в среднем 45—50 см.

Таблица 137

Пересекаемые пути сообщения	Величина $h$ , м
Внутренние водные пути:	
I класса . . . . .	13,5
II класса . . . . .	12,5
III и IV классов . . . . .	10,0
V класса . . . . .	7,0
VI и VII классов . . . . .	3,5
Железные дороги:	
при пролетном строении путепроводов из несгораемых материалов . . . . .	5,55
при деревянном пролетном строении . . . . .	6,4
то же, при применении огнеупорной защиты . . . . .	6,0
Электрифицированные железные дороги . . . . .	6,125
Трамвайные пути . . . . .	4,5
Автомобильные дороги . . . . .	4,5

### § 61. Земляное полотно и дорожная полоса

Ширина нормального однопутного земляного полотна поверху на прямых участках пути указана в табл. 138.

Ширина земляного полотна нормальной колеи на кривых радиуса 1000 м и менее с внешней стороны кривой

Таблица 138

Категории подъездных путей нормальной колеи	Род грунтов земляного полотна	
	При всех грунтах, кроме поименованных в графе 3	Скала, щебень, гравий, песок
I . . . . .	5,8 или 5,5	5,0
II . . . . .	5,5	4,6
III . . . . .	5,0	4,6
Подъездные пути с ограниченным сроком эксплуатации . . . . .	4,6	4,0

увеличивается на 0,2 м, а для подъездных путей I категории на 0,3 м.

Нормальная ширина по верху двухпутного земляного полотна на прямых участках пути проектируется шире однопутного на 4,1 м против норм табл. 138.

Устойчивость насыпей и выемок зависит от свойств грунтов, изучение которых является задачей инженерно-геологических работ при дорожных изысканиях. В результате исследования устанавливаются основные показатели физико-механических свойств грунтов как для суждения об устойчивости их при возведении земляного полотна, так и для классификации — по степени трудоемкости проходки и выбора способа разработки в соответствии со «Сборником № 1 единых районных единичных расценок на строительные работы».<sup>1</sup>

Дорожная классификация грунтов принята по гранулометрическому составу и по числу пластичности на основе лабораторного анализа. Наиболее полно свойства грунтов отражает показатель верхнего предела пластичности.

Дорожная классификация грунтов приведена в табл. 139.

В задачу изысканий дорог входит также трассирование нагорных и водоотводных канав, а также канав попе-

<sup>1</sup> Сборник № 1 единых районных единичных расценок на строительные работы, ч. 1. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1956.

Таблица 139

Наименование грунта	Глинистых частиц, %	Число пластичности	Верхний предел пластичности F, %
Песчаный . . . . .	<3	<1	<16
Супесчаный . . . . .	3—12	1—7	16—26
Суглинистый . . . . .	12—18	7—10	26—34
Тяжелосуглинистый . . . . .	18—25	10—17	34—42
Глинистый . . . . .	25	17	42

речного водоотвода от искусственных сооружений. С этой целью в простейших случаях проложение трасс канав производится непосредственно на местности. При сложных условиях местности (залесенной, сложном рельефе, неустойчивых легкоразмываемых грунтах и т. д.) предварительно производится топографическая съемка планов в масштабе 1:1000—1:2000 участка в районе проектируемой канавы и разведываются грунты, а затем по плану в горизонталях намечается направление канавы, которое инструментально переносится на местность. Трассирование нагорных канав выполняется в зависимости от величины допускаемых уклонов дна, рода грунтов и допускаемых скоростей.

При изысканиях следует учитывать необходимую ширину полосы отвода земли на перегонах промышленных железных дорог, которая для однопутных дорог нормальной колеи должна быть не менее 16 м, а для двухпутных дорог — 20 м.

На раздельных пунктах с путевым развитием расстояние от его крайнего пути до границы полосы отвода должно быть не менее 10 м.

Общая ширина полосы отвода земли устанавливается в соответствии с поперечными профилями земляного полотна с учетом прилегающих к нему кавальеров, резервов, водоотводных канав и других сооружений, включая в необходимых случаях площадь для размещения снегозащитных насаждений.

Ширина полосы топографической съемки на перегонах в среднем составляет 50—100 м; масштаб съемки в зависимости от сложности рельефа принимается для составления проектного задания 1:5000—1:10 000, для технического проекта и рабочих чертежей 1:2000—1:5000.

Размеры площадок для размещения остановочных пунктов железных дорог нормальной колеи определяют по длине в зависимости от длины поезда, а по ширине согласно табл. 140 (для средних условий).

Таблица 140

Назначение площадок	Ширина площадки, м
Под разъезды и малые станции (без депо) . . . . .	100—125
Для станций с депо:	
на участке, предназначенном для размещения депо, от оси главного пути в сторону депо . . . . .	350—400
то же, в противоположную сторону . . . . .	200
на остальном участке — в обе стороны от оси главного пути . . . . .	По 200

### § 62. Размещение раздельных пунктов

В задачу изыскателей входит размещение раздельных пунктов на продольном профиле линии, удовлетворяющее пропускной способности перегонов, выбор и изыскания стационарных площадок.

Размещение раздельных пунктов производится по нормам, обеспечивающим наивыгоднейшие длины перегонов для средних условий:

при паровозной и тепловозной тяге . . . . . 8—11 км  
» электрической тяге . . . . . 12—14 »

По ТУ МПС 1953 г., расчетное время хода поезда по перегону в обе стороны на дорогах общей сети должно быть не более 36 мин., а в трудных условиях — 38 мин.; на железных дорогах III категории и в отдельных случаях на дорогах II категории допускается увеличение норм наибольшего времени хода по перегонам на 6 мин.

Размещение остановочных пунктов производится исходя из заданной пропускной способности перегонов и удобства обслуживания ответвлений к промышленным предприятиям.

Максимальное расстояние по времени между осями раздельных пунктов определяется по формуле

$$t_{\text{п}} \leq \frac{T}{N} - (t_{\text{пз}} + t_{\text{с}}), \quad (192)$$

где  $T$  — время суток, мин.;

- $N$  — заданная пропускная способность дороги (пар поездов в сутки);  
 $t_{pz}$  — время на разгон и замедление, принимаемое равным 4 мин.;  
 $t_c$  — время на телефонные сношения по пропуску пары поездов, принимаемое равным 10 мин.

Расчетное время хода поездов при одном локомотиве для размещения площадок раздельных пунктов приведено в табл. 141.

Таблица 141

Уклон элемента продольного профиля, %	Расчетное время хода поездов в минутах на 1 км пути в обе стороны в сумме при тяге	
	паровозами	электровозами
0	2,30	2,15
1	2,60	2,15
2	2,80	2,22
3	3,00	2,28
4	3,30	2,34
5	3,50	2,40
6	3,70	2,46
7	4,00	2,52
8	4,20	2,58
9	4,40	2,64
10	4,70	2,70
11	4,90	2,76
12	5,10	2,82
13	—	2,88
14	—	2,94
15	—	3,00

Для учета кривых участков пути к поперегонному времени хода, определенному по табл. 141, следует добавлять на каждые  $100^\circ$  углов поворота дополнительное время хода при паровозной тяге — на площадках 0,44 мин. и на уклонах 0,22 мин.; при электровозной тяге — на площадках 0,14 мин. и на уклонах 0,07 мин.

Средние значения станционных интервалов для аналитических расчетов пропускной способности перегонов новых железных дорог приведены в табл. 142.

Таблица 142

Средства сношения при движении поездов и способы обслуживания стрелок	Станционные интервалы, мин.
Автоматическая блокировка при централизованном обслуживании стрелок . . . . .	4
Полуавтоматическая блокировка при централизованном обслуживании стрелок . . . . .	4
Автоматическая блокировка при ручном обслуживании стрелок . . . . .	5
Полуавтоматическая блокировка при ручном обслуживании стрелок . . . . .	5
Электрорежевая система (вручение жезла в горловине станции) . . . . .	5

### § 63. Элементы тяговых расчетов

При изысканиях подъездных путей и в процессе предварительного проектирования, выполняемого в поле, тяговые расчеты производятся в ограниченном объеме; в задачу их входит определение: веса поезда, величины расчетного подъема, скорости движения поезда, длины тормозного пути, расхода воды и топлива.

Расчет веса поезда производится или по затяжному подъему при равномерном движении с установившейся скоростью, или по наиболее трудному участку профиля, не имеющему затяжных подъемов, т. е. при неравномерном движении с непостоянной скоростью.

При проектировании новых подъездных путей расчет веса состава производится для случая установившегося движения на руководящем подъеме по формуле

$$Q = \frac{F_k - (w_0' + i_p) P}{w_0' + i_p}, \text{ m}, \quad (193)$$

где  $F_k$  — касательная сила тяги локомотива, кг;

$P$  — расчетный вес локомотива (с тендером) и  $\frac{2}{3}$  запаса воды и топлива;

$w_0'$  — основное удельное сопротивление движению локомотива, кг/т;

$w_0$  — основное удельное сопротивление вагонов, кг/т;

$i_p$  — руководящий подъем,  $^{\circ}/_{100}$ .

Правилами производства тяговых расчетов рекомендуется при расчете веса грузовых составов принимать значения расчетной скорости  $v_p$  на руководящем подъеме

и соответствующие ей величины касательной силы тяги паровозов колеи 1524 мм, указанные в табл. 143.

Таблица 143

Серия паровозов	$v_p$ , км/час	$F_k$ , кг
Л	21	22 150
Е <sup>Л</sup>	17	19 300
Е <sup>Ф, с, к</sup>	18	19 450
Э <sup>М</sup>	15	20 200
Э	14	17 800
Щ	12	10 400

Сила тяги и скорость электровозов колеи 1524 мм на расчетном подъеме в соответствии с Правилами производства тяговых расчетов МПС, 1956 г. приведены в табл. 144.

Таблица 144

Серия электровоза	Передаточное число	Режим работы тягового двигателя	Сила тяги, кг	Скорость, км/час
Н8	3,90	П-ОП-1	46 300	43
ВЛ22 <sup>М</sup>	4,45	П-ОП-1	34 300	36
ВЛ22 и Сс11	4,45	П-ОП-1	34 400	32
ВЛ22	3,74	П-ПП	33 000	32
ВЛ19	3,74	П-ПП	31 200	33

Вес состава должен быть проверен на трогание с места по формуле

$$Q_{tp} = \frac{F_k^{tp} - P(w_0' + i_{tp} + w_{tp})}{w_0' + i_{tp} + w_{tp}}, \text{ м,} \quad (194)$$

где  $F_k^{tp}$  — сила тяги при трогании состава с места, кг;  $i_{tp}$  — величина уклона, на котором расположен остановочный пункт,  $^{\circ}/\text{oo}$ ;

$w_{tp}$  — дополнительное удельное сопротивление движению при трогании с места, равное 4 кг/м;  $w_0$  и  $w_0'$  — основные удельные сопротивления движению локомотива и вагонов; подсчитываются при  $v = 10 \text{ км/час}$ .

В условиях предварительных изысканий проверка веса состава на трогание с места может производиться по формуле

$$i_{tp} = 0,75 i - 1, \quad (195)$$

где  $i_{tp}$  — наибольший подъем, на котором локомотив может взять с места остановившийся поезд.

Расчетная сила тяги паровозов при трогании состава с места приведена в табл. 145.

Таблица 145

Серия паровозов	$F_K^{tp}$	Серия паровозов	$F_K^{tp}$
Л	26 000	Э <sup>м</sup>	23 500
Е <sup>п</sup>	22 900	Э	22 800
Е <sup>Ф, с, к</sup>	22 200	Щ	11 500

Основное удельное сопротивление локомотивов определяется следующими формулами:

для грузовых паровозов

$$w_0' = 2,2 + 0,01 v + 0,0003 v^2, \text{ кг/т}; \quad (196)$$

для электровозов под током

$$w_0' = \frac{24}{V P_{\text{сц}}} + 0,01 v + 0,0035 \frac{v^2}{P_{\text{сц}}}, \text{ кг/т}. \quad (197)$$

Основное удельное сопротивление четырехосных вагонов колеи 1524 мм определяется по формуле

$$w_0'' = \frac{v + 65}{12 + 0,55 q}, \text{ кг/т}, \quad (198)$$

где  $q$  — вес вагона брутто, т.

Основное удельное сопротивление  $w_0'$  грузовых паровозов (с тендером) приведено на рис. 78.

Значения удельных сопротивлений четырехосных вагонов наиболее распространенных типов (нормальной и узкой колеи) приведены в табл. 146.

Таблица 146

Вес вагона, т	Скорость состава $v$ , км/час					
	10	20	30	40	50	60
30	2,63	2,98	3,33	3,68	4,03	4,39
50	1,90	2,15	2,40	2,66	2,91	3,16
60	1,67	1,89	2,11	2,33	2,56	2,78
70	1,49	1,68	1,88	2,08	2,28	2,48
80	1,34	1,52	1,70	1,88	2,05	2,23
90	1,22	1,38	1,54	1,71	1,87	2,03

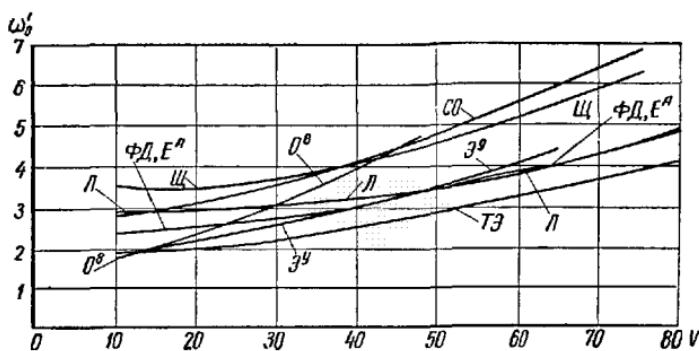


Рис. 78. Основное удельное сопротивление грузовых паровозов

### § 64. Точность геодезических работ

Точность геодезических работ, выполняемых при изысканиях железных дорог, должна удовлетворять требованиям табл. 147.

Таблица 147

Вид работ	Величина или формула невязки		Принятые обозначения
	предварительные изыскания	окончательные изыскания	
Разбивка трассы			
Угловая невязка теодолитного хода между опорными пунктами, мин. . . . .	$\pm 3t\sqrt{n}$	$\pm 1.5t\sqrt{n}$	$t$ — точность верньера, мили; $n$ — число стоянок теодолита
Относительная линейная невязка хода при измерении лентой:			
при благоприятных условиях измерений . . . . .	1:1000	1:2000	
при неблагоприятных . . . . .	1:500	1:1000	
Высотная невязка двух ходов, проложенных в одном направлении, мм . . . . .	—	$\pm 30\sqrt{L}$	$L$ — длина хода, км
То же, в ходах, опирающихся обоими концами на реперы государственного нивелирования, мм . . . . .	$\pm 40\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{L}$	
Расхождение между превышениями по сторонам реек, мм	$\pm 5$	$\pm 3$	

Продолжение табл. 147

Вид работ	Величина или формула невязки		Принятые обозначения
	предварительные изыскания	окончательные изыскания	
Проложение магистральных ходов			
Тахеометрический ход: угловая невязка, мин . . . . .	$\pm 3t\sqrt{n}$	—	$D$ — средняя длина луча визирования, км;
относительная линейная невязка . . . . .	1:400	—	$k$ — предельная ошибка на 1 км хода в метрах, при углах наклона: менее $5^\circ$ $k = 0,2$ м/км;
высотная невязка, м . . . . .	$\pm k\sqrt{LD}$	—	от $5$ до $7^\circ$ $k = 0,3$ м/км;
Буссольно-теодолитный ход: угловая невязка, мин. . . . .	$\pm 15\sqrt{n}$	—	более $7^\circ$ $k = 0,4$ м/км
относительная линейная невязка . . . . .	1:200	—	$n$ — число углов поворота
высотная невязка, мм . . . . .	$\pm 2k\sqrt{LD}$	—	
Съемка бассейнов обходом			
Невязки хода, опирающегося на трассу: угловая, мин. . . . .	$\pm 30\sqrt{n}$	—	
относительная линейная . . . . .	1:200.	—	
относительная линейная при буссольно-шагомерных ходах . . . . .	1:100 — 1:50	—	

Установка временных реперов по трассе производится на стадии предварительных изысканий на расстоянии 5 км, на стадии окончательных изысканий — 2 км, установка постоянных реперов производится на стадии окончательных изысканий на расстоянии 25 км.

Места установки реперов выбираются согласно табл. 148.

Таблица 148

Тип репера		Независимо от типа репера
временные	постоянные	
На переходах логов	На пересечениях с дорогами, реками	В наиболее высших и наиболее пониженных местах трассы

Продолжение табл. 148

Тип репера		Независимо от типа репера
временные	постоянные	
При водомерных постах	В начале и конце трассы, на примыканиях к существующим дорогам	В районе шахтных полей установка реперов запрещается
На теодолитных ходах рабочего обоснования через 2 км	На строительных площадках, над охранными целиками	Установка реперов от оси трассы не менее 25 м

## ЛИТЕРАТУРА

Бабичков А. М., Егорченко В. Ф. Тяговые расчеты. Трансжелдориздат, 1952.

Нормы и технические условия проектирования железных дорог нормальной колеи (1524 мм) промышленных предприятий (НиТУ 119—55). Стройиздат, 1955.

Правила производства тяговых расчетов для поездной возки. МПС, Трансжелдориздат, 1956.

Справочник изыскателя железных дорог. Трансжелдориздат, 1948.

Строительные нормы и правила, ч. II, Госстрой, 1954.

Технический справочник железнодорожника, т. 3. Трансжелдориздат, 1950.

Указания по производству топографо-геодезических работ при изысканиях железных дорог. Главтранспроект МПС, 1952.

## ГЛАВА X

### ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### § 65. Стадии изысканий и технические условия

Изыскания автомобильных дорог выполняются в определенной последовательности и по степени подробности и составу представляемых материалов должны соответствовать стадиям проектирования (табл. 149).

Таблица 149

Стадии изысканий	Стадии проектирования
При проектировании в две стадии	
Рекогносцировочные	Проектное задание
Подробные (окончательные) технические	Рабочие чертежи
При проектировании в три стадии	
Рекогносцировочные	Проектное задание
Подробные (окончательные) технические	Технический проект и рабочие чертежи
Предпостроечные изыскания	Рабочие чертежи на участках сложных сооружений, проектируемых индивидуально

При рекогносцировочных изысканиях прокладывается теодолитно-таксиметрический ход на участках со сложным рельефом и значительными объемами строительных работ, а также на пересечениях других коммуникаций, водотоков и населенных пунктов. На остальных участках

при проектировании в три стадии допускается проложение маршрутно-теодолитного хода с барометрическим нивелированием в пересеченной и горной местности.

При проектировании в две стадии степень детальности сведений, получаемых в результате рекогносцировочных изысканий, увеличивается для возможности обоснования расширенного проектного задания и сметы. В таких случаях инструментальный ход прокладывается на всем протяжении дороги для составления продольного профиля и съемок на переходах водотоков с морфометрическими обследованиями последних.

При наличии планов в горизонталях в масштабе 1 : 25 000—1 : 10 000 и общей геологической характеристики района полевые изыскательские работы для проектного задания не производят, а ограничиваются трасированием по планам.

Подробные технические изыскания производят для выбора наилучшего местоположения оси проектируемой дороги по варианту, принятому в утвержденном проектном задании; трасса закрепляется на местности. По окончании инструментальных изысканий представляют план на всем протяжении или по участкам дороги в масштабе 1 : 5000 и продольный профиль в масштабах — горизонтальном 1 : 5000 и вертикальном 1 : 500. Для участков перехода водотоков, пересечений с другими дорогами, мест прохода через населенные пункты и других сложных участков представляются планы и профили в масштабах 1 : 2000—1 : 1000. Одновременно производятся инженерно-геологические исследования полосы вдоль трассы и на участках переходов через водотоки.

Основные положения по изысканиям трасс линейных сооружений сохраняют силу и для изысканий автомобильных дорог.

Техническими условиями, обязательными для руководства при изысканиях автомобильных дорог угольных предприятий, являются строительные нормы и правила, а также НИТУ 101—56.

Промышленные автомобильные дороги подразделяются на подъездные и внутризаводские; временные автомобильные дороги угольных карьеров к данным категориям не относятся.

Подъездные автомобильные дороги в зависимости от интенсивности движения, определяемой для полной мощности предприятия, делятся на три категории.

К дорогам I категории относятся дороги с интенсивностью движения 100 автомобилей в час в одном направлении, ко II — с интенсивностью от 15 до 100 и к III — с интенсивностью движения менее 15 автомобилей в час.

Изыскания тех подъездных автомобильных дорог промышленных предприятий, которые впоследствии могут быть включены в общую сеть автомобильных и городских дорог, производятся согласно нормам НИТУ 128—55 и НИТУ для городских улиц и проездов.

Изыскания внутризаводских автомобильных дорог не производятся; они проектируются по топографическим планам в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500 при составлении генеральных планов промышленных предприятий. Карьерные автомобильные дороги, расположенные вне контура промышленной угольной залежи и служащие для транспортирования угля на обогатительные фабрики в течение продолжительного срока эксплуатации, относятся к подъездным дорогам.

### § 66. План трассы

Основные положения по трассированию и разбивке оси дороги в плане были изложены выше. Величину радиусов кривых рекомендуется принимать возможно большей; при технико-экономической целесообразности и при трассировании дорог на сложных участках разрешается принимать наименьшие радиусы кривых в плане согласно табл. 150.

Таблица 150

Условия движения автомобилей	Величина наименьших радиусов (м) при категориях дорог		
	I	II	III
При преимущественном движении машин группоподъемностью до 5 т . . . . .	250	125	60
При движении тяжелых машин и машин с прицепами . . . . .	125	60	30
То же, при вывозке длинномерных грузов . . .	125	60	50

В местах крутых поворотов учитывается уменьшение длины трассы на величину домера, а в случаях применения кривых с радиусом менее 200 м также необходимость уменьшения уклона на кривой на величину

$$\Delta i = 0,03 \left(1 - \frac{R}{200}\right), \% \text{,} \quad (199)$$

где  $R$  — радиус кривой, м.

При радиусах круговых кривых 350 м и менее применяются переходные кривые, длины которых приведены в табл. 151.

Таблица 151

Радиус круговой кривой, м	50	80	100	125	150	200	250	300	350
Длина переходной кривой, м . .	35	45	50	55	60	70	80	90	95

Если радиусы кривых менее величин, указанных в табл. 151, длину переходной кривой увеличивают пропорционально уменьшению радиуса круговой кривой. Допускается разбивка кривых сопрягающимися переходными кривыми без вставок круговой кривой и без прямой вставки между переходными кривыми смежных закруглений.

Серпантины допускается проектировать при необходимости развить трассу в горных условиях. Геометрические элементы для проектирования дороги на серпантинах в зависимости от расчетных скоростей движения следует принимать согласно табл. 152.

Таблица 152

Наименование элементов серпантин	Величины элементов серпантин при расчетной скорости движения, км/час		
	30	25	20
Наименьший радиус основной кривой, м . .	30	20	15
Поперечный уклон проезжей части на вираже, % . . . . .	60	60	60
Длина переходной кривой, м . . . . .	30	25	20
Уширение проезжей части, м . . . . .	2	2,5	3,0
Наибольший продольный уклон в пределах серпантини, % . . . . .	30	35	40
Расстояние между началом сопрягающих соседних серпантин, м . . . . .	250	100	50

Расстояние между концом сопрягающей кривой одной серпантини и началом сопрягающей кривой другой серпантини должно намечаться при изысканиях возможно большим, но не менее указанного в табл. 152.

Расчетная видимость в плане и профиле должна быть обеспечена не менее указанной в табл. 153.

Таблица 153

Категории дорог	Наименьшая расчетная величина поверхности, м			
	дороги	автомобили	дороги	автомобили
	при преобладающем движении машин грузоподъемностью до 5 т		при преобладающем движении тяжелых машин и машин с прицепом	
I	100	200	75	150
II	75	150	50	100
III	50	100	35	70

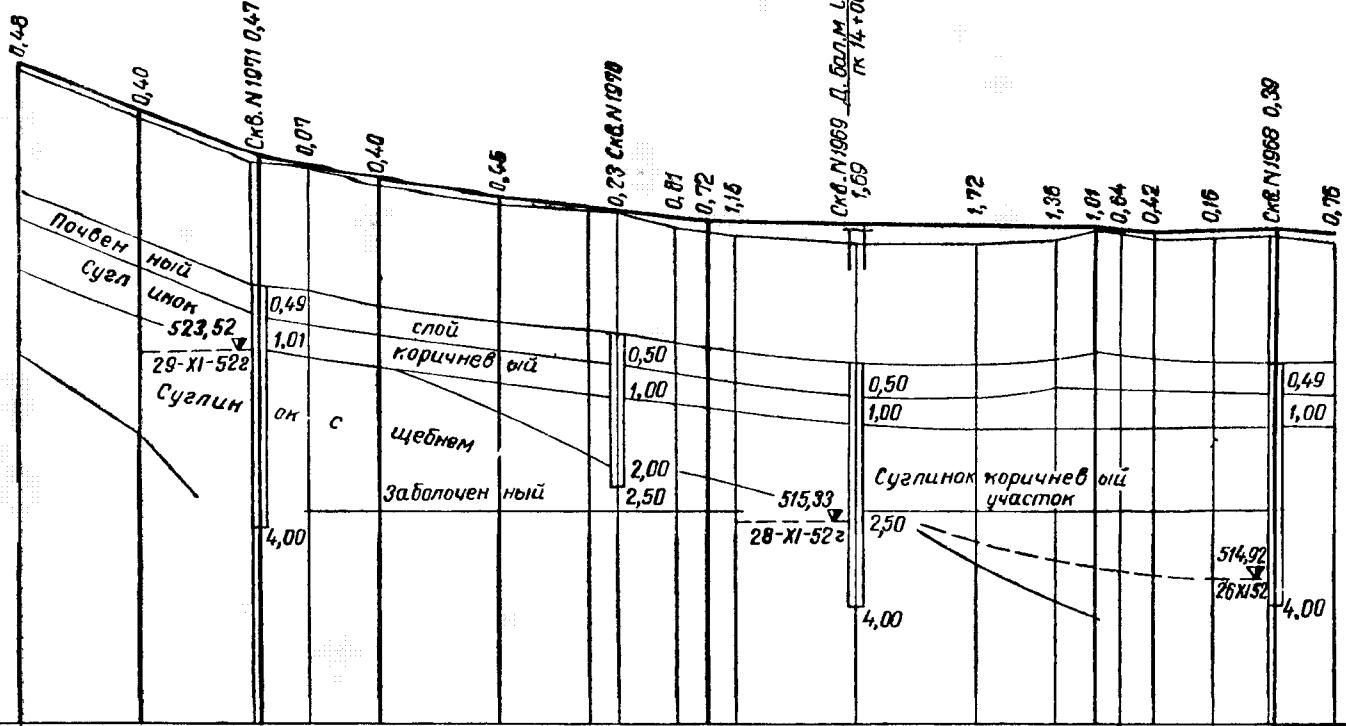
### § 67. Продольный профиль

Продольный профиль составляют в процессе изысканий по основному ходу и отдельно по вариантам; на профиль наносят грунтовой разрез (рис. 79). Продольный профиль проектируется в виде плавной линии, обеспечивающей безопасность движения автомобилей с максимальными скоростями при минимальной стоимости дороги на основании приведенных ниже норм. При необходимости улучшения положения проектной линии на профиле производят перетрасировка дороги, добиваясь уменьшения объемов земляных работ и снижения высоты мостов.

Наибольшие продольные уклоны должны приниматься по нормам табл. 154.

Таблица 154

Категория автомобильных дорог	Величина продольного уклона, %
I	60
II	70
III	90



Отметки бровок существующих дорог													
Тип проезжей части													
Укрепление кюветов	Левого												
	Правого												
Левый кювет	Уклоны	Кювет											
	Отметки												
Правый кювет	Уклоны												
	Отметки	Без кювета											
Нормальный кювет													
		Б/к											
Красные	Уклоны	40	36	20	15	9	12	0	0	22	3	100	
	Отметки	100	100	100	75	75	100	325	50	50	50	100	518,72
Отметки земли	532,60	528,50	524,54	525,00	524,20	521,50	520,82	520,52	519,92	519,62	518,90	518,37	
		528,20	524,53	524,13	523,00	521,05	520,29	519,31	518,47	"	"	518,81	518,82
Расстояния	97	3	40	60	50	50	50	50	50	50	50	517,90	
		50	50	56	56	56	56	56	56	56	56	518,26	518,62
Пикеты	7	8	9	10	1	01	01	01	01	01	01	518,21	
		50	50	56	56	56	56	56	56	56	56	518,42	518,82
План линии	50	50	56	56	56	257	257	257	257	257	257	517,83	
		50	50	56	56	56	56	56	56	56	56	517,96	517,96
Километры	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
		50	50	56	56	56	56	56	56	56	56	56	517,96
Ситуация	Редкий				Заболоченный				луг				
	лиственый лес				с кустарником								

Рис. 79. Образец продольного профиля автомобильной дороги

В случае совпадения наибольших продольных уклонов с кривыми малых радиусов необходимо предусматривать снижение наибольших продольных уклонов на участках кривых с радиусом 50 м и менее на величину, указанную в табл. 155.

Таблица 155

Радиусы кривых, м	50	45	40	35	30	25	20	15
Величина снижения наибольших продольных уклонов против норм, указанных в табл. 154, % . . . . .	10	15	20	25	30	35	40	50

На переломах проектной линии продольного профиля необходимо предусматривать вертикальные кривые, обеспечивающие плавность движения, а также видимость дороги и встречных автомобилей. Наименьшие радиусы вертикальных кривых должны приниматься не менее указанных в табл. 156.

Таблица 156

Условия движения автомобилей	Величина наименьших радиусов (м) при категориях дорог		
	I	II	III
При преимущественном движении машин грузоподъемностью до 5 т:			
радиус вогнутой кривой . . .	1000	500	200
радиус выпуклой кривой . . .	4000	2000	1000
При движении тяжелых машин и машин с прицепами:			
радиус вогнутой кривой . . .	500	200	150
радиус выпуклой кривой . . .	2000	1000	500

### § 68. Земляное полотно

Проектирование положения бровки земляного полотна промышленных автомобильных дорог производят преимущественно по схеме «обертывающей» линии, переходя к схеме «секущей линии» на участках сложного профиля.

При проектировании земляного полотна автомобильных дорог, предварительно выполняемом в процессе изысканий, применяют средние значения высоты насыпи, которые устанавливаются по климатическим зонам, роду грунта и степени накопления влаги в земляном полотне.

Деление территории СССР на климатические зоны приведено в табл. 157.

Таблица 157

Нумерация климати- ческих зон	Границы климатических зон
I	Севернее линии Мончегорск — Пено — Несь — Канс — Слюдянка — Биробиджан — Де-Кастри
II	К югу от границы I зоны до линии Львов — Житомир — Калуга — Горький — Тобольск — Томск и к югу от границы I зоны на участке Биробиджан — Де-Кастри до Государственной границы СССР с Китайской Народной Республикой
III	К югу от границы II зоны до линии Кишинев — Кировоград — Харьков — Куйбышев — Оренбург — Омск — Бийск — Туран
IV	К югу от границы III зоны до границы V зоны
V	К юго-востоку от линии Джурльфа — Степанакерт — Кировабад — Кизляр — Сальск — Сталинград — Уральск и Актюбинск — Тургай — Караганда — Семипалатинск

Графическое изображение деления территории СССР на климатические зоны см. на рис. 80.

При производстве инженерно-геологических исследований в процессе изысканий автомобильных дорог следует тщательно устанавливать категории почвогрунтов и степень их увлажнения грунтовыми водами, а также уровень грунтовых вод и горизонт длительного стояния поверхностных вод на пониженных местах.

Типы местности по характеру и степени увлажнения приведены в табл. 158.

Возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли при затрудненном водоотводе следует устанавливать с учетом грунта и климатической зоны согласно табл. 159.

Возвышение бровки земляного полотна над расчетным уровнем грунтовых вод или над горизонтом длительного стояния поверхностных вод на поймах, болотах и

Таблица 158

Тип местности	Признаки увлажнения
Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен и грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи почвогрунтов
Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года	Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи почвогрунтов
Сырые места с постоянным избыточным увлажнением	Грунтовые воды влияют на увлажнение верхней толщи почвогрунтов независимо от условий поверхностного стока

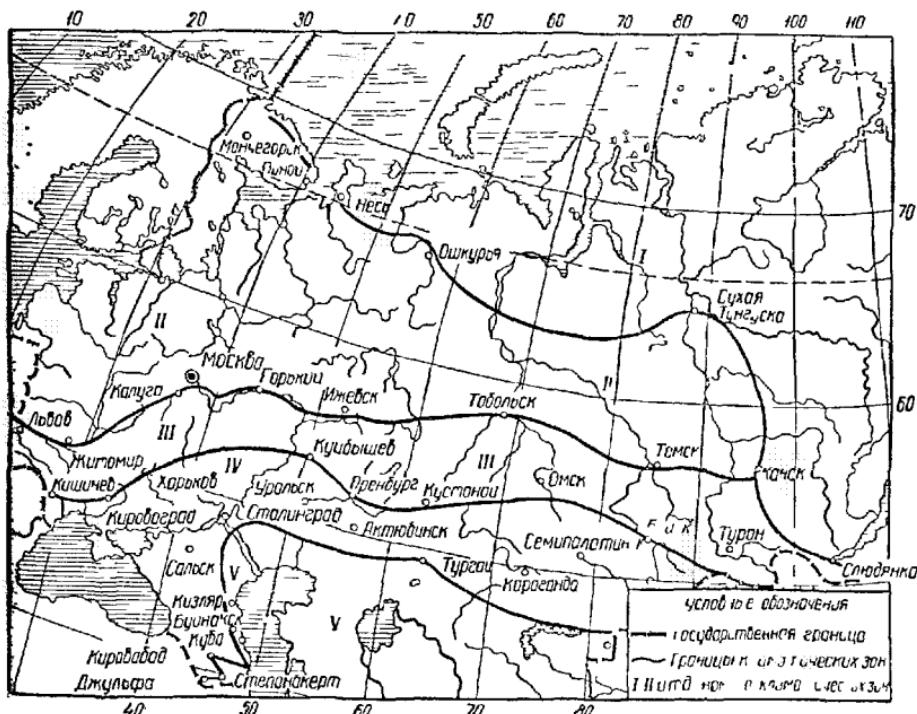


Рис. 80 Деление территории СССР на климатические зоны

пониженных местах рекомендуется принимать не менее, чем указано в табл. 160.

Таблица 159

Грунты земляного полотна	Возышение бровки (м) земляного полотна при затрудненном водоотводе			
	Климатические зоны			
	II	III	IV	V
Крупные и средние пески и оптимальные супеси . . . . .	0,60	0,50	0,40	0,30
Пески мягкие и супеси (не оптимальные) . . . . .	0,70	0,60	0,50	0,40
Пылеватые грунты и легкие суглинки . . . . .	0,90	0,80	0,60	0,50
Тяжелые суглинки и глины . . . . .	0,80	0,70	0,50	0,50

Таблица 160

Грунты земляного полотна	Наименьшее возышение бровки (м) земляного полотна над уровнем грунтовых вод или над горизонтом поверхностных вод			
	Климатические зоны			
	II	III	IV	V
Пески крупные и средние . . . . .	0,8	0,7	0,6	0,5
Пески мелкие и супеси . . . . .	1,3	0,9	0,9	0,8
Пылеватые грунты, пылеватые и легкие суглинки . . . . .	2,0	1,8	1,5	1,4
Тяжелые суглинки и глины . . . . .	2,0	1,5	1,2	1,1

Расчетные горизонты паводка для проектирования земляного полотна принимаются на промышленных автомобильных дорогах I и II категории — повторяемостью 1 раз в 50 лет и на дорогах III категории — 1 раз в 25 лет.

Возвышение бровки насыпей, подтопляемых водой, должно приниматься не менее 0,5 м над расчетным горизонтом воды, а у регуляционных сооружений — не менее чем на 0,25 м выше расчетного горизонта воды, принятого с учетом подпора и уклонов по урезу воды вдоль насыпи.

У малых искусственных сооружений возвышение бровки насыпей принимается не менее 0,50 м над расчетным горизонтом подпёртой воды перед входом в сооружение.

При трассировании дороги на устойчивых горных склонах земляное полотно следует располагать в виде полки, врезанной в косогор, руководствуясь отношением между шириной врезки в косогор и шириной земляного полотна, указанным в табл. 161.

Таблица 161

Средняя крутизна косогора, град.	15	20	25	30	35	>40
Врезка в косогор в процентах от общей ширины земляного полотна . . . . .	45—60	50—65	60—70	70—80	80—100	100

Для проектирования и строительства сети водоотводных и нагорных канав, а также закрытой дренажной сети необходимо произвести: топографическую съемку в масштабе 1 : 5000—1 : 1000 полосы вдоль трассы дороги шириной 100—300 м (в зависимости от возможного положения водоотводных устройств); инженерно-геологическое изучение грунтов; гидрогеологическое исследование грунтовых вод и условий стока поверхностных вод.

Расстояние в плане от бровки кювета автомобильной дороги до подземных трубопроводов должно быть 1,0 м, до надземных трубопроводов горючего газа — 1,5 м.

Габариты автомобильных дорог, прокладываемых под мостами, путепроводами, эстакадами и надземными трубопроводами, должны быть по ширине не менее ширины проезжей части дорог, увеличенной на 0,5 м, а по высоте — не менее 4,5 м (Н112—53).

### § 69. Пересечения дорог

На участках пересечений трасс автомобильных дорог с железными и автомобильными дорогами, трамвайными путями, линиями электропередачи, магистральными газо- и нефтепроводами и другими сооружениями необходимо при производстве изысканий получить: топографическую съемку участка в масштабе 1 : 500 с указанием угла пересечения; продольные профили по осям пересекающихся сооружений; глубину заложения и диаметры подземных коммуникаций; тип и характеристику пересе-

каемых наземных сооружений и воздушных линий; инженерно-геологическую характеристику участка пересечения.

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами должны проектироваться, как правило, в разных уровнях; в одном уровне — с устройством переездов II класса при движении по переезду более 50 000 поездо-экипажей в сутки и III класса — более 10 000 поездо-экипажей в сутки; в остальных случаях должны предусматриваться, как правило, неохраняемые, а в отдельных случаях охраняемые переезды IV категории (по классификации Министерства путей сообщения).

Угол пересечения дорог в одном уровне должен быть равен  $90^\circ$ , но не менее  $45^\circ$ ; пересечения в разных уровнях следует устраивать, как правило, под прямым углом, а косые — под углом  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$ .

Радиусы кривых по кромке проезжей части на съездах и выездах дорог I—II категорий, а также при непосредственном пересечении дорог I—III категорий под прямым углом принимаются по высшей категории пересекающихся дорог.

При I категории дорог радиусы кривых принимаются равными 13 м, при II категории 10 м, и при III категории 8 м.

При косых пересечениях величины минимальных радиусов кривых, соответствующие острым углам, разрешается уменьшать с таким расчетом, чтобы величины тангенсов на этих кривых были не менее тангенсов на прямых пересечениях соответствующей категории дорог при величине радиусов, указанных выше.

Пересечение малых водотоков автомобильными дорогами может быть допущено на кривой.

## § 70. Инженерно-геологические исследования

Автомобильные дороги, отличающиеся низкой и широкой насыпью, требуют интенсивного осушения земляного полотна и прилегающей полосы, поэтому инженерно-геологические условия изучают вдоль трассы по ширине в пределах 200—500 м.

На стадии рекогносцировочных изысканий производят инженерно-геологическую съемку в масштабе

1 : 10 000—1 : 5000 с подробным описанием полосы вдоль трассы.

Кроме того, для суждения о дорожно-грунтовых условиях района обследуют существующие грунтовые и улучшенные дороги в отношении опыта их строительства и эксплуатации.

На стадии подробных изысканий выполняются: проходка разведочных выработок (буровых скважин и шурfov) в количестве не менее 2—3 на 1 км трассы, глубиной не менее чем на 0,5—1 м ниже глубины сезонного промерзания грунтов, со вскрытием ими грунтовых вод при близком залегании; детальное изучение мест перехода водотоков; разведка притрассовых месторождений дорожностроительных материалов и мест заложения грунтовых резервов.

Классификация грунтов по гранулометрическому составу, применяемая при проектировании автомобильных дорог, приведена в табл. 162.

Таблица 162

Наименование грунтов	Содержание частиц по весу, %		
	песчаных	пылеватых	глинистых
Песчаный . . . . .	—	<15	<3
Песчаный пылеватый . . .	—	15—20	<3
Супесчаный . . . . .	Частиц 2,0—0,25 >50% Частиц 2,0—0,25 <50%	Меньше, чем песча- ных То же	3—12
Супесчаный мелкий . . . . .	—	Больше, чем песчаных	3—12
Пылеватый . . . . .	Больше чем пыле- ватых	—	12
Суглинистый . . . . .	To же	—	12—18
Тяжело суглинистый . . .	—	—	18—25
Суглинистый пылеватый . .	Любое	Больше, чем песчаных	12—25
Глинистый . . . . .	Любое	Любое	>25

### § 71. Точность геодезических работ

Точность геодезических работ при изысканиях автомобильных дорог должна удовлетворять требованиям табл. 163.

Таблица 163

Виды невязок	Величина или формула невязки		Принятые обозначения
	рекогнози-ровочные изыскания	подробные изыскания	
Угловая невязка теодолитного хода между опорными пунктами, миль . . .	$\pm 3t\sqrt{n}$	$\pm 1,5t\sqrt{n}$	$t$ — точность верньера, мин $n$ — число стоянок теодолита
Относительная линейная невязка хода при измерении лентой:			
равнинная местность . . . . .	1 : 1000	1 : 2000	
пересеченная и горная местность . . . . .	1 : 500	1 : 1000	

Невязка нивелировок не должна превышать величины, получаемой по формуле

$$\Delta h = a\sqrt{L} + bL, \text{ мм}, \quad (200)$$

где  $L$  — длина хода, км,  
 $a$  и  $b$  — коэффициенты.

При одиночном нивелировании между реперами и при замкнутом ходе в равнинной местности  $a=10$ ,  $b=1$ ; в пересеченной и горной местности  $a=10$ ,  $b=2$ . При двойном нивелировании в равнинной местности  $a=15$ ,  $b=0$ ; в пересеченной и горной местности  $a=30$ ,  $b=0$ .

Места установки реперов по трассе выбираются согласно табл. 148 с расстояниями между ними не менее: в равнинной и слaboхолмистой местности 2 км; в гористой местности 1 км.

#### ЛИТЕРАТУРА

Бабков В. Ф., Волков А. Я., Гербурт-Гейбович А. В., Замахаев М. С. Автомобильные дороги. Автотрансиздат, 1953.  
Кудрявцев М. Н. Проектирование автомобильных дорог. Автотрансиздат, 1954.

Нормы и технические условия проектирования автомобильных дорог промышленных предприятий. НИТУ 101—56. Госстрой, 1956.

Общие правила производства изысканий автомобильных дорог. Дориздат, 1950.

Справочник техника дорожника. Дориздат, 1953.

Строительные нормы и правила ч. II, д. 5, Госстрой, 1954.

## ГЛАВА XI

# ИЗЫСКАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

### § 72. Стадии изысканий и технические условия

Изыскания воздушных линий электропередачи производятся в две стадии. Предварительные изыскания производятся для проектного задания, а технические (окончательные) изыскания для стадии технического проекта и рабочих чертежей.

При наличии планов масштабов 1 : 50 000 и более крупных трассы линий электропередачи в первой стадии проектируются по планам. Поэтому полевые работы на стадии предварительных изысканий ограничиваются обследованием в натуре вариантов, намеченных камерально, с выполнением инструментальных работ только на сложных участках.

Окончательные изыскания производятся по всему протяжению линии по варианту, принятому в утвержденном проектном задании.

Нормы технических условий, обязательных для руководства при изысканиях воздушных линий электропередачи, приведены в Правилах устройства электротехнических установок Министерства электростанций 1948 г.

Общие положения по трассированию линий электропередачи в отношении топографо-геодезических работ изложены в Инструкции по изысканиям воздушных линий электропередачи (И-15—51) Министерства электростанций. В настоящем справочнике приведены правила, относящиеся к воздушным линиям напряжением свыше 1000

и до 1000 в, выполненным голыми проводами, имеющим пролет между опорами более 25 м.

### § 73. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 в

Классы воздушных линий электропередачи указаны в табл. 164.

Таблица 164

Класс воздушных линий	Характеристика	
	Номинальное напряжение между проводами одной цепи, кв	Категория потребителя электроэнергии
I	Свыше 35 кв 35 кв	Независимо от категории I и II категорий
II	35 кв Свыше 1 кв до 20 кв	III категории Независимо от категории
III	1 кв и ниже	То же

Расстояния от проводов воздушной линии до поверхности земли и воды при наибольшем провисании проводов должны быть не меньше величин, приведенных в табл. 165.

Таблица 165

Характеристика районов прохождения линий	Расстояния между проводами и поверхностью земли (в м) при номинальном напряжении линии, кв			
	1—20	35—110	154	220
Ненаселенная местность . . . . .	6	6	6,5	7
Несудоходные и несплавные реки и озера—от уровня льда зимой . . .	5,5	6	6,5	7
Несудоходные и несплавные реки и озера—от уровня высоких вод (при расчетной температуре воздуха +15°)	3	3	3,5	4
Районы с очень малой плотностью населения, труднодоступные для транспорта, тундры, крутые склоны гор и т. п.) . . . . .	4,5	5	5,5	6

Допускаемые приближения отклоненных проводов воздушной линии к выступающим предметам даны в табл. 166.

Таблица 166

Характеристика районов прохождения линий	Расстояние "между отклоненными проводами и выступающими предметами" (м) при номинальном напряжении линии, кв			
	1—20	35—110	154	220
Склоны гор, доступные пешеходному движению . . . . .	4,5	5	5,5	6
Склоны гор, не доступные пешеходному движению, скалы, крутые утесы . . .	1,5	3	3,5	4

Прилегающие к застроенным местностям огороды, сады, местности с единичными, редко стоящими строениями рассматриваются как «ненаселенные местности».

Особые требования к устройству воздушных линий при пересечении ими различных объектов и при прохождении их на особых участках трасс приведены в табл. 167, 168, 169, 170.

Трассирование линий электропередачи производится с учетом средней длины промежуточных пролетов, указанной в табл. 171.

Величину углов поворота при трассировании линий принимают в соответствии с величиной углов, для которых разработаны типовые чертежи железобетонных и металлических угловых, промежуточных и анкерных опор (табл. 172).

В стесненных условиях (на застроенных территориях и пересечениях с дорогами, при частых поворотах) протяжение коротких участков между угловыми опорами должно быть не более 65—75 м.

При прохождении воздушных линий по лесным массивам ширина просеки должна быть не менее приведенной в табл. 173.

При прохождении воздушной линии по паркам и заповедникам ширина просеки может быть по согласованию с заинтересованными организациями уменьшена; при

Таблица №7

Напряжение объектов пользования	Желание другого изыскателя в зоне Карен		Дороги электрифицир- ованного транспорта	
	Населенные мест- ности и города, или природные объекты, не в данной таблице	общего использования	железн. пользования	до несущего пров.
Напряжение расстояния (км) то вертикаль при недопущении проек- ции проходов	до упоряд. земли	до головки рельса	до габарита приближения столбов	до несущего провеса, а при отсутствии постро- нного до контактного проводов, к
БОЛЕВЫЕ ЛИНИИ С НОРМАЛЬ- НЫМ ЧАГЛЮЩЕНИЕМ от 1 до				
20 кВ . . . . .	7,0	7,5	15	2
10 кВ, 35—110 кВ . . . . .	7,0	7,5	25	3
10 кВ, 154 кВ . . . . .	7,5	8,0	25	4
(1 кВ, 220 кВ . . . . .	8,0	8,5	25	4

Продолжение табл. 157

Показатели	Наименование объектов	Населенные местности и территории промышленных предприятий	Железные дороги нормальной и узкой колеи		Дороги электрифицированного транспорта
			общего пользования	из общего пользования	
Наименьшие расстояния ( $m$ ) по горизонтали:					
воздушные линии с nominalным напряжением 1–20 кВ		От стоечий до крайнего провода при наибольшем его отклонении			От любой части опоры до габарита приближения строений не менее 3 м. От основания опоры до ближайшего рельса при следовании ВЛ параллельно путям электрифицированного и железнодорожного транспорта — высота наивысшей опоры на данном участке трассы плюс 3 м
то же, 35–110 кВ . . . . .			2,0		
то же, 154 кВ . . . . .			4,0		
то же, 220 кВ . . . . .			5,0		
то же, 6,0					
Угол пересечения воздушных линий с другими объектами		При пересечении улиц не менее $45^\circ$ ; допускается уменьшение этого угла, когда сами улицы пересекаются под углом меньше $45^\circ$		С осями железных дорог или путями электрифицированного транспорта;	
				$90^\circ$ , но не менее $45^\circ$	$90^\circ$ , но не менее $45^\circ$
				не $45^\circ$	не $30^\circ$

Таблица 168

Показатели Назначение объектов	Автогужевые дороги		Судоходные или сплавные реки и каналы
	категории I с усовершенствован- ными и капитальными типами покрытий	категории II с покрытиями переходных типов и все прочие	
Наименьшие расстояния (м) по вертикали при наибольшем пролегании проводов:			
воздушные линии с но- минальным напряже- нием 1—20 кв . . . .	До полотна дороги	До полотна дороги	До габарита судна при горизонте найвышего паводка, до края поля вблизи расположения неразводного моста, если расстояния до проводов при пересечении определяются этим критерием, а также до наибольше ых высоких мачт судов при найвышем судоходном горизонте, м
то же, 35—110 кв . . . .	7,0	7,0	1,5
то же, 154 кв . . . . .	7,0	7,0	2,0
то же, 220 кв . . . . .	7,5	7,5	2,5
воздушные линии с но- минальным напряже- нием 1—20 кв . . . .	8,0	8,0	3,0
то же, 35—110 кв . . . .			До поверхности самой высокой воды 6,0
то же, 154 кв . . . . .			6,0
то же, 220 кв . . . . .			6,5
			7,0

Наименьшие расстояния (м) по горизонтали:	От любой части опоры до подошвы насыпи или до наружной бровки кювета		Минимально допускаемые расстояния от крайнего провода воздушной линии, идущей параллельно водному пути, имеющему бечевник, до верхней бровки откоса разрешается принимать равным высоте наиболее высокой опоры на данном участке
воздушные линии с нормальным напряжением 1—20 кв . . .	3,0		1,5
то же, 35—110 кв . . .	5,0		2,5
то же, 154 кв . . . .	5,0		2,5
то же, 220 кв . . . .	5,0		2,5
При параллельном следовании воздушных линий с автогужевыми дорогами минимальное расстояние от основания опоры до полотна дороги принимается равным высоте наиболее высокой опоры на данном участке			
Угол пересечения воздушных линий с другими объектами	С осями автогужевых дорог: 90°, но не менее 45°		90°, но не менее 30° Судоходные реки и каналы — не менее 45°; сплавные реки и каналы (не судоходные) — не менее 30°

Таблица 169

Показатели	Наименование объектов	Воздушные линии	Линии связи
Наименьшие расстояния по вертикали при наибольшем проекции проводов		При пересечении воздушных линий между собой и с линиями связи — согласно РУ по защите от перенапряжений На линиях с подвесными изолиторами при проверках габаритов на обрывы проводов в соседних пролетах минимальные расстояния между проводами пересекающихся линий должны быть не менее: при напряжении до 110 кв — 1 м, 154 кв — 1,5 м и 220 кв — 2 м	
Наименьшее расстояние по горизонтали		При параллельном следовании воздушных линий между собой и с линиями связи расстояние между осями линий должно быть не менее высоты наиболее высоком опоры На участках стесненной трассы расстояния между крайними проводами должны быть не менее: при напряжении 1—20 кв — 2,5 м то же, 35 кв — 4,0 м то же, 110 кв — 5,0 м то же, 154 кв — 6,0 м то же, 220 кв — 7,0 м	На участках стесненной трассы минимальные расстояния между проводами воздушных линий и линий связи определяются выявлением воздушных линий на линии связи, но не должны быть меньше расстояний, указанных для воздушных линий
Угол пересечения воздушных линий с другими объектами		90°, но не менее 45° (пересечение линий класса I между собой); 90° но не менее 30° (пересечение линий класса I линий класса II и последних между собой)	90°, но не менее 45° (для линий связи класса I), 90°, но не менее 45° при напряжении 35—110 кв и 30° при напряжении 1—20 кв (для линий связи классов II и III)

Таблица 170

Показатели	Наименование объектов	Трубопроводы особого назначения*		Канатные дороги
		при прохождении воздушной линии над трубопроводом	при прохождении воздушной линии под трубопроводом	
Наименьшие расстояния (м) по вертикале:				
воздушные линии с nominalным напряжением				
1—20 кВ . . . . .	3,0	3,0		2,0
то же, 35—110 кВ . .	4,0	Не допускается		3,0
то же, 154 кВ . . . . .	4,5	То же		3,5
то же, 220 кВ . . . . .	5,0	,		4,0
Наименьшие расстояния по горизонтали		При параллельном следовании ВЛ с трубопроводами особого назначения или канатными дорогами расстояния между осью ВЛ и габаритными очертаниями трубопровода или ближайшим к линии канатом дороги должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры на участке обближения. На участках стесненной трассы расстояния в плане от любых частей трубопровода и канатной дороги до проводов ВЛ при наибольшем отклонении допускается принимать равным расстоянию по вертикали		
Углы пересечения воздушных линий с другими объектами		90°, но не менее 45°		

\* К трубопроводам особого назначения относятся такие надземные трубопроводы, которые при падении на них проводов воздушных линий могут явиться источником взрыва или пожара.

Таблица 171

Напряжение, кв	Средняя длина пролетов, м
6	50—100
35	50—250
110	200—350

Таблица 172

Напряжение, кв	Величина углов (град.) при	
	промежуточных угловых опорах	анкерных угловых опорах
6	от 0 до 60	от 0 до 90
35	—	» 0 » 30
35	—	» 30 » 60
35	—	» 60 » 90

Таблица 173

Высота леса или насаждений	Класс воздушных линий		Примечание
	I	II	
Не выше 4 м	$D + 8$	$D + 6$	$D$ — длина траверсы, м
Выше 4 м	$D + 2H$	$D + H$ , но не менее, чем $D + 6$	$H$ — наибольшая высота деревьев на границе просеки, м

этом расстояния от крайних проводов при их максимальном отклонении до кроны деревьев должны быть не менее:

при напряжении 1—20 кв . . . . .	3 м
»       »      35—110 » . . . . .	4 »
»       »      154—220 » . . . . .	5 »

При прохождении воздушной линии по фруктовым садам вырубка просеки является обязательной.

Минимальные расстояния от воздушной линии до границ аэродромов всех классов и назначений должны быть не менее 4 км; снижение указанных расстояний разрешается в каждом отдельном случае по согласованию с организациями, в ведении которых находится аэродром.

### § 74. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 в

При наибольшем провисании провода расстояние от любой точки провода до поверхности земли должно быть не меньше значений, приведенных в табл. 174.

Таблица 174

Характеристика района	Расстояние, м
Населенные местности . . . . .	6
Ненаселенные местности . . . . .	5
Районы с очень малой плотностью населения, труднодоступные для человека и транспорта	4

Угол пересечения улиц должен быть не менее  $45^{\circ}$ , уменьшение угла допускается в случаях, когда сами улицы пересекаются под углом менее  $45^{\circ}$ .

Наименьшие расстояния по горизонтали от крайнего провода воздушной линии при наибольшем его отклонении до строений, проводов рядом идущей воздушной линии, линий связи и других объектов приведены в табл. 175.

Таблица 175

Наименование объектов	Расстояние, м
Строения:	
балконы, террасы, окна . . . . .	1,5
глухая стена . . . . .	1,0
Верхняя бровка откоса водного пути, имеющего бечевник, при параллельном следовании воздушной линии . . . . .	
Ближайший канат канатной дороги при параллельном следовании воздушной линии:	Принимается равным высоте опоры

Продолжение табл. 175

Наименование объектов	Расстояние, м
на свободных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,0
на стесненных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,5
Крайний провод линии связи и воздушной линии:	
на свободных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,5
на стесненных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,5
Габаритное очертание трубопровода при параллельном следовании воздушных линий:	
на свободных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,5
на стесненных участках трассы . . . . .	Принимается равным высоте опоры 1,5
Склоны гор, доступные пешеходному движению . . . . .	4,0
Склоны гор, не доступные пешеходному движению, скалы, утесы, а также постоянные и временные сооружения на плотинах и дамбах . . . . .	1,0

Наименьшие расстояния по горизонтали от любой части опоры до различных объектов приведены в табл. 176.

Таблица 176

Наименование объектов	Расстояние, м
Подземные водопроводные, газопроводные, канализационные линии, а также верхняя бровка кювета . . . . .	1,0
Пожарные гидранты, колодцы (люки) подземной канализации; водоразборные колонки и постоянные питьевые колодцы для скота . . . . .	2,0
Бензиновые колонки и надземные трубопроводы . . . . .	5,0
Габарит подвижного состава неэлектрифицированной железной дороги . . . . .	3,0
Габарит подвижного состава электрифицированной железной дороги . . . . .	5,0

Продолжение табл. 176

Наименование объектов	Расстояние, м
Ближайший рельс при параллельном следовании к путям неэлектрифицированной и электрифицированной железной дороги . . . . .	Принимается равным высоте наиболее высокой опоры на данном участке + 3 м
Полотно автогужевых дорог при параллельном следовании (подошва насыпи или наружная бровка кювета): на свободных участках трассы . . .	Принимается равным высоте наиболее высокой опоры на данном участке
на стесненных участках трассы: I категория . . . . .	2,0
II » . . . . .	1,5
Аэропорты . . . . .	Не более 4 км

При прохождении воздушной линии по лесным массивам вырубка просеки необязательна; вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при их максимальном провисании или отклонении до вершин деревьев должны быть не менее 1 м.

При пересечении воздушных линий различными объектами соблюдаются условия, приведенные в табл. 177.

Таблица 177

Наименование объекта	Наименьшие расстояния по вертикали при наибольшем провисании провода, м	Наименьший угол пересечения
Железные дороги нормальной и узкой колеи общего и необщего пользования: до головки рельса . . . до габарита приближения строений . . .	7,1 1,0	Для дорог общего пользования $90^\circ$ , но не менее $45^\circ$ ; для дорог необщего пользования $90^\circ$ , но не менее $30^\circ$
Дороги электрифицированного транспорта	Назначается по согласованию с управлением дороги	$90^\circ$ , но не менее $45^\circ$

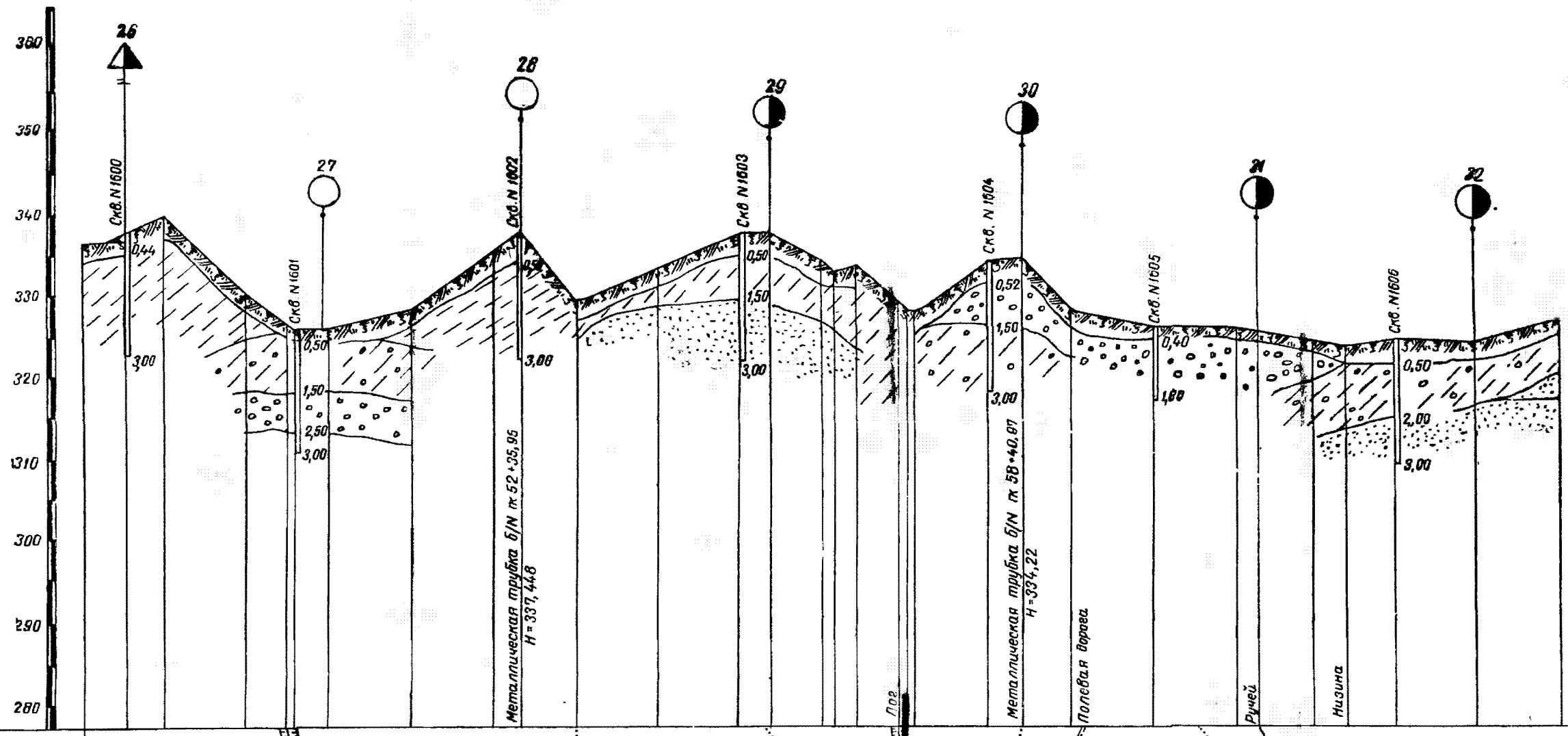
Продолжение табл. 177

Наименование объекта	Наименьшие расстояния по вертикали при наибольшем провисании провода, м	Наименьший угол пересечения
Судоходные, сплавные, незамерзающие реки и каналы	5,0	90°, но не менее 45°
Судоходные, сплавные, замерзающие реки и каналы	1,0 от наиболее высокой мачты судна при высшем уровне воды	90°, но не менее 30°
Несудоходные, несплавные, замерзающие реки и каналы . . . . .	5,0 от уровня льда зимой	Не регламентируется
Автогужевые дороги I категории . . . . .	6,0	90°, но не менее 45°
Автогужевые дороги II категории . . . . .	6,0	90°, но не менее 30°
Канатные дороги (при прохождении под или над канатной дорогой) . . . . .	1,0	90°, но не менее 45°
Воздушные линии напряжением до 1000 в . . . . .	2,0	Не нормируется
Линия связи I класса . . . . .	1,25	90°, но не менее 45°
Линия связи II и III классов . . . . .	1,25	90°, но не менее 30°
Трубопроводы особого назначения:		
при прохождении над трубопроводом . . .	3,0	
при прохождении под трубопроводом . . .	1,5	90°, но не менее 45°

### § 75. Основные изыскательские работы

В состав работ инженерных изысканий входят: инженерные топографо-геодезические работы по трассированию линий, съемки пересечений, плановые съемки подходов к переходам; инженерно-геологические работы по разведке грунтов из расчета две-четыре выработки на 1 км трассы, взятие проб грунтовой воды, взятие образцов и монолитов грунта, лабораторные работы; камеральная обработка и составление отчета.

Образец продольного профиля линии электропередачи приведен на рис. 81.



Ситуация	Выгон	Выгон	Пашня	Выгон	Лес	Выгон	Лес
	Выгон	Выгон	Пашня	Выгон	лиственый	Выгон	лиственый
Отметки земли	337,72 339,49	330,02 326,76 326,06	328,06	333,47 337,44	337,15 332,77 332,71 332,25	329,74 327,43	325,81 324,81 323,21 324,70
Расстояния	54 48 48 72 40 50	2 3 4 5 6 7	333,22 337,15 332,77 332,71 332,25	62 13 17 27 33 38	90 41 334,22 59 327,98	327,73 60	1 2 3 4 5
Пикеты	337,72 48,24 8 9,7 67,3 50	2 3 4 5 6 7	333,22 337,15 332,77 332,71 332,25	62 13 17 27 33 38	90 41 334,22 59 327,98	327,73 60	1 2 3 4 5
Углы и прямые	48°48'						
Ув. Р	14						
Номера и тип опор	26 ЧСТ-60	27 ПТ <sub>2</sub>	28 ПТ <sub>2</sub>	29 ПСТ <sub>2</sub>	30 ПСТ <sub>2</sub>	31 ПСТ <sub>2</sub>	32 ПСТ <sub>2</sub>
Пикеты опор	47+53,78	49+95	52+98	55+38	68+41	61+36	64+00
Пролеты в метрах	241,24	241	302	303	295	284	

Рис. 81. Образец продольного профиля линии электропередачи

При изысканиях воздушных и кабельных переходов линий электропередачи через водоемы выполняются работы, указанные в табл. 178 для средних условий.

Таблица 178

Наименование работ	Масштаб	Ширина полосы съемки, м	Буровые скважины и шурфы	
			глубина до, м	количество
<i>Топографические работы</i>				
Съемка плана берегов с сечением рельефа горизонтальными через 0,5 м . . . . .	1 : 1000	100	—	—
Составление детального профиля перехода . . . . .	(г-1 : 1000 в-1 : 100)	— —	— —	— —
<i>Инженерно-геологические работы</i>				
Бурение скважин диаметром 127 мм:				
под каждую переходную опору . . . . .	—	—	15	4
под смежные опоры . . . . .	—	—	8	2
для изучения берегов . . . . .	—	—	10	6—12
Проходка контрольных шурфов . . . . .	—	—	5	2
Отбор проб воды . . . . .	—	—	—	4
Отбор монолитов грунта . . . . .	—	—	—	8—10
<i>Инженерно-гидрологические работы</i>				
Сituационная инструментальная съемка:				
рек шириной до 100 м . . . . .	1 : 2000	300	—	—
рек шириной более 100 м . . . . .	1 : 5000	500—1000	—	—
Организация временных водопостов и гидростворов для проведения гидрометрических наблюдений над весенним паводком				

При исследовании мест установки железобетонных и металлических опор необходимо выяснить степень агрессивности грунтовых вод при их воздействии на бетон фундаментов.

В задании на производство изысканий должны быть указаны: напряжение и класс линии электропередачи;

материал фундаментов и опор; высота и площади опэр; величина расчетного и анкерного пролетов и анкерованного участка; минимальные расстояния между линиями электропередачи; допускаемый угол поворота на анкерной опоре; планы подстанций с указанием вводов и выводов линии электропередачи и положением порталных опор.

### § 76. Точность геодезических работ

Точность геодезических работ при окончательных изысканиях линий электропередачи должна удовлетворять табл. 179, составленной по Инструкции МЭС И-15—51.

Таблица 179

Невязки	Величина или формула невязки	Принятые обозначения
Угловая невязка, мин. . . . .	$1,5t \sqrt{n}$	$t$ — точность верньера; $n$ — число углов хода
Линейная невязка:		
при измерении лентой . . . . .	$1 : 1000$	
при измерении дальномером . . . . .	$1 : 300$	
Высотная невязка двух ходов, проложенных в одном направлении, <i>мм</i> . . . . .	$\pm 40 \sqrt{L}$ (при геометрическом нивелировании)	$L$ — длина хода, <i>км</i> ;
То же, на привязках, <i>мм</i>	$\pm k \sqrt{LD}$ (при геодезическом нивелировании)	$D$ — средняя длина линии; $k$ — коэффициент, принимаемый при угле наклона менее $5^\circ$ равным 0,4, от $5^\circ$ до $7^\circ$ — 0,6 и более $7^\circ$ — 0,8 <i>м/км</i>

Места установки постоянных реперов приурочиваются к пересечениям трассы с дорогами, широкими реками, а также к началу и концу трассы; расстояния между реперами принимаются не реже: в населенных местностях — 5 *км*, в малонаселенных — 10 *км*.

**ЛИТЕРАТУРА**

Инструкция по изысканиям воздушных линий электропередачи. И-15—51, Госэнергоиздат, 1952.

Правила устройства электротехнических установок. Министерство электростанций. Госэнергоиздат, 1948.

Правила устройства линий электропередачи (ВЛ) при пересечении и сближении с воздушными линиями связи и сигнализации. Госэнергоиздат, 1956.

---

## ГЛАВА XII

### ПОДЗЕМНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

#### § 77. Водопроводы

Изыскания подземных сетей выполняются в две стадии — предварительные для проектного задания и окончательные для рабочих чертежей. При наличии планов в горизонталях масштаба 1 : 5000, несложном рельефе и достаточной изученности района в инженерно-геологическом отношении взамен предварительных изысканий на стадии проектного задания допускается камеральное трассирование.

Магистрали водопроводной сети должны быть проложены по возможности на возвышенных местах, чтобы по трубам сети второго порядка вода текла вниз самотеком.

В зависимости от рельефа местности водопроводы устраиваются однозонные, двухзонные и многозонные; двухзонные и многозонные устраиваются при резко выраженным рельефе, когда нерационально всю воду подавать под большим напором. Зональная система считается рациональной при разности высотных отметок порядка 40—50 м.

Продольный профиль водопроводной линии следует рельефу местности с учетом возможности опорожнения отдельных участков сети и выпуска воздуха посредством вантузов, устраиваемых на перегибах линии, обращенных выпуклостью вверх (рис. 82). Для сокращения количества вантузов и выпускников напорные водоводы трассируются с обходом возвышенностей и логов и пересечением их на коротких участках. Минимальный уклон труб водопро-

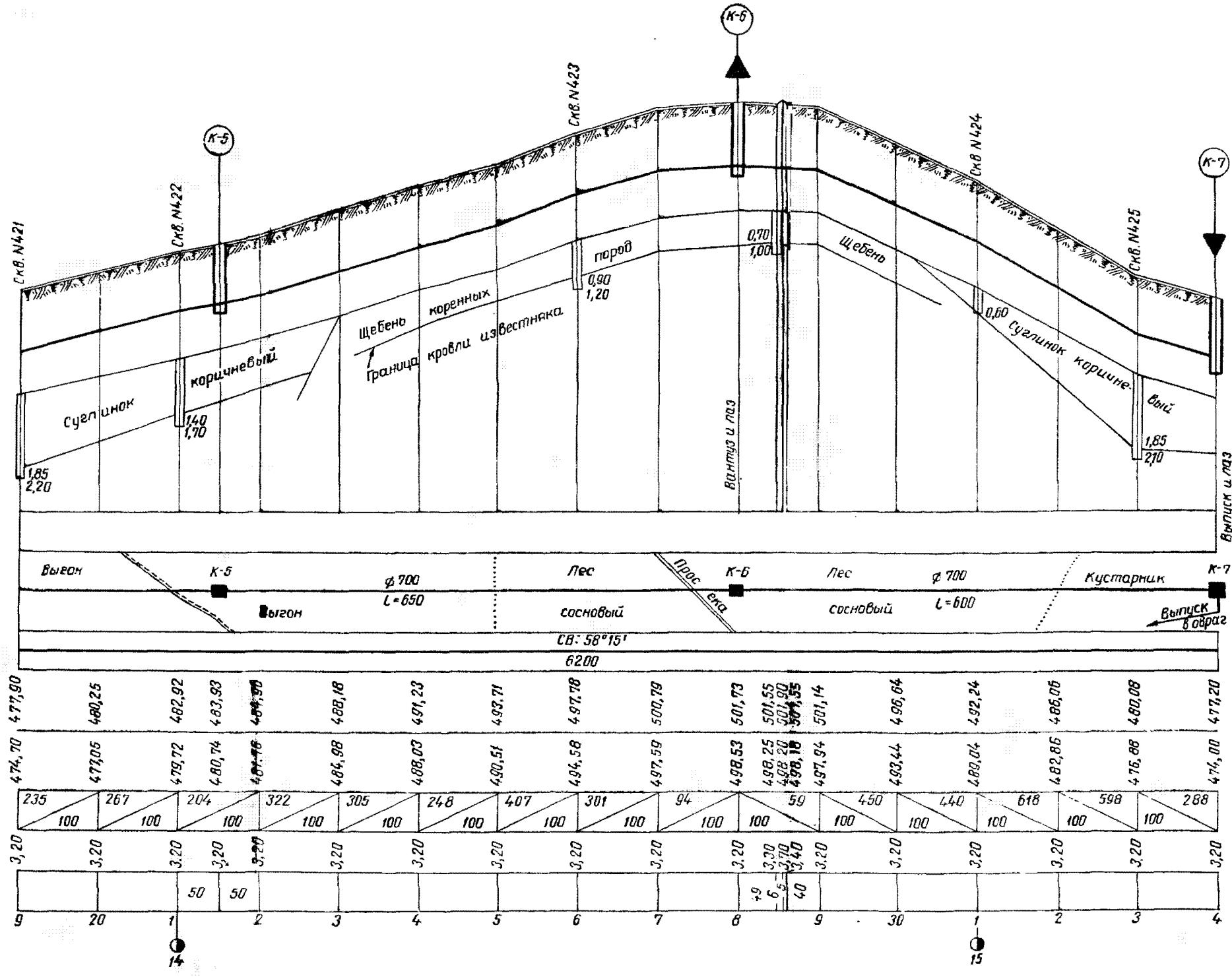


Рис. 82. Образец продольного профиля водовода

проводной сети, необходимый для ее опорожнения, должен быть не менее 0,001.

Величина продольного уклона магистральных водопроводных труб, поскольку вода в них движется под напором, практического значения не имеет.

Углы поворота трасс трубопроводов принимают равными 10, 15, 30, 45 и 90°, обеспечивая применение стандартных фасонных соединений труб; в задании на изыскания должны быть указаны величины углов поворота, диаметры труб и величины продольных уклонов.

На застроенных участках водоводы и другие подземные инженерные сети трассируют, как правило, вдоль дорог и проездов.

При параллельной прокладке расстояния в плане от водоводов до сети канализации, теплопроводов и других сооружений должны быть не менее указанных в табл. 180

Таблица 180

Наименование сетей и сооружений	Минимальное расстояние от водоводов м
Сеть канализации при динамике труб	
≤ 200 мм . . . . .	2*
> 200 мм . . . . .	3**
Теплопровод . . . . .	1,5—2
Железнодорожные пути	
ось дороги . . . . .	4
ближайший рельс . . . . .	3
бровка кювета или подошва насыпи . . . . .	2
бровка выемки . . . . .	5
ось крайнего станционного пути . . . . .	10
Автомобильные дороги	
бордюрный камень . . . . .	1,5
бровка кювета или подошва насыпи . . . . .	1—2
Газопроводы горючих газов:	
низкого давления . . . . .	1
среднего » . . . . .	1,5
высокого » . . . . .	2
Параллельные трубопроводы, укладываемые в отдельных траншеях (от оси) . . . . .	10
Линия застройки зданий . . . . .	5

\* Допускается уменьшение до 1 м при замене водопроводной чугунной трубы стальной или канализационной керамикой — чугунной.

\*\* То же, до 2 м.

При пересечении водопровода с канализационной сетью водопровод укладывают на 0,5 м выше труб канализации.

Пересечения водопроводов с дорогами устраивают на участках нулевых работ или низких насыпей под углами, близкими к 90°; в случае необходимости устройства какого пересечения угол его не может быть менее 45°.

Переходы водотоков и оврагов осуществляют под прямыми углами при помощи эстакад над руслами или дюкеров под руслами.

### § 78. Канализация

Канализационную сеть в основном проектируют самотечной, применяя в необходимых случаях перекачки. Напорные канализационные системы применяются редко.

Самотечные канализационные коллекторы и сети ливневой канализации трассируют в соответствии с условиями рельефа местности, руководствуясь продольными уклонами, приведенными в табл. 181.

Уклоны труб, каналов и лотков для загрязненных стоков устанавливаются из условий препятствия выпадению из них взвесей также согласно табл. 181.

Таблица 181

Диаметр труб, мм	Хозяйственная канализация		Ливневая канализация (минимальные уклоны)
	уклон при обычных условиях	уклон при исключительных условиях	
125	0,01	0,008	—
150	0,007	0,006	—
200	0,005	0,004	—
250	0,004	0,003	0,004
300	0,003	0,0025	0,003
350	0,0025	0,002	0,0025
400	0,002	0,0015	0,002
450	0,0016	0,0012	0,0018
500	0,0013	0,0011	0,0015
550	0,0012	—	—
600	0,0011	—	0,0012
700	0,001	—	0,001
750—800	0,0008	—	0,0008
850—900	0,0007	—	0,0007
950—1000	0,0006	—	0,0007
1100	0,0006	—	—
1250 и более	0,0005	—	—

Для фекальной канализации предельно-минимальный уклон должен быть 0,0020.

Расстояния в плане от канализационных сетей до зданий, дорог, а также других сетей должны быть не менее указанных в табл. 182.

Таблица 182

Наименование ближайших сетей и сооружений	Минимальные расстояния от сети канализации, м
<i>При параллельной прокладке</i>	
Железная дорога нормальной колеи (от оси) . . . . .	4
Автомобильная дорога:	
от бордюрного камня . . . . .	1,5
от бровки кювета или подошвы насыпи дороги . .	1
Газопроводы горючих газов:	
низкого давления . . . . .	1
среднего давления . . . . .	1,5
высокого давления . . . . .	2
Хозяйственно-питьевые водопроводы при диаметре водопроводных труб:	
до 200 мм . . . . .	1,5
> 200 мм . . . . .	3
Хозяйственно-питьевые водопроводы в фильтрующих грунтах . . . . .	5
<i>При пересечении</i>	
Железная дорога нормальной колеи (от подошвы рельса до верха трубы) . . . . .	1
Автомобильная дорога (от дна корыта проезжей части до верха трубы) . . . . .	0,5
Электрокабели . . . . .	0,5
Фундамент (от обрезка) . . . . .	2,5
Хозяйственно-питьевые водопроводы (по вертикали ниже вводов) . . . . .	0,4

Длина выпуска из зданий, считая от наружной стены здания до оси смотрового колодца, для трубопроводов диаметром 50—75 мм должна быть не более 10 м; диаметром 110 мм — 15 м; диаметром более 100 мм — 20 м.

Расстояние от наружной стены здания до оси смотрового колодца в грунтах непросадочных должно быть не менее 2 м; в грунтах макропористых просадочных — 5 м.

Ввиду незначительности величины уклонов точность нивелировки реперов, устанавливаемых вдоль трасс канализационных коллекторов и водоводов, должна удовлетворять требованиям согласно табл. 183.

Таблица 183

Система водовода	Величина уклонов	Точность нивелировки реперов, класс	Расстояние между реперами, км	Количество реперов, %	
				постоянных	временных
Самотечный . . .	От 0,001 до 0,005	III	0,5 — 1,0	50	50
То же . . .	Более 0,005	IV	1,0	30	70
Напорный . . .	—	IV	1,0 — 2,0	30	70

Смотровые, перепадные и промывные колодцы сети располагаются в плане и профиле в местах присоединения боковых линий, при изменении уклонов, диаметров и на перепадах. На прямых линиях колодцы устраиваются на расстояниях, указанных в табл. 184.

Таблица 184

Хозяйственная канализация		Ливневая канализация	
Диаметр труб, мм	Расстояние между колодцами, м	Диаметр труб, мм	Расстояние между колодцами, м
125 — 150	35 — 40	700	Не более 75
200 — 600	50	700 — 1400	» » 150
600 — 1400	75	Свыше 1400	» » 250
Свыше 1400	100 — 125		

Повороты труб диаметром 450 мм и выше делать под углом не более 60° и труб диаметром менее 450 мм — под углом не более 90°.

При резких изменениях топографического уклона назначаются перепады для уменьшения уклона трубопровода между смотровыми колодцами, а также для уменьшения глубины заложения присоединяемых линий.

Устройство пересечений коллекторов с дорогами, эстакад и дюкеров — с водотоками и оврагами аналогично устройству таковых на линиях водопроводов.

Площадки для строительства очистных сооружений канализации следует выбирать ниже (по течению водотока) канализуемого объекта с удалением от населенных пунктов на расстояния, указанные в табл. 185.

Таблица 185

Очистные сооружения канализации	Допускаемое расстояние, м		
	от цехов	от общественных зданий или отдельных жилых зданий	от поселка
Отстойники и эмшерские колодцы . . . . .	150	200	250
Иловые площадки с выпускком свежего осадка . . . .	250	500	1000
То же, с выпуском перегнившего осадка . . . .	150	200	250
Биофильтры, аэротенки . . . .	100	200	250
Поля фильтрации . . . .	250	500	1000
Поля орошения . . . .	125	250	500
Шламовые поля . . . .	500 — 1500	По заданию	

Участки, выбираемые под поля фильтрации и поля орошения, должны удовлетворять следующим требованиям: иметь спокойный рельеф с естественным уклоном не более 0,003—0,04 и быть расположенными недалеко от водоема, предназначенного для спуска сточных вод; быть открытыми и доступными для проветривания; располагаться с подветренной стороны от населенных пунктов; иметь грунты, наиболее подходящие для этих полей (легкосуглинистые, супесчаные и среднезернистые песчаные); уровень грунтовых вод должен стоять невысоко.

### § 79. Трубопроводы различного назначения

В пределах границ населенных пунктов трассирование газопроводов допускается только на улицах, на расстояниях от линии застройки, указанных в табл. 186.

Допускается укладка газопроводов совместно с водопроводом, теплопроводом, водостоками, канализацией и телефонными кабелями в общих проходных коллекторах, имеющих постоянно действующую вентиляцию.

Глубина заложения труб газопроводов диаметром 400 мм и менее должна быть не менее 1,7 м, считая от верха трубы до поверхности земли, и для газопроводов диаметром более 400 мм — 1,7 м, считая от оси трубы до поверхности земли.

Минимальный уклон газопроводов принимается равным 0,003. Конденсационные горшки (сифоны) для сбора конденсированной воды устанавливаются в точках встречи уклонов смежных участков газопровода.

На стадии проектного задания при спокойном рельефе газопроводы трассируются по планам в горизонталях; для обоснования рабочих чертежей вдоль линии газопроводов производится съемка полос шириной 40—50 м; поперечники разбиваются через 50 м; план полосы составляется в масштабе 1 : 2000.

Продольные профили газопроводов составляются только для внеплощадочных участков магистралей; по проездам профили не составляются.

При инженерно-геологических исследованиях грунтов по трассам газопроводов и проездам необходимо через каждые 100 м отбирать образцы грунтов для определения их коррозийных свойств.

Трассы магистральных теплопроводов прокладываются в натуре и закрепляются только для внеплощадочных участков; в пределах застройки производится съемка проездов. Для стадии проектного задания в необходимых случаях, при сложном рельефе и при отсутствии планов масштаба 1 : 5000—1 : 10 000 на участках внеплощадочных газопроводов и теплопроводов производится их трассирование на местности.

Трассирование подземных и надземных (на эстакадах) гидролопропроводов производится с соблюдением продольных уклонов согласно табл. 181 и указанных выше величин углов поворота канализационной сети. При пересечении проездов надземными трубопроводами должны соблюдаться габариты приближения строений и подвижного состава дорог.

При трассировании вновь проектируемых внешних подземных сетей, а также сетей на территориях промышленных предприятий и населенных пунктов следует руководствоваться величинами основных расстояний осей проектируемых сетей от других объектов, приведенными в табл. 186.

При комплексном размещении нескольких трасс подземных сетей по улицам населенных пунктов следует руководствоваться проектными поперечными разрезами (профилями) улиц различных типов. На рис. 83 приве-

ден пример подобного разреза с показанием на нем взаимного расположения сетей.

Таблица 186

Наименование сетей	Минимальная глубина заложения (от верха трубы), м	Расстояние (м) от			
		линии застройки	ближайшей прокладки	близкайшего рельса железной дороги	электро-кабеля
Канализация, водостоки .	Табл. 191	3,0	3,0	3,0	0,8
Газопроводы горючих газов:					
низкого давления .	2,0	1,0	2,0		
среднего     »     »	4,0	1,5	3,0		1,0
высокого     »     »	6,0	2,0	5—10		
Теплопроводы . . . . .	0,6	1,5	2,0	5,0	2,0
Ливнестоки . . . . .	I	—	—	—	—
Электрокабели:					
слабого тока . . .	1,0				0,2
сильного     »     »	0,90	0,6—1,0	2,0	1,0	
Трубопроводы:					
напорные . . . . .	—	5—10	—	—	—
безнапорные . . . .	—	3	—	—	—

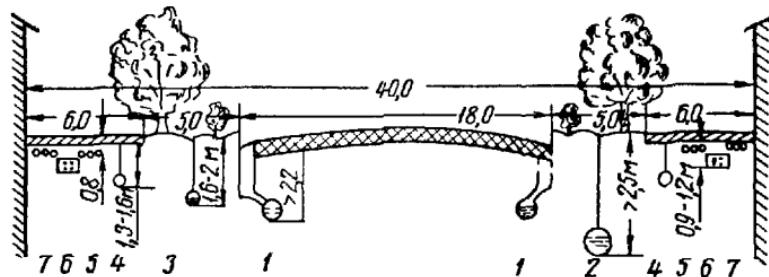


Рис. 83. Размещение подземных сетей под улицей:

1 — ливнеприемник с водостоком; 2 — канализация; 3 — водопровод; 4 — газопровод; 5 — кабель силовой; 6 — телефонный кабель; 7 — кабель слабого тока

Прокладка в газонах водопровода, канализации, газопровода и промышленных трубопроводов различного назначения допустима с тем, чтобы расстояние их от стволов деревьев было выдержано не менее 1,5—2 м.

Зоны, не подлежащие использованию при размещении трасс подземных сетей на проездах, указаны на рис. 84.

Для обеспечения проектной разработки подземных линейных сооружений представляются следующие изыскательские материалы (табл. 187).

Таблица 187

Стадия проектирования	Топографическая съемка полосы по трассе			Масштабы профилей		Расстояние между разведочными выработками, м
	Ширина, м	Масштаб	Сечение рельефа горизонтальными линиями, м	Горизонтальный	Вертикальный	
Вне застроенных территорий						
Проектное задание . . . . .	100	1 : 5000	2	1 : 5000	1 : 500	500
Рабочие чертежи . . . . .	40	1 : 2000	0,5	1 : 2000	1 : 200	250
На застроенных территориях						
Проектное задание . . . . .	По ширине проезда	1 : 2000	0,5	1 : 2000	1 : 200	300
Рабочие чертежи . . . . .	То же	1 : 1000 1 : 500	0,25 1 : 500	1 : 1000 1 : 500	1 : 100— 1 : 50	200

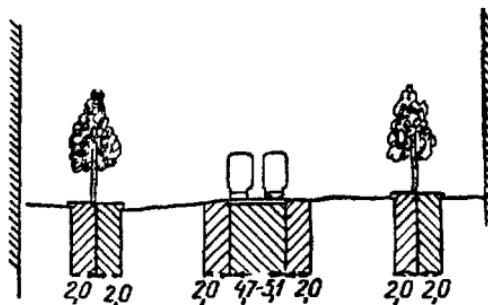


Рис. 84. Зоны, не используемые при размещении сетей на проездах

Изыскания на участках переходов трубопроводов через дороги и различные местные препятствия (реки, каналы, выемки и т. д.) охватывают объем работ, указанный в табл. 188, с представлением материалов для стадии рабочих чертежей.

Детали продольных профилей по трассам трубопроводов составляются в масштабе профиля дороги. Глубина разведочных выработок по трассам подземных сетей должна быть на 1,0—1,5 м ниже отметки заложения труб.

Таблица 188

Местные условия	Топографическая съемка			Продольный профиль дороги			Буровые скважины (диаметром 127 мм)
	Ширина полосы вдоль трассы, м	Масштаб	Сечение рельефа горизонтальными, м	Длина участка, м	Масштабы горизонтальный	вертикальный	
Несложные . .	50	1 : 1000	0,50	100	1 : 100	1 : 100	1
Сложные* . .	100	1 : 500	0,25	150	1 : 50	1 : 50	2

\* Сложные местные условия характеризуются большой стесненностью застройки, наличием пересеченного рельефа, сложными инженерно-геологическими условиями, обводненностью грунтов и т. д.

### § 80. Дренажи и водостоки

**Дренажи.** Трассирование дренажей, применяемых для понижения уровня грунтовых вод, выполняется по одному из способов, показанных на рис. 85, выбираемых по отношению к рельефу осушаемого участка. При «поперечном» дренаже коллектор направлен по наибольшему уклону местности, а осушительные дрены — вдоль горизонталей; при «продольном» дренаже коллектор направлен приблизительно по горизонтальным, а дрены — по линиям наибольшего падения рельефа; «экономический» дренаж образуется дренами, пересекающими горизонтали под углом, близким к  $45^\circ$ .

Условия трассирования горизонтальных дренажей слагаются из следующих элементов:

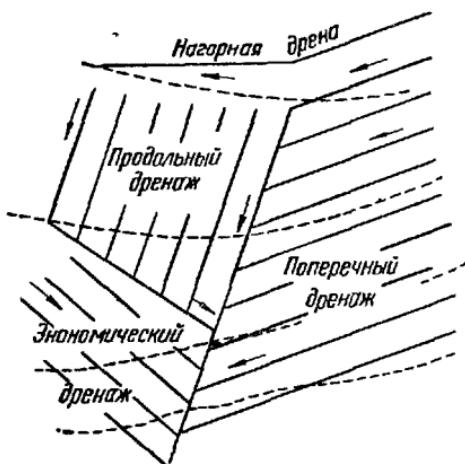


Рис. 85. Приемы трассирования дренажа

а) расположения в плане, определяемого рельефом и застроенностью местности, местом выпуска дренажной воды и системой дренажной сети. Расстояние дрены по горизонтали до наружного контура сооружения принимается не менее глубины заложения дренажа;

б) глубины заложения, зависящей от величины требуемого понижения и гидрогеологических условий, глубины промерзания и системы дренажа; обычно глубина дрен, закладываемых открытым способом, не превышает 6 м;

в) сопряжения дренажных линий в плане и профиле, осуществляемого путем устройства смотровых колодцев (при наличии перепадов) и присоединения к ним отдельных линий; при соединении без перепадов применяются фасонные части.

Уклоны дренажей назначаются исходя из гидравлических условий их работы, определяемых величиной скорости движения воды по дренам в пределах 0,2—1,0 м/сек, обеспечивающих дренаж при 0,2 м/сек от заиления и при 1 м/сек — от размыва. При этом следует руководствоваться табл. 189.

Таблица 189

Диаметр труб дренажей, мм	Минимальные уклоны закрытой сети (при $v_{\min} = 0,75 \text{ м/сек}$ )	Расстояние, м				
		Междудоменными сетями	От линии застройки	От деревьев	От ближайшего рельса	Железнодорожного пути
150—200	0,003—0,005	2—3	Напорные 5—10; безна- порные 3	1—2	3	3
200—300	0,003					
Свыше 300	0,002—0,001					
Дренажи сплошного заполнения	0,008—0,01					

Инженерно-геологические работы для проектирования дренажей выполняются на стадии проектного задания, при этом сетку выработок располагают так, чтобы составить гидрогеологические разрезы вдоль и поперек подземного потока. Сетка выработок принимается квадратная со сторонами 100—200 м в зависимости от сложности гидрогеологических условий площадки.

Глубина разведочных выработок определяется глубиной залегания водоупорного слоя, в котором выработки должны быть углублены на 1—2 м. Кроме того, две-три скважины в районе дренируемой площадки заглубляются на 10—15 м ниже поверхности водоупорного ложа для общей его характеристики и для установления возможности связи с нижележащими горизонтами, которые могут дать дополнительные притоки или служить поглощающими горизонтами.

На стадии окончательных изысканий для рабочих чертежей разведочные выработки при гидрогеологических исследованиях приурочиваются к трассам дренажей по схеме утвержденного проектного задания, к углам поворота трасс и местам расположения колодцев. Глубина выработок должна быть не менее 3 м ниже проектной глубины дрен.

**Водосточные сети.** На условия трассирования и объем инженерно-геологических работ при изысканиях трасс водосточной сети влияют: застроенность территории, заставляющая прокладывать эти сети по проездам; глубина заложения труб; направление падения рельефа и места выпуска ливневых вод. Водостоки проектируют только самотечными, принимая величину уклонов в зависимости от диаметра труб по табл. 181.

Глубина заложения труб водосточной сети допускается меньшей, чем глубина заложения труб канализационной сети (зимой ливневая сеть не работает); минимальная глубина заложения труб (считая до верха трубы) принимается на 0,5 м меньше глубины промерзания грунта. Дождевые колодцы устраиваются на углах поворота сети и в местах изменения диаметров труб, а также на перепадах. На прямых участках расстояние между колодцами принимается по табл. 184.

Устанавливая нормы и методы определения расчетного расхода дождевых вод, а также условий гидравлического расчета дождевой канализационной сети следует руководствоваться НиТУ 132—55.

## § 81. Инженерно-геологические работы

Состав и объем инженерно-геологических работ при изысканиях подземных сетей зависит от природных усло-

вий района, степени его изученности и условий трассирования сети. В случае, если выбор трассы обусловливается только природными факторами, то комплекс инженерно-геологических исследований обычен (инженерно-геологическая съемка, разведочные и лабораторные работы).

Если выбор трассы связан с характером застройки местности, расположением существующих подземных коммуникаций и др. или определен заранее намеченным направлением, то инженерно-геологическая съемка может быть заменена попикетным инженерно-геологическим описанием трассы с производством строго по трассе разведочных работ.

При изысканиях по трассам водоводов выявляются следующие исходные данные для теплотехнических расчетов: температура воды источника водоснабжения, снежный покров, влажность грунтов, их гранулометрический состав и пористость, минералогический состав, температура грунтов на разной глубине и коэффициент их теплопроводности в талом и мерзлом состоянии.

Характер инженерно-геологических исследований по трассам водопроводных и канализационных сетей аналогичен, за исключением того, что по направлению уклона самотечной канализационной сети глубина разведочных выработок будет увеличиваться, достигая максимума на местах станций перекачки.

На участке строительства станции перекачки глубина скважин устанавливается исходя из глубины заложения трубы коллектора (около 7 м от поверхности земли), глубины заложения пола насосной станции (10—12 м) и необходимости изучения грунтов ниже подошвы фундаментов сооружения на 4—5 м. В целом глубина скважин на этом участке составит 15—17 м; скважины закладываются конвертом со стороной квадрата 50—70 м.

Количество и глубина скважин на площадках других сооружений водопроводной и канализационной сети приведены в табл. 190 для средних геологических условий.

На площадках полей орошения и полей фильтрации при инженерных изысканиях производятся:

топографическая съемка в масштабе 1 : 1000;

гидрогеологическая съемка в масштабе 1 : 5000;

проведение разведочных выработок, размещаемых по

Таблица 190

Наименование сооружений	Масштаб топографической съемки	Общая длина скважин, м
Очистные сооружения водопровода . . . . .	1 : 500	40 на 1 га
Резервуары и насосные станции второго подъема . . . . .	1 : 500	При размерах площадки: более 0,4 га — 40 менее 0,4 га — 75
Водонапорные башни . . . . .	1 : 500	Конверт из 5 скважин глубиной до 10 м
Градирни . . . . .	1 : 500	То же
Очистные сооружения механической очистки сточных вод . . . . .	1 : 500	При размерах площадки: более 3 га — 40 менее 3 га — 50
Биофильтры . . . . .	1 : 1000	40 на 1 га
Аэротенки . . . . .	1 : 500	40 на 1 га

Примечание. Буровые скважины закладываются на глубину до 10 м, т. е. на 5—6 м ниже подошвы фундаментов, в пределах мощности активной зоны; шурфы — до 4 м для отбора образцов с ненарушенной структурой.

квадратной сетке со сторонами 100—200 м. Глубина выработок устанавливается: при уровне грунтовых вод до 3 м — до 5 м; при уровне грунтовых вод более 3—4 м — до 7 м;

опытные откачки, выполняемые в количестве: на площади до 120 га — одна откачка; до 240 га — две откачки; — более 240 га — три откачки;

опытные наливы, выполняемые в количестве: на площади более 120 га — один опыт на 40 га; на площади меньшей 120 га — один опыт на 20 га.

В отдельных случаях, в зависимости от системы очистных сооружений (эмшеров, метан-тенков и др.), заглубление которых достигает 12 м, грунты исследуются на глубину до 17 м.

Количество выработок на 1 км трассы принимают: две-три для проектного задания, четыре-пять — для технического проекта.

Глубина заложения разведочных выработок по трассе водовода для средних геологических условий в зависимости от глубины заложения труб принимается:

в рыхлых породах (сыпучих и связных) при уровне грунтовых вод выше 5—6 м ниже глубины промерзания на 3—4 м;

то же ниже 5—6 м — на 1—2,0 м;

при близком к поверхности залегании скальных пород ниже глубины промерзания на 1,0 м;

в южных районах ниже глубины укладки труб на 3—4 м;

в болотах ниже глубины залегания торфа на 2—3 м.

Глубина выработок по трассе канализационных коллекторов на 3—4 м ниже глубины укладки труб.

Минимальная глубина заложения труб канализационной сети, считая от поверхности земли до верха труб, указана в табл. 191.

Таблица 191

Диаметр труб, мм	Глубина заложения труб	
	относительно глубины промерзания	от поверхности зем- ли (не менее), м
До 600	Глубина промерзания минус половина диаметра трубы . . .	0,8
От 700 и выше	Глубина промерзания минус 0,7 диаметра трубы . . .	0,8

По трассам подземных сетей выработки приурочиваются к участкам, различным по геоморфологическим условиям, к углам поворота и, при окончательных изысканиях, также к местам намеченных проектом колодцев.

При инженерно-геологических исследованиях трасс канализационной и водосточной сети, проектируемой открытыми каналами и лотками, следует обращать внимание на устойчивость и фильтрационную способность грунтов, слагающих дно и откосы траншей.

Литологический состав грунтов и данные о грунтовых водах исследуются не менее чем на 3 м ниже предполагаемого дна канала.

В районах вечной мерзлоты по трассам подземных сетей устанавливаются: характер ее распространения

(сплошная, слоистая, сливающаяся, несливающаяся), гидрогеологические условия, температура мерзлых грунтов, мощность деятельного слоя, характеристика явлений пучения грунтов, наледей, ледяных линз и термокарста, если таковые встречаются в районе.

Литологический состав мерзлых грунтов и их физико-механические свойства в мерзлом и талом состояниях исследуются на глубину до 5—6 м от поверхности, исходя из глубины укладки труб около 2—3 м от поверхности и оттаивания слоя мерзлого грунта вокруг труб на 1—2 м.

Если уровень грунтовых вод на трассе при колебании достигает отметки заложения трубопроводов, то должны быть установлены коэффициент фильтрации грунтов, вмещающих воду, и агрессивные свойства грунтовых вод по отношению к бетону и металлу.

При сильно агрессивных грунтовых водах иногда может возникнуть вопрос о необходимости дренирования территории, и тогда производятся специальные изыскания для проектирования дренажа.

Степень коррозийного воздействия грунта на металлическую трубу находится в прямой зависимости от удельного электросопротивления грунта  $r_k$  и служит основным критерием для определения коррозийных свойств грунтов.

Для определения ее применяются два метода — полевой и лабораторный.

При полевом методе производится непосредственное измерение электросопротивления грунтов при помощи потенциометра, и по табл. 192 устанавливается степень коррозийности грунтов.

Таблица 192

Электросопротивление, $\text{ом}/\text{м}$	Степень коррозийности грунтов
$> 100$	Низкая
100 — 20	Нормальная
20 — 10	Повышенная
10 — 5	Высокая
$< 5$	Весьма высокая

При лабораторном методе определяется потеря веса стальной трубы, уложенной в испытуемый грунт, через который пропускается электрический ток. Степень коррозийного воздействия грунтов устанавливается в соответствии с табл. 193.

Таблица 193

Потеря веса стальной трубы за 24 часа нахождения в грунте под током 6 в, г	Степень коррозийности грунтов
< 1	Низкая
1 — 2	Нормальная
2 — 3	Повышенная
3 — 6	Высокая
> 6	Весьма высокая

### § 82. Съемка существующих подземных сетей

В состав работ по съемке существующих сетей входят:

сбор исходных материалов, к которым относятся: общие схемы сетей в масштабах 1 : 5000 и 1 : 2000; исполнительные чертежи сетей всех подземных прокладок в масштабах 1 : 1000, 1 : 500 и 1 : 200, замеры сетей в шурфах и траншеях; материалы по инвентаризации подземных сетей; каталоги пунктов полигонометрии и высотных реперов;

обследование подземных сетей в натуре со съемкой и нивелировкой колодцев, труб и выпусков, определением их диаметров и материала.

Детальная съемка застроенной территории жилых кварталов и промышленных предприятий для составления планов подземных сетей производится в масштабах 1 : 1000 и 1 : 500.

Съемка подземных коммуникаций в плане производится с линий опорных ходов методами перпендикуляров, засечек и полярных расстояний.

Повороты линий трубопроводов в плане осуществляются в местах устройства колодцев, над центром которых производятся замеры горизонтальных углов; кроме того, ряд колодцев размещается и на прямых участках и может служить створными точками при съемке.

Вертикальное положение всех подземных коммуникаций определяется нивелированием IV класса по двусторонним рейкам; при этом даются отметки верха и дна колодца, верха труб, поверхности земли и тротуара или проезжей части дороги; в отдельных случаях для определения отметки верха труб необходимо вскрывать их на участках между колодцами. Наиболее точное нивелирование требуется выполнять на участках самотечных канализационных коллекторов, имеющих малые уклоны; при значительной длине таких участков применяется нивелирование III класса.

Нивелировку лотков труб производят при помощи вспомогательных инструментов (рис. 86).

Из существующих подземных сетей лишь канализация, теплосеть и телефонная канализация могут быть определены и засняты с достаточной точностью через люки колодцев. Местоположение других сетей устанавливается после отрывки шурфов и планово-высотной съемки вскрытых в них сетей. Глубина шурфов при обследовании трубопроводов не превышает 4,5 м, а при обследовании кабельных прокладок — 1,0—1,5 м.

На улицах и проездах шурфы закладывают с отвесными стенками; вне застроенных территорий возможна разработка шурфов с откосами. Ширину шурфов по дну принимают согласно табл. 194.



Рис. 86. Вспомогательные инструменты для нивелировки дна колодцев и труб:  
а — на уголник; б, в — рейки

Таблица 194

Глубина дна шурфа	Ширина шурфа по дну, м
До 1 м	0,60
От 1 до 2 м	0,70
» 2 » 3 м	1,20
» 3 » 4 м	1,30
Свыше 4 м	1,5

П р и м е ч а н и е. Булыжное и брускатое покрытие разбирается на ширину, большую шурфа на 0,25 м в каждую сторону.

Разработка шурfov без крепления допускается зимой при мерзлом грунте, а летом лишь при условиях и глубинах, приведенных в табл. 195.

Таблица 195

Характеристика грунтов	Предельная глубина шурfov, м
Слабые и неустойчивые (плывуны, торфы, растительный грунт) . . . . .	0,75
Средней плотности (глины, суглинки, травянистые грунты) . . . . .	1,25
Плотные (тяжелые, ломовые и жирные глины, лёссы и др.) . . . . .	2,00

Во всех прочих случаях по требованиям техники безопасности применяется крепление шурfov.

Для характеристики колодцев и заснятых в них подземных сетей по материалам полевого обследования и нивелировки составляется каталог колодцев подземных сетей, форма и заполнение которого приведены в табл. 196.

Одновременно с производством геодезических работ выполняются обмеры линейных сооружений на сетях подземных коммуникаций (колодцев, дюкеров, эстакад, перепадов и др.); составляются эскизы этих сооружений и ведомости характеристик по их назначению, материалу, размерам, сечению кабелей, расстоянию от цоколей зданий и др.

Таблица 196

№ п/п	Назначение, материал, габариты и место расположение	Колодца			Трубы		
		отстоян. шт.	крышка диам.	дно	материал шт.	диаметр сечения, мм	сплошная верху из наплав- ленной трубы
55	Смотровой; деревянный; 1,0×1,10 м	2,80	2,78	0,48	1	Дерево 380×380	0,94
					2	То же 380×380	0,84
					3	190×190	1,45
					4	380×380	1,26
56	Контрольный; деревянный; 0,35× Х0,85 м . . . . .	2,70	2,70	0,60	1	Дерево 380×380	1,33
					2	То же 380×380	1,30
57	Водопроводный; бетонный; 1,10× Х1,10 м . . . . .	2,45	2,70	—	1	Чугун 100	0,91
					2	Сталь 50	0,88

**ЛИТЕРАТУРА**

Аронов С. Н. Проектирование водоводов. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Городские подземные сети. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1950.

Добрехотов Н. А. Канализационная сеть. Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

Нормы и технические условия проектирования наружного водопровода промышленных предприятий и поселков при них. Госстрой, 1955.

Нормы и технические условия проектирования наружной канализации промышленных предприятий и поселков при них. Госстрой, 1955 (НиТУ 132—55).

Строительные нормы и правила, ч. II. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Указания к производству инженерно-геологических исследований при изысканиях для проектирования гидротехнических сооружений, дренажей, водопровода и канализации. Главстройпроект. МСПТИ, 1948.

## ГЛАВА XIII

### ИЗЫСКАНИЯ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

В общем случае мостовым переходом называется комплекс сооружений, устраиваемых при пересечении среднего или большого водотока железной или автомобильной дорогой. В этот комплекс входят: подходные насыпи к мосту, опоры и пролетные строения моста; регуляционные сооружения (струенаправляющие дамбы и др.), которые могут иметь различное развитие в зависимости от характера русла и пойм.

В практике изысканий и проектирования переходов через водотоки различают по величине водотоков и размерам отверстий искусственных сооружений следующие две группы сооружений: 1) малые мосты и трубы; 2) большие и средние мосты.

В связи с особенностями протекания воды в малых или больших водотоках, а также различием в конструкциях и работе малых и больших искусственных сооружений для указанных двух групп сооружений применяются различные методы расчета стока и отверстий.

#### § 83. Размещение искусственных сооружений

В задачу изысканий мостовых переходов через водотоки входят: выбор места перехода дороги через водоток, производство топографических съемок участка водотока в районе перехода, сбор данных для расчета стока, гидрометрические и гидрологические работы и морфологические обследования, инженерно-геологические работы.

Место мостового перехода должно удовлетворять следующим основным требованиям:

переход должен пересекать реку в устойчивой части русла;

пойма должна пересекаться в самом узком месте, а русло в самом широком; нужно избегать пересечений там, где имеются рукава и острова, а также в местах, где возможно образование заторов льда;

следует располагать мост под прямым углом не только к главному руслу, но и к долине реки; для этого выбирается участок, на котором направление главного русла совпадает с направлением долины. На малых и средних реках рекомендуются спрямляющие искусственные русла;

геологическое строение и состав пород берегов и русла реки в месте перехода должны обеспечивать устойчивость мостовых опор;

место перехода должно в наименьшей мере отклонять трассу дороги от кратчайшего направления.

Выбор типа малого искусственного сооружения должен производиться в полевых условиях, во всех возможных случаях предпочтение следует отдавать трубам, однако их нельзя применять при значительных расходах воды, наличии ледохода, селевых и других выносов, при недостаточной высоте насыпи.

При глубоких оврагах, балках разрешается выносить трубы на склоны (для уменьшения их длины и из условия прочности труб по максимальной величине засыпки) с засыпкой пазухи оврага на выходе и надлежащим укреплением выходного русла.

Для обеспечения нормальной работы искусственных сооружений техническими условиями проектирования устанавливаются следующие требования к расположению искусственных сооружений в плане и профиле пути:

малые искусственные сооружения — мосты с устройством пути на балласте и трубы следует назначать в пониженных местах, пересекаемых трассой (где вода протекает постоянно или периодически), при любых сочетаниях профиля и плана;

мосты с безбалластной проезжей частью должны по возможности располагаться на площадках и на прямых участках пути; расположение таких мостов на кривых радиуса менее 1000 м или на уклонах круче 4% при

пролетах более 40 м или при общей длине моста более 100 м допускается только при специальном технико-экономическом обосновании.

### § 84. Сбор данных для расчета стока и проектирования искусственных сооружений

После выбора участка реки для мостового перехода производятся следующие полевые работы и обследования: съемка ситуационного плана реки в районе перехода; назначение вариантов места перехода с разбивкой оси и трассирование подходов по каждому из вариантов перехода;

съемка подробного плана в горизонталях;  
морфометрические обследования и гидрометрические наблюдения;

геологические и гидрогеологические исследования;  
поиски и разведка местных строительных материалов;  
выяснение вопросов, связанных с составлением проекта организации работ (пути подвоза материалов, размещение строительных площадок, отвод земель, энергоснабжение, связь, наличие местной рабочей силы, механизированность строительной организации, транспорт и др.).

На ситуационном плане должны быть нанесены наиболее характерные элементы рельефа в горизонталях; линии границ разлива вод при ГВВ заданной вероятности превышения высокого и исторического горизонта, направление струй при высоких водах, плановая и высотная основа съемок (магистральные ходы, поперечники, реперы, разбитые гидростворы и морфостворы).

СITUационный план мостового перехода составляется в масштабе 1 : 5000 или 10 000 и охватывает район проектируемых сооружений при высоком историческом горизонте воды на 1,5 ширины разлива вверх по оси перехода и на одну ширину разлива вниз по течению.

Подобный план составляется только по окончательно выбранному варианту перехода в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 с сечением рельефа горизонталиами через 1 м; размеры съемки устанавливаются по ширине потока — до отметок берегов, расположенных на 2 м выше отметки высокого исторического горизонта воды, по длине

потока вверх по течению от оси перехода на две ширины разлива и на одну ширину — ниже оси.

Снимается полоса вдоль трассы подхода к мостовому переходу по 100—200 м в каждую сторону.

Промер глубины водотока делается по поперечным профилям; расстояния между поперечниками и точками промеров глубин при окончательных изысканиях приведены в табл. 197.

Таблица 197

Ширина реки, м	Расстояние, м	
	между поперечниками	между точками промеров на поперечнике
До 50	25	5
» 100	50	10
» 200	100	25

При предварительных изысканиях съемки производят по всем вариантам намеченных мостовых переходов; расстояния между поперечниками и точками промеров увеличивают вдвое против указанных в табл. 197. Промеры удобнее делать зимой с ледяного покрова, а на поймах — при меженном горизонте.

При работе на открытой воде положение промерных точек по створу фиксируется: на несудоходных реках шириной до 100—150 м — по натянутому размеченному тросу, а при большей ширине и на судоходных реках — угломерным инструментом, установленным на берегу.

Площадь водосборных бассейнов разрешается определять по картам с соблюдением условий, указанных в табл. 198.

Таблица 198

Площадь бассейна, км <sup>2</sup>		Масштаб карты (не мельче)
от	до	
0,1	0,3	1 : 10 000
0,3	1	1 : 25 000
1	3	1 : 50 000
3	20	1 : 100 000
20	100	1 : 500 000

При отсутствии карт указанных масштабов и при площади бассейна менее  $1 \text{ км}^2$  производится съемка бассейна в натуре и определяются продольные уклоны главного лога и поперечные уклоны склонов бассейна (рис. 87 и 88).



Рис. 87. Съемка бассейна обходом по водоразделу

Съемка живого сечения водотока в месте мостового перехода производится для получения подробного профиля с нанесением на нем горизонтов меженой воды, высоких вод по следам на местности, на сооружениях или

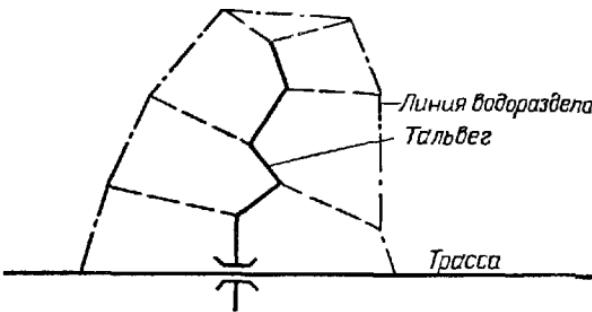


Рис. 88. Съемка бассейна ходом по тальвегу

по данным старожилов, оформленным актами; наносятся горизонты первой подвижки льда, наивысшего ледохода и прочие характерные горизонты.

В тех случаях, когда по условиям производства и сроков изысканий переходов через большие и средние водотоки выполнение гидрометрических наблюдений невозможно, их заменяют морфологическими обследованиями, выполняемыми без наблюдений прохода высоких вод.

Такая замена возможна, когда гидрологический ре-

жим пересекаемой реки достаточно изучен и в то же время имеются материалы по ближайшим к переходу гидрометрическим станциям. Цель этих изысканий и результативные данные — те же, что и при гидрометрических наблюдениях.

Наблюдения при рабочем горизонте за скоростью течения и уклонами водотока необходимо производить для определения характеристик шероховатости и нахождения расхода. Эти данные дают ориентировку и для определения указанных величин при расчетных высоких горизонтах и расходах.

Морфостворы разбиваются не меньше одного выше и одного ниже по течению, в наиболее сжатых местах реки, желательно в 100—200 м от оси перехода и нормально к направлению потока при высоких водах. Главный морфоствор назначается с сильно работающим руслом и слабо работающими поймами.

На главном морфостворе определяются расход и средние скорости в русле и поймах по эмпириическим формулам.

При производстве изысканий не всегда можно наблюдать и измерять среднюю скорость течения потока; измерение скоростей и расходов выполняется при высоких паводках, но расчетные паводки значительно выше наблюдаемых. Для нахождения расчетных расходов необходимо определять скорости при горизонтах более высоких, чем наблюденные.

Определение средней скорости потока при равномерном движении производится по формуле Шези

$$v = C \sqrt{RI}, \quad (201)$$

где  $C$  — морфологический параметр;

$R$  — подводный радиус, равный площади живого сечения, деленной на смоченный периметр, м;

$I$  — уклон потока,  $\%$ .

Для рек  $R$  рекомендуется заменять средней глубиной  $H = \frac{\Omega}{B}$ ,

где  $\Omega$  — площадь живого сечения,  $m^2$ ;

$B$  — ширина русла реки, м.

Тогда формула Шези примет следующий вид:

$$v = C \sqrt{HI}. \quad (202)$$

Величину параметра  $C$  на руслах и поймах рекомендуется определять по формуле Маннинга

$$C = mH^{1/4}, \quad (203)$$

или формуле Базена

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{VH}}, \quad (204)$$

где  $m$  — характеристика шероховатости;

$H$  — средняя глубина, м;

$\gamma$  — коэффициент шероховатости.

Для определения средней скорости потока пользуются формулой

$$v = mH^{1/4}I^{1/2}, \text{ м/сек.} \quad (205)$$

Для непосредственного назначения средней скорости под мостом по геологическому строению русла рекомендуется пользоваться табл. 199, предложенной проф. Е. В. Болдаковым.

Таблица 199

Характеристика грунтов		Средняя скорость воды под мостом $v$ , м/сек
по геологическому строению	по размываемости	
Ил, мелкий песок . . . . .	Слабый	1,3
Крупный песок или глина с прослойкой ила . . . . .	Средний	1,6
Крупный песок с галькой, глина . . . . .	То же	1,8
Гравий . . . . .	Крепкий	2,0
Галька . . . . .	То же	3,0
Булыжник . . . . .	»	4,0
Грунт слабый или средний, но в глубокой части размыв достиг скалы; при длине этого размыва, равной:		
20% длины русла . . . . .	»	1,8
30% » . . . . .	»	2,0
40% » . . . . .	»	2,3

Предложенная проф. Д. Л. Соколовским величина скорости при различном характере и рельефе водотока приведена в табл. 200.

Таблица 200

Характер и рельеф водотока	Средняя скорость воды $v$ , м/сек
Реки заболоченные . . . . .	0,8—1,0
Обычные равнинные реки . . . . .	1,2—2,0
Полугорные реки или реки с холмистым рельефом бассейна . . . . .	2,0—2,5
Горные реки . . . . .	3,0—4,0

В настоящее время среднюю скорость в главных руслах и на поймах рекомендуется определять по формуле (205), пользуясь для определения  $t$  табл. 224; для русел равнинных рек, кроме того, необходимо пользоваться данными табл. 199.

Расход воды в реке определяется по формуле

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3, \quad (206)$$

где  $Q_1$ ,  $\omega_1$  и  $v_1$  — соответственно расход, живое сечение и скорость воды главного русла;

$Q_2$ ,  $\omega_2$  и  $v_2$  — соответственно расход, живое сечение, и скорость воды в левой пойме;

$Q_3$ ,  $\omega_3$  и  $v_3$  — соответственно расход, живое сечение и скорость воды в правой пойме.

С целью уточнения данных для составления проекта мостового перехода организуются весенние изыскания, в задачу которых входит дополнительное всестороннее изучение перехода реки, подходов к нему, быта и режима реки во время прохода высоких вод, скоростей течения и др. Определение уклонов производится в течение всего периода весенних наблюдений, вначале по льду и в конце — по урезу наивысшего наблюденного горизонта.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть даны:

оценка района в целом и отдельных вариантов мостового перехода в отношении наличия или отсутствия благоприятных или неблагоприятных геологических явлений для возведения сооружений;

инженерно-геологическое обоснование выбранного типа основания и ориентировочной глубины заложения фундаментов опор;

характеристика пород в русле под мостом для воз-

можности выбора безопасных расчетных скоростей воды пересекаемого водотока.

Материалы, полученные в результате инженерно-геологического обследования, должны обеспечить:

построение геолого-литологического разреза в месте мостового перехода;

обоснование точных отметок заложения опор;

определение допускаемого давления на породы на отметках, выбранных для заложения опор;

определение степени агрессивности воды на бетон, а также разработку мероприятий по борьбе с физико-геологическими явлениями, угрожающими устойчивости и долговечности сооружений.

Объем этих исследований определяется геологическими условиями и размерами искусственных сооружений; в табл. 201 приведены объемы разведочных работ для средних условий.

Таблица 201

Размеры сооружений, м		Количество буровых скважин	
отверстие мостов	длина труб	по оси сооружения	на поперечниках
До 5	До 15	1—2	2
5—15	15—25	2—3	3
15—30	Более 25	Не менее 3	4
Более 30	—	Под каждую опору	4

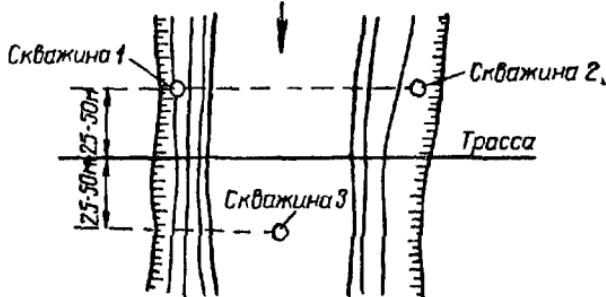


Рис. 89. Расположение разведочных скважин при предварительных изысканиях перехода водотока

Расположение разведочных скважин при изысканиях перехода малого водотока дано на рис. 89 и 90.

Для постоянных мостов отверстием более 30 м выработки проходят вне периметра опор. Средняя глубина выработок устанавливается в зависимости от размеров сооружений и состава пород: в связных грунтах, галечных отложениях и песках не менее 8—12 м или до коренных пород; в плавуных грунтах не менее 20 м или на всю мощность плавунов при мощности меньше 20 м; в коренных породах не менее 2—3 м.

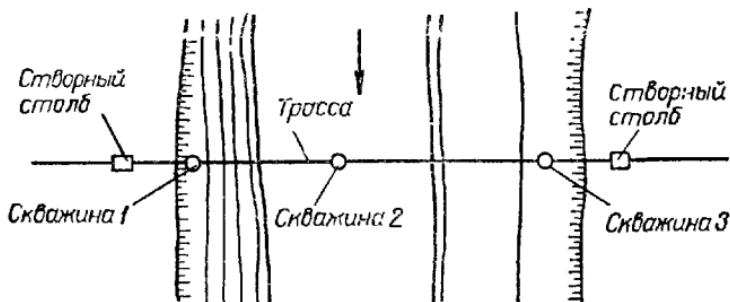


Рис. 90. Расположение разведочных скважин на окончательно выбранном створе перехода водотока

Изучение геотехнической характеристики грунтов русла производится также для установления допускаемых (неразмывающих) скоростей протекания воды и определения условий устойчивости русла под мостом при разных глубинах водотока. Изучение почво-грунтов бассейна на впитываемость должно обеспечить определение их категорий применительно к классификации табл. 205.

Из разведочных выработок отбираются образцы грунтов для производства лабораторных анализов и определений.

При проектировании искусственных сооружений на болотах и заболоченных участках с целью выявления уклона минерального дна производится детальная зондировка по сетке со стороной квадрата 25 м, с отбором образцов минерального грунта, подстилающего торфяной слой.

Во всех выработках замеряются глубина появления воды и установленный уровень. Для определения необходимой мощности водоотлива при производстве строительных работ осуществляют опытную откачуку воды из одиночных скважин.

При окончательных изысканиях мостовых переходов детально изучаются также инженерно-геологические условия на подходах трассы к проектируемому сооружению с заложением выработок через 100—150 м по трассе и на поперечниках к ней на необходимую глубину.

Категории почво-грунтов бассейна на впитываемость определяются при помощи разведочных выработок глубиной 0,5 м, закладываемых в количестве, указанном в табл. 202.

Таблица 202

Стадия изысканий	Количество выработок	
	на 1 км <sup>2</sup> бас- сейна	всего
Предварительные . . . . .	0,5	1—5
Окончательные . . . . .	1	2—10

### § 85. Определение расхода заданной вероятности превышения при ливневом и смешанном стоке

Для определения величины расчетного расхода, помимо геофизических данных по бассейну водотока, нужно задаться вероятностью превышения расхода в зависимости от значимости сооружения.

Расчетные вероятности превышения расходов (по СНиП 1954 г.) приведены в табл. 203.

Таблица 203

Сооружения	Железные дороги				Автомобильные дороги			
	магистраль- ные		промышлен- ные		общегополь- зования		промышлен- ные	
	Категория							
	I-II	III	I-II	III	I-II	III-IV	I-II	III
Насыпи . . .	1:300	1:100	1:100	1:50	1:100	1:50	1:50	1:50
Мосты . . . .	1:100	1:50	1:100	1:50	1:100	1:50	1:100	1:50
Трубы . . . .	1:50	1:50	1:50	1:50	1:50	1:50	1:50	1:50
Водоотводы .	1:50	1:50	1:50	1:25	1:50	1:25	1:50	1:25

Ниже приведены данные для расчета стока при проектировании: малых искусственных сооружений — по упрощенному методу СоюзДорНИИ; средних и больших мостов по методу проф. Соколовского.

**Упрощенный метод СоюзДорНИИ.** В настоящее время Министерство путей сообщения и Министерство автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР приняли единую методологию определения величины стока. В основу этой методологии положены нормы стока СоюзДорНИИ для расчета малых искусственных сооружений.

В проектных заданиях для всех сооружений разрешается определять расчетные расходы по упрощенной формуле (207).

При рабочем проектировании нужно рассчитывать вторично точным методом все наиболее значительные сооружения, а именно: мосты отверстием более 10 м и трубы, пропускающие после учета аккумуляции 10 м<sup>3</sup>/сек и более.

**Ливневой сток.** Осадки, выпадающие в виде дождя, могут быть разной интенсивности и продолжительности. В упрощенной методологии средняя продолжительность ливня принята равной 30 мин.

Расход воды определяется по формуле

$$Q_{\text{л}} = \psi (h - z)^{\frac{3}{2}} F^{\frac{2}{3}} \beta \gamma \delta, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (207)$$

где  $\psi$  — морфологический коэффициент;

$h$  — слой стока, мм;

$z$  — слой стока, задержанного растительностью, мм;

$F$  — площадь бассейна, км<sup>2</sup>;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий расплетывание паводка;

$\gamma$  — коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения осадков;

$\delta$  — коэффициент, учитывающий озерность бассейна.

Проверка определения расхода воды производится по формуле

$$Q_{\text{л}} = 0,56 h F \beta \gamma \delta \dots, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (208)$$

Если в формуле полного стока

$$Q = 16,7 F \frac{h}{t},$$

$t$  принять равным 30 мин., то формула (208) примет вид

$$Q_{\text{л}} = 0,56 h F \dots, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (209)$$

За расчетный принимается расход, меньший из определенных по формулам (207) и (208).

Объем стока

$$W_{\text{л}} = (h - z) F \gamma \dots, \text{ тыс. м}^3. \quad (210)$$

Районы ливневого стока приведены в табл. 204.

Таблица 204

Номер района ливневого стока	Территориальное распространение
1	Белоруссия, Центральный район, северная граница по водоразделу между Западной Двиной и Волгой, Череповец, Тотьма, Урал, Поволжье до Сталинграда, Воронеж, Орел, Брянск, Каспийское побережье от Махач-Калы до порта Ильича
2	Украина до Карпат и водораздела между Бугом и Днестром, северная часть Крыма и Северный Кавказ; граница с севера — район № 1
3	Карпаты и район к западу от водораздела между Бугом и Днестром
4	Черноморское побережье Кавказа, южная часть Крыма, Каспийское побережье на участке Ленкорань—Астара
5	Прибалтика до устья Одера, район Ленинграда, южная граница — район № 1
6	Малый Кавказ, степи Кура-Араксинской низменности, Астраханские, Манычские, Сальские степи
7	Хребты Средней Азии (слой стока по району № 2), пустыни, полупустыни и хребет Копет-Даг (слой стока по району № 1)
8	Алтайский край, Саяны, Забайкалье до Яблонового хребта
9	Центральная и Южная Сибирь (слой стока по району № 1)
10	Приморье Дальнего Востока до бухты Де-Кастри, бассейн Уссури до водораздела между р. Бикин и р. Хор и далее по хребту Сихотэ-Алинь, горная часть Буреинского хребта, юго-восточная часть Камчатки, Центральный и Южный Сахалин

Для Приамурья до хребтов Яблонового, Кодор и Станового, а также в северо-западной части Маньчжурии

можно пользоваться данными для района № 10, но с уменьшением расходов и объемов после конца расчета при грунтах I—III категорий на 10% и IV—VI на 15—20%.

Категории почв на впитываемость приведены в табл. 205.

Таблица 205

Категория	Почвы или поверхность бассейна
I	Водонепроницаемая скальная поверхность без трещин, асфальт, бетон, водная поверхность
II	Глина, солоноцы суглинистые, такыры
III	Тучный чернозем, суглинок, подзолистые и серые лесные суглинки
IV	Каштановые почвы, чернозем обычный, солоноцы супесчаные, задернованная супесь
V	Супесь открытая
VI	Пески

Величины слоя стока  $h$ , мм (при  $z=0$  и  $t=30$  мин) приведены в табл. 206.

Таблица 206

Ливневые районы	Категория почв на впитываемость	Слои стока (мм) при вероятности превышения											
		1	2	1	10	1	25	1	50	1	100	1	300
1	I	12	24	28	35	42	50						
	II	6	18	23	30	35	43						
	III	0	10	17	24	30	39						
	IV	0	0	8	20	27	36						
	V	0	0	0	2	13	20						
	VI	0	0	0	0	0	5						
2	I	17	26	32	40	51	72						
	II	10	20	27	35	45	68						
	III	0	11	19	30	41	61						
	IV	0	7	15	27	37	58						
	V	0	0	0	4	22	44						
	VI	0	0	0	0	0	9						

## Продолжение табл. 206

Ливневые районы	Категория почв на вли- тываемость	Слой стока (мм) при вероятности превышения					
		1 : 2	1 : 10	1 : 25	1 : 50	1 : 100	1 : 300
3	I	17	26	30	36	51	75
	II	10	20	26	33	46	68
	III	0	14	20	28	41	61
	IV	0	7	14	25	36	59
	V	0	0	0	0	22	44
	VI	0	0	0	0	0	22
4	I	15	38	46	56	64	73
	II	12	33	41	51	58	66
	III	8	28	36	45	53	62
	IV	5	24	31	41	48	58
	V	0	0	11	26	33	42
	VI	0	0	0	0	15	25
5	I	16	25	29	34	38	43
	II	11	20	23	28	32	37
	III	5	15	16	23	27	33
	IV	0	10	13	19	22	29
	V	0	0	0	0	3	15
	VI	0	0	0	0	0	4
8	I	8	20	27	35	42	45
	II	0	15	22	31	37	42
	III	0	7	14	24	32	38
	IV	0	0	8	19	27	30
	V	0	0	0	0	8	10
	VI	0	0	0	0	0	0
10	I	15	35	43	55	61	65
	II	11	30	38	48	55	60
	III	5	25	32	43	49	54
	IV	0	20	27	36	43	50
	V	0	7	14	23	29	35
	VI	0	0	0	6	12	18

Слой стока  $z$  (мм), задержанный растительностью, приведен в табл. 207.

Таблица 207

Характеристика растительного покрова	$z, \text{мм}$
Густая трава, редкий кустарник . . . . .	5
Средний лес и кустарник . . . . .	10
Густой лес . . . . .	15
Тайга, завалы, моховое болото . . . . .	20—40

Морфологический коэффициент  $\phi$  приведен в табл. 208.

Таблица 208

Тип бассейна	Средний уклон главного лога, %	$\phi$
Плоский	1	0,04
	2	0,05
Равнинный	3	0,06
	4	0,07
	6	0,08
Холмистый	10	0,09
	14	0,10
	20	0,11
Гористый	27	0,12
	35	0,13
	45	0,14
Горный	60 100	0,15 0,16

Коэффициент  $\beta$ , учитывающий распластывание паводка, приведен в табл. 209.

Таблица 209

Тип бассейна	Коэффициент $\beta$ при расстояниях от сооружения до центра тяжести бассейна $L_s, \text{км}$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плоский, холмистый . . . . .	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6
Гористый, горный . . . . .	1	1	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7

Коэффициент  $\gamma$ , учитывающий неравномерность выпадения осадков, приведен в табл. 210.

Таблица 210

Территориальное распределение	Коэффициент при длине или ширине бассейна, км				
	5	10	25	35	50
Украина, Кавказ, Средняя Азия .	0,9	0,8	0,7	0,6	—
Центральный район, Сибирь . . .	0,9	0,9	0,9	0,8	—
Северо-запад . . . . .	1	1	0,9	0,8	—
Зона муссонального климата . . . .	1	1	1	0,9	0,8

Коэффициент  $\delta$ , учитывающий озерность бассейна, приведен в табл. 211.

Таблица 211

Процент озерности	Коэффициент $\delta$	
	в нижней части бассейна	в верхней части бассейна
10	0,3	0,6
8	0,4	0,7
6	0,5	0,8
4	0,7	0,9
2	0,9	1,0

**Смешанный сток.** Смешанный сток образуется от совместного действия снеготаяния и дождя, выпадающего на промерзшую почву; при расчетах за главный фактор принимается снеготаяние, влияние дождя учитывается с вероятностью превышения 1 : 2, т. е. 50%.

Расход воды при смешанном стоке определяется по формуле

$$Q_{\text{см}} = \frac{W_{\text{см}}}{4,5(4 + \tau)} \dots, \text{м}^3/\text{сек}, \quad (211)$$

где  $W_{\text{см}}$  — объем смешанного стока, тыс.  $\text{м}^3$ ;  
 $\tau$  — время в часах;

$$\tau = 0,025 \tau_n L_0; \quad (212)$$

$\tau_l$  — время стекания водного потока по логу (в минутах) на каждый километр длины лога; принимается в зависимости от уклона главного лога в тысячных и характеристики шероховатости  $m_l$ ;

$L_0$  — расстояние от центра тяжести бассейна до сопротивления, км.

Объем смешанного стока определяется по формуле

$$W_{cm} = (h_{ch} \varphi \alpha + h_l) F \dots, \text{тыс. } m^3, \quad (213)$$

где  $h_{ch}$  — слой дневного снегового стока, мм;

$h_l$  — величина слоя стока; принимается по табл. 206 по соответствующему району с вероятностью превышения 1:2 и по почвам II категории;

$\varphi$  — коэффициент, учитывающий неравномерность таяния снега;

$\alpha$  — коэффициент, учитывающий экспозицию бассейна.

Объем смешанного стока равен

$$W_{cm} = W_{ch} + W_l, \quad (214)$$

где  $W_{ch}$  — объем снегового стока, тыс.  $m^3$ ;

$W_l$  — объем ливневого стока, тыс.  $m^3$ .

Объем снегового стока определяется из выражения

$$W_{ch} = h_{ch} F \varphi \alpha. \quad (215)$$

Объем ливневого стока определяется из выражения

$$W_l = h_l F. \quad (216)$$

Районы, в которых обязательна проверка на смешанный сток для сравнения с величиной ливневого стока, перечислены в табл. 212.

При сравнении этих расходов для расчетов принимается больший.

Указанное разделение ориентировочно и может корректироваться по местным материалам и новым данным, которые следует собирать при изысканиях.

Слой дневного снегового стока  $h_{ch}$  приведен в табл. 213.

Таблица 212

Номер района снегового стока	Территориальное распространение
1	Северная граница: Рига, Великие Луки, Москва, Горький, Казань, Свердловск, Тюмень, Новосибирск, Южная часть Байкала, район Яблонового и Станового хребтов, побережье Охотского моря, Камчатка, южная граница Европейской части Союза—до зоны заметного суглевого покрова, включая Полтаву, Стalingрад, далее к востоку, южная часть Урала, Саяны, Алтай, Хамар-Дабан, Маньчжурия. Кроме того, по нормам района № 1 могут временно рассчитываться горные районы Карпат, Кавказа, Средней Азии
2	Северная граница до района № 3, южная граница до границы района № 1, Прибалтика, Ленинград и пр.
3	К северу от устья р. Мезень и далее к востоку примерно по северному полярному кругу
4	Сальские и Астраханские степи, южная Сибирь

Таблица 213

Номер района снегового стока	Слой дневного суглевого стока (мм) при вероятности превышения					
	1 : 2	1 : 10	1 : 25	1 : 50	1 : 100	1 : 1000
1	25	37	44	51	55	72
2	20	30	36	41	44	58
3	15	22	26	30	33	43
4	7	25	30	37	43	60

Коэффициент  $\varphi$ , учитывающий неравномерность таяния снега, приведен в табл. 214.

Таблица 214

Длина или ширина бассейна, км	$\varphi$
10	1,00
12	0,95
14	0,95
16	0,85
20	0,80

Коэффициент  $a$ , учитывающий экспозицию бассейна, приведен в табл. 215.

Таблица 215

Экспозиция бассейна	$a$
На юг . . . . .	1,0
Среднее положение . . . . .	0,9
На север . . . . .	0,8

Характеристика шероховатости  $m_L$  поверхности лога приведена в табл. 216.

Таблица 216

Характеристика ложа лога	$m_L$
Ровное земляное ложе . . .	25
Извилистое или заросшее ложе	20
Сильно заросшее ложе . . .	15
Русло в завалах, валуны . . .	10

Время стекания водного потока по логу  $\tau_L$  (в минутах на каждый километр длины лога) приведено в табл. 217.

Учет аккумуляции воды. В связи с подъемом горизонта перед сооружением образуется пруд, величина и объем которого зависят от глубины лога, уклона лога и склонов.

Аккумуляция воды в расчете отверстия искусственного сооружения учитывается в том случае, когда лог раскидистый и объем пруда составляет значительную

Таблица 217

Расход воды $Q, \text{м}^3/\text{сек}$	Характеристика шершковатости $m_L$	$\tau_L$ при среднем уклоне лога ( $i_L$ ) в тысячных									
		1	3	5	7	10	15	20	30	40	100
3	25	46	29	25	22	19	17	15	13	11	9
	20	55	36	29	26	23	19	18	15	13	10
	15	65	44	36	32	28	24	22	18	17	12
	10	—	60	49	43	38	33	30	25	23	16
5	25	41	26	22	19	17	15	13	11	10	8
	20	48	32	36	23	20	17	16	13	12	8
	15	59	39	32	28	25	22	19	16	15	10
	10	—	52	43	38	34	29	26	22	20	14
7	25	37	24	20	18	15	14	12	10	9	7
	20	44	29	24	21	18	16	14	12	11	8
	15	54	36	29	26	23	20	18	15	14	9
	10	—	48	39	35	31	27	24	20	18	13
10	25	34	22	18	16	14	13	11	9	8	6
	20	40	26	22	19	15	14	13	11	10	7
	15	50	33	27	24	21	18	16	14	12	9
	10	—	44	37	32	29	24	22	18	17	12
15	25	30	20	15	15	13	12	10	8	7	6
	20	36	24	19	17	15	13	12	11	9	7
	15	45	29	24	22	19	16	15	13	11	8
	10	—	39	33	29	26	22	20	17	15	11
20	25	28	19	15	14	12	11	9	8	7	5
	20	34	22	18	16	14	12	11	9	8	6
	15	42	27	22	20	17	15	14	12	10	7
	10	56	36	32	27	24	20	18	16	14	10
50	25	22	15	12	11	9	8	7	6	5	4
	20	27	18	14	13	11	9	9	7	6	4
	15	33	22	18	16	14	12	11	9	8	5
	10	44	28	25	22	19	16	14	13	11	8
100	25	19	12	10	9	8	7	6	5	4	3
	20	23	15	12	11	9	8	7	6	5	3
	15	27	19	15	14	12	10	9	8	7	5
	10	37	24	21	18	16	14	12	11	9	7
200	25	15	10	9	8	7	6	5	4	4	3
	20	19	13	10	9	8	7	6	5	4	3
	15	23	16	13	11	10	8	8	6	6	4
	10	32	21	17	15	13	12	10	9	8	6

часть общего объема стока; причем снижения максимального расхода можно ожидать на 20% и более.

По техническим условиям допускается уменьшение расчетного расхода за счет аккумуляции для малых мостов на 25% и для труб на 50%.

При применении упрощенной формулы СоюзДорНИИ определение расхода воды с учетом аккумуляции производится по формуле

$$Q_A = aQ, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (217)$$

или

$$Q_A = Q \left[ 1 - \left( \frac{W_{np}}{W} \right)^n \right], \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (218)$$

где  $Q$  — расчетный расход при ливневом или смешанном стоке,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$W_{np}$  — объем пруда перед сооружением, зависящий от горизонта воды  $H_{np}$ , тыс.  $\text{м}^3$ ;

$n$  — показатель степени, принимаемый по табл. 218.

Объем пруда перед сооружением определяется по плану в горизонталах или из выражения

$$W_{np} = 220 \frac{bH^2}{i_0}, \text{ тыс. м}^3, \quad (219)$$

где  $b$  — ширина разлива по оси трассы при глубине  $H$ ,  $\text{м}$ ;

$H$  — глубина потока у лотка сооружения,  $\text{м}$ ;

$i_0$  — уклон лога у сооружения,  $^{\circ}/_{100}$ .

Полный объем стока

$$W = (h - z) F, \text{ тыс. м}^3. \quad (220)$$

Таблица 218

Характеристика бассейна	Показатель степени $n$	
	для ливневого стока	для смешанного стока
Незакумулированный . . . . .	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
Пересеченный сверху другой дорогой при малой аккумуляции . . . . .	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
То же, при большой аккумуляции . . . . .	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$

Значения  $\alpha$  при разном соотношении  $\frac{W_{\text{пр}}}{W}$  приведены в табл. 219.

Таблица 219

$\frac{W_{\text{пр}}}{W}$	$\alpha$	$\frac{W_{\text{пр}}}{W}$	$\alpha$	$\frac{W_{\text{пр}}}{W}$	$\alpha$	$\frac{W_{\text{пр}}}{W}$	$\alpha$
0	1,0	0,25	0,65	0,55	0,36	0,80	0,15
0,05	0,90	0,30	0,59	0,60	0,32	0,85	0,12
0,10	0,83	0,35	0,55	0,65	0,27	0,90	0,07
0,15	0,76	0,40	0,50	0,70	0,23	0,95	0,04
0,20	0,70	0,50	0,40	0,75	0,19	0,10	0

Объем пруда приближенно с точностью, достаточной для расчетов, выполняемых при изысканиях, может быть принят по табл. 220.

Таблица 220

Глубина воды // пр	Объем пруда (тыс. м <sup>3</sup> ) у сооружения при бассейне				
	плоском	равнинном	холмистом	гористом	горном
1,0	15	5	2	—	—
1,5	45	15	5	2	—
2,0	150	50	15	4	—
2,5	500	140	40	10	—
3,0	850	280	80	20	2
3,5	1400	460	150	30	3
4,0	2100	700	220	45	5
4,5	3000	1000	300	65	8
5,0	4000	1300	400	85	10
5,5	—	1700	500	120	15
6,0	—	2200	700	160	20
6,5	—	3000	1000	220	25
7,0	—	4000	1200	300	40

**Расчет расходов по методу проф. Д. Л. Соколовского.** Этот косвенный метод расчета максимальных расходов воды в реках для средних и больших мостов применяется для определения максимальных расходов  $Q_{\text{макс}}$  весеннего половодья.

Основной формулой для рек с водосборной площадью 100 км<sup>2</sup> и больше является

$$Q_{\text{макс}} = \frac{kA_{P\%}F}{\sqrt[4]{F}}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (221)$$

где  $k$  — коэффициент перехода от стока, выраженного в  $\text{мм}/\text{час}$ , к максимальному расходу — в  $\text{м}^3/\text{сек}$ , равный 0,278; при пользовании данными таблицы проф. Д. Л. Соколовского для большого количества рек следует принимать  $k = 1$ ;

$F$  — площадь водосбора,  $\text{км}^2$ ;

$A_{p\%}$  — величина элементарного максимального стока, обеспеченного на  $p\%$ , определяется по таблице Соколовского или же по карте изолиний для средних значений обеспеченности; карта изолиний, приведенная на рис. 91, составлена для 5% обеспеченности; для перехода к другим значениям обеспеченности следует пользоваться переводными коэффициентами табл. 221.

Таблица 221

Район или бассейн	Значения переводных коэффициентов при обеспеченности $p, \%$		
	5	10	20
Северный край и Карело-Финская ССР . . . . .	1	0,98	1,05
Бассейн верхней Волги . . . . .	1	0,88	1,08
Бассейны верхнего Днепра, Оки и Дона . . . . .	1	0,84	1,12
Бассейны нижнего Днепра и нижнего Дона . . . . .	1	0,80	1,15

Если водосборная площадь меньше  $100 \text{ км}^2$ , но больше  $50 \text{ км}^2$ , то основная формула (221) заменяется и расход определяется по формуле

$$Q_{\max} = \frac{k A_{p\%} F}{\sqrt{F+1}}, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (222)$$

При площади водосбора меньше  $50 \text{ км}^2$  расход определяется по формуле

$$Q_{\max} = k A_{p\%} F, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (223)$$

Основным приемом определения величины  $A_{p\%}$  следует считать метод подбора наиболее близкого аналога по таблице Соколовского. При этом следует учитывать гидрологические особенности данной реки и рек, принимае-

мых в качестве аналогов, одновременно пользуясь картами с изображением рельефа.

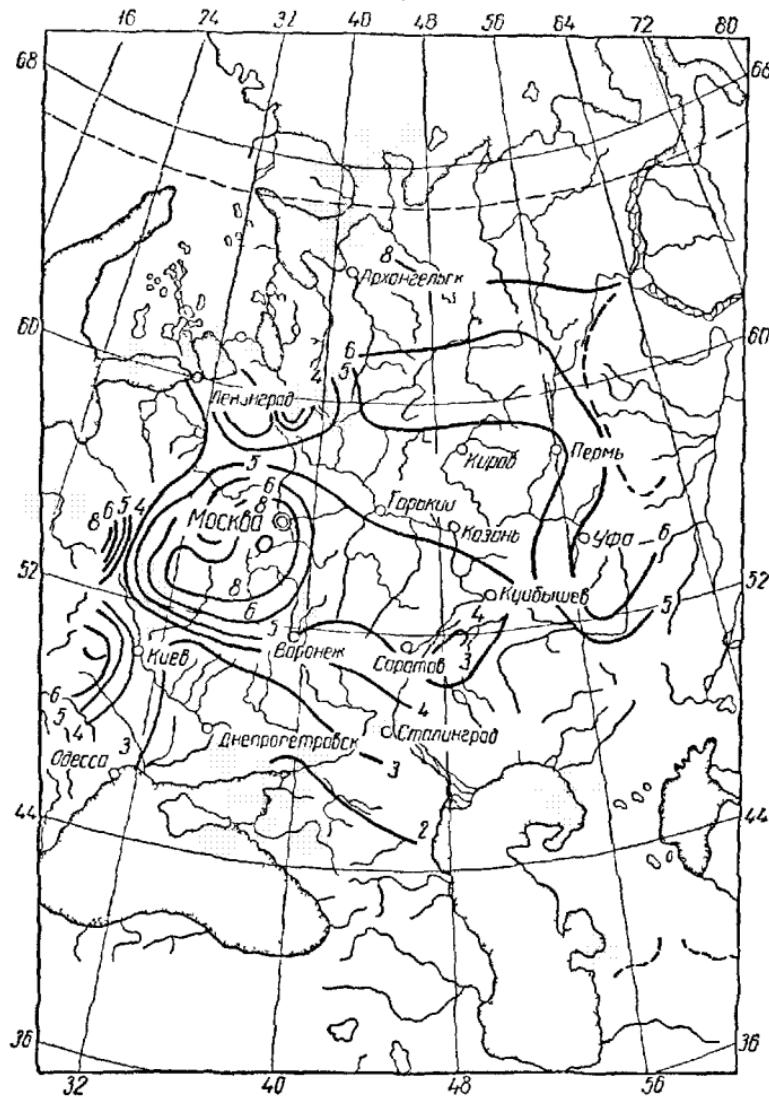


Рис. 91. Карта изолиний коэффициента  $A$

Для учета заболоченности и озерности, в случае если озера занимают более 2% площади водосбора, а болота — более 10% площади, т. е. при

$$\alpha = \frac{f_{оз} 100}{F} > 2\% \text{ и } \beta = \frac{f_{бол} 100}{F} > 10\%,$$

следует в формулу (221) вводить поправочный коэффициент  $\epsilon$ , величина которого приближенно определяется по формуле

$$\epsilon = 1,0 - 0,6 \lg (0,2 \beta + \alpha + 1), \quad (224)$$

где  $f_{оз}$  — площадь водосбора, занятая озерами,  $km^2$ ;

$f_{бол}$  — площадь водосбора, занятая болотами,  $km^2$ .

Для учета лесистости в формулу (221) следует вводить еще коэффициент

$$\lambda = 1 - \delta (\gamma - \gamma_1), \quad (225)$$

где  $\delta$  — переменный коэффициент, зависящий от характера древесных пород; для лиственных лесов лесостепной зоны  $\delta = 0,30$ , для северной хвойной тайги  $\delta = 0,60$ ;

$\gamma$  — лесистость бассейна, т. е. отношение площади, покрытой лесом, ко всей площади бассейна;

$\gamma_1$  — средняя лесистость всего района.

Для перехода к величинам элементарного стока других обеспеченностей, не приведенных в таблице проф. Д. Л. Соколовского «Максимальных расходов и параметров  $A$ », следует пользоваться переходными коэффициентами для вычисления величины элементарного максимального стока  $A$  различной обеспеченности по табл. 222.

В табл. 222 в зависимости от значений коэффициента вариации и асимметрии даны переходные коэффициенты от элементарного стока 1% обеспеченности к элементарному стоку 0,1; 2; 5 и других процентов обеспеченности. При определении параметра  $A$  по карте изолиний значение  $C_v$  максимальных расходов, в случае, если известна величина коэффициента вариации годового стока в рассматриваемом створе, можно принять равным полуторному значению последней, т. е.

$$C_{vQ_{\max}} = 1,5 C_{vQ_{\text{ср. год}}} \cdot \quad (226)$$

При полном отсутствии данных величина коэффициента вариации может быть ориентировочно определена по картам изолиний проф. Д. Л. Соколовского (рис. 92 и 93). Значение коэффициента асимметрии принимается равным  $C_a = 2C_v$  для половодных максимумов и  $C_s = 4C_v$  для дождевых максимумов.

Таблица 222

Коэффициент вариации $C_v$	Коэффициент асимметрии $C_s$	Переходные коэффициенты при обеспеченности $p, \%$								
		0,1	1	2	5	10	20	30	40	50
0,2	0,4	1,14	1	0,96	0,89	0,83	0,77	0,72	0,68	0,65
0,3	0,6	1,20	1	0,95	0,84	0,77	0,68	0,62	0,57	0,53
0,4	0,8	1,25	1	0,93	0,81	0,71	0,61	0,54	0,49	0,44
0,5	1,0	1,30	1	0,92	0,77	0,66	0,55	0,47	0,42	0,37
0,6	1,2	1,34	1	0,90	0,74	0,62	0,50	0,42	0,36	0,31
0,7	1,4	1,39	1	0,86	0,72	0,59	0,46	0,37	0,31	0,26
0,8	1,6	1,43	1	0,87	0,69	0,56	0,42	0,33	0,26	0,23
0,9	1,8	1,46	1	0,87	0,67	0,52	0,38	0,29	0,23	0,18
1,0	2,0	1,50	1	0,86	0,65	0,50	0,35	0,26	0,20	0,15

$$C_s = 2C_v$$

0,2	0,4	1,14	1	0,96	0,89	0,83	0,77	0,72	0,68	0,65
0,3	0,6	1,20	1	0,95	0,84	0,77	0,68	0,62	0,57	0,53
0,4	0,8	1,25	1	0,93	0,81	0,71	0,61	0,54	0,49	0,44
0,5	1,0	1,30	1	0,92	0,77	0,66	0,55	0,47	0,42	0,37
0,6	1,2	1,34	1	0,90	0,74	0,62	0,50	0,42	0,36	0,31
0,7	1,4	1,39	1	0,86	0,72	0,59	0,46	0,37	0,31	0,26
0,8	1,6	1,43	1	0,87	0,69	0,56	0,42	0,33	0,26	0,23
0,9	1,8	1,46	1	0,87	0,67	0,52	0,38	0,29	0,23	0,18
1,0	2,0	1,50	1	0,86	0,65	0,50	0,35	0,26	0,20	0,15

$$C_s = 3C_v$$

0,2	0,6	1,16	1	0,95	0,88	0,82	0,75	0,70	0,67	0,63
0,3	0,9	1,22	1	0,93	0,83	0,74	0,65	0,59	0,55	0,51
0,4	1,2	1,30	1	0,91	0,78	0,68	0,57	0,50	0,45	0,41
0,5	1,5	1,36	1	0,90	0,74	0,63	0,51	0,43	0,38	0,33
0,6	1,8	1,42	1	0,88	0,71	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27
0,7	2,1	1,47	1	0,87	0,67	0,53	0,40	0,32	0,26	0,22
0,8	2,4	1,53	1	0,86	0,65	0,50	0,36	0,27	0,22	0,18
0,9	2,7	1,59	1	0,85	0,62	0,46	0,32	0,24	0,19	0,15
1,0	3,0	1,64	1	0,84	0,60	0,43	0,28	0,21	0,15	0,12

$$C_s = 4C_v$$

0,2	0,8	1,17	1	0,95	0,87	0,80	0,73	0,68	0,65	0,62
0,3	1,2	1,26	1	0,92	0,81	0,72	0,63	0,57	0,52	0,48
0,4	1,6	1,34	1	0,90	0,76	0,65	0,54	0,47	0,42	0,38
0,5	2,0	1,41	1	0,88	0,71	0,59	0,47	0,39	0,34	0,30
0,6	2,4	1,49	1	0,87	0,67	0,53	0,40	0,33	0,28	0,24
0,7	2,8	1,56	1	0,85	0,64	0,49	0,35	0,28	0,23	0,20

Для ориентировочного расчета максимального ливневого стока проф. Д. Л. Соколовским предложена формула, которой можно пользоваться при предварительных изысканиях,

$$Q_{M(l)} = B_1 F_1, \text{ м}^3/\text{сек}. \quad (227)$$

где  $B_1$  — районные параметры, принимаемые по табл. 223.

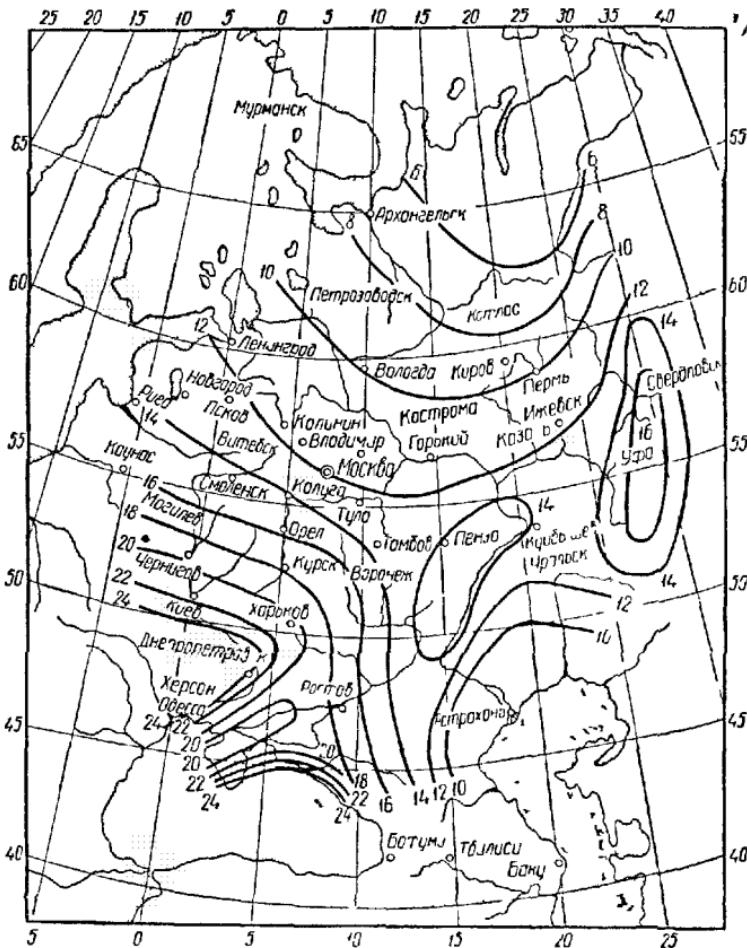


Рис. 92 Карта изолиний коэффициента  $C$  для Европейской части СССР

Таблица 223

Зоны	<i>B</i> <sub>1</sub> при повторяемости 1 раз		
	в 30—50 лет	в 100 лет	в 300 лет
Лесная, лесостепная и степная, исключая районы, опасные в отношении ливней (Европейская часть СССР) . . . . .	7—10	8—12	12—18
Предгорные районы (Урал) . . . . .	10—14	12—18	18—27
Западный Донбасс и Крым . . . . .	15—25	30—40	45—60
Районы опасные в отношении ливней (Черноморское побережье Кавказа, Карпаты и Дальний Восток)	25—30	40—50	60—75

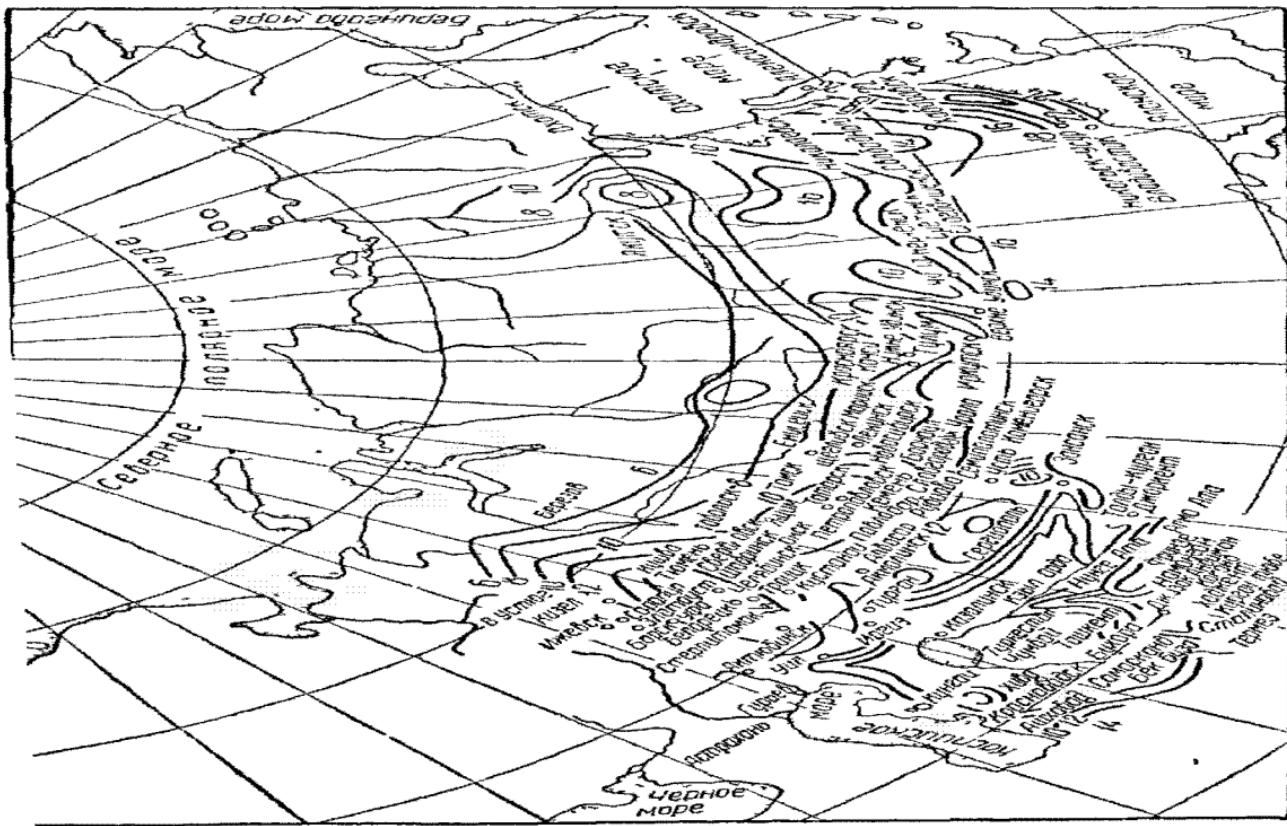


Рис. 93. Карта изолиний коэффициента  $C$  для Сибири

### § 86. Расчет отверстий мостов и труб

Нормативы, приведенные выше и в табл. 203 (расчетной вероятности превышения паводка), учитывают только нормальные условия эксплуатации сооружений. При паводках выше расчетных сооружения будут работать при чрезвычайных условиях. При этом в зависимости от размеров паводка могут иметь место изменение режима работы сооружения (например, переход работы трубы от безнапорного в напорный режим) и перелив воды через насыпь. Для обеспечения безаварийности и долговечности сооружений при расчетах следует производить проверку сооружений на проход паводка ММ (максимум максиморум), допуская при этом на автомобильных дорогах I—III категорий:

перелив насыпи и настила моста слоем воды до 0,3—0,5 м;

размыв под мостом до переделов, при которых запас прочности основания и устойчивости опор будет не менее 1,05;

увеличение скоростей течения воды в сооружениях в 2 раза против расчетных без усиления укреплений.

Учет аккумуляции воды перед малым мостом или трубой является в этих случаях особо эффективным.

На дорогах IV—V категорий расчет сооружений при чрезвычайных условиях эксплуатации не производится.

Железнодорожные мосты и трубы должны рассчитываться на чрезвычайные условия эксплуатации без допущения перелива воды через их полотно (ТУПМ-56).

**Расчет отверстий малых мостов.** Определение бытовых условий протекания воды. При определении бытовых условий протекания воды на малых водотоках следует применять следующий порядок расчета малых мостов.

Вычисляется бытовая скорость при разных глубинах по формуле (205)

$$v = mH^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}, \text{ м/сек},$$

где  $m$  — характеристика шероховатости;

$H$  — задаваемая средняя глубина потока, м;

$i$  — уклон лога в месте расположения сооружения,  $^{\circ}/\text{до}$ .

Для определения величины расчетного расхода задаются различными значениями  $H$  и методом приближений находят бытовые горизонты  $H$  и средние скорости  $v$ .

По расчетному расходу с вероятностью превышения для моста и живому сечению водотока по ближайшему морфоствору устанавливается горизонт высокой воды, при котором данное сечение обеспечивает пропуск расчетного расхода.

Расчетный расход определяется из формулы

$$Q_p = \omega v, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (228)$$

где  $\omega$  — площадь живого сечения при расчетном горизонте,  $\text{м}^2$ ;

$v$  — бытовая скорость, соответствующая  $Q_p$  и  $H$  (глубине потока),  $\text{м}/\text{сек}$ .

Для получения зависимости  $Q$  от  $v$  и от глубины  $H$  достаточно принять три-четыре горизонта.

По найденному расходу, задавшись расчетной скоростью или подпertenым горизонтом и видом сооружения, определяют его отверстие непосредственным расчетом или подбором по таблицам.

Характеристика щероховатости  $m$  приведена в табл. 224.

Таблица 224

Категория	Морфологические признаки	Характеристика щероховатости, $m$	
		среднее значение	обычные условия
1	Русла земляные ровные; русла полугорных рек в средних условиях, незаросшие поймы . . . . .	30	22—40
2	Русла земляные извилистые; русла с галечно-валунным ложем; ровное ложе суходолов; земляные канавы при плохом содержании; поймы заросшие на 10% . . . . .	25	20—30
3	Русла земляные сильно извилистые; извилистое или заросшее ложе суходолов; поймы, заросшие на 20% . . . . .	20	15—25
4	Поймы, заросшие на 50%; сильно заросшее ложе суходолов, засоренное камнями . . . . .	15	10—20
5	Ложе суходола в завалах; валуны; селевой поток; поймы, заросшие на 70% . . . . .	10	6—15
6	Поймы, заросшие на 100% . . . . .	5	0—8

Допускаемые (неразмывающие) средние скорости течения для несвязанных грунтов приведены в табл. 225.

Таблица 225

Направление грунтов	Размеры частиц грунтов, мм	Допускаемые скорости течения (м/сек) при средней глубине потока, м					
		0,4	1,0	2,0	3,0	5,0	10 и более
Лымя и Ил	0,05—0,15	0,15—0,2	0,2—0,3	0,35—0,4	0,4—0,5	0,4—0,55	0,45—0,55
Песок мелкий	0,05—0,25	0,2—0,35	0,3—0,45	0,45—0,6	0,55—0,7	0,65—0,8	0,65—0,8
» средний	0,25—1,0	0,35—0,5	0,45—0,65	0,55—0,7	0,6—0,75	0,7—0,85	0,8—0,95
» крупный	1,0—2,5	0,5—0,65	0,6—0,75	0,7—0,8	0,75—0,9	0,85—1	0,95—1,2
Гравий мелкий	2,5—5,0	0,65—0,8	0,75—0,95	0,8—1	0,9—1,1	1—1,2	1,2—1,5
» средний	5,0—10,0	0,8—0,9	0,85—1,05	1—1,15	1,1—1,3	1,2—1,45	1,5—1,75
» крупный	10,0—15	0,9—1,1	1,05—1,2	1,15—1,35	1,2—1,5	1,45—1,65	1,75—2
Галька мелкая	15—25	1,1—1,25	1,2—1,45	1,35—1,65	1,5—1,85	1,65—2	2—2,3
» средняя	25—40	1,35—1,5	1,45—1,85	1,65—2,10	1,85—2,3	2—2,45	2,3—2,7
» крупная	40—75	1,5—2,0	1,85—2,4	2,10—2,75	2,3—3,1	2,45—3,3	2,7—3,5
Бульжник мелкий	75—100	2,0—2,45	2,4—2,8	2,75—3,2	3,1—3,5	3,3—3,8	3,6—4,2
» средний	100—150	2,45—3,0	2,8—3,35	3,2—3,75	3,5—4,1	3,8—4,4	4,2—4,5
» мелкий	150—200	3,0—3,5	3,35—3,8	3,75—4,3	4,1—4,65	4,4—5,0	4,5—5,4
Ватер мелкий	200—300	3,5—3,85	3,8—4,35	4,3—4,7	4,65—4,9	5,0—5,5	5,4—5,9
» средний	300—400	—	4,35—4,75	4,7—4,95	4,9—5,3	5,5—5,9	5,9—6,0
» особо крупный	400—500	—	—	4,95—5,35	5,3—5,5	5,6—6	6—6,2
В более							

Примечания. 1. В каждой графе таблицы нижние пределы скоростей соответствуют нижним размерам частиц грунта, а верхние — пределам скоростей, применимым к грунтам различного размера.

2. Графические значения скорости не могут превышать, принимать по ближайшим значениям.

Допускаемые (неразмывающие) средние скорости течения для связанных грунтов приведены в табл. 226.

Таблица 226

Напысование грунтов	Содержание частиц, %		Допускаемые скорости течения (м/сек) при характеристике грунтов											
	размером менее 0,005 мм	размером 0,005–0,05 мм	Грунты малоплотные (приведенная пористость 1,2–0,9); объемный вес грунтового скелета до 1,20 м/м <sup>3</sup>			Грунты среднеплотные (приведенная пористость 0,8–0,6); объемный вес грунтового скелета 1,2–1,66 м/м <sup>3</sup>			Грунты плотные (приведенная пористость 0,6–0,3); объемный вес грунтового скелета 1,66–2,04 м/м <sup>3</sup>			Грунты очень плотные (приведенная пористость 0,3–0,2); объемный вес грунтового скелета 2,04–2,14 м/м <sup>3</sup>		
и средней глубине потока, м														
			0,4	1,0	2,0	3,0	0,4	1,0	2,0	3,0	0,4	1,0	2,0	3,0
Глины . . . . .	30–70	70–50												
Суглинки тяжелые . . . . .	20–30	80–70	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,85	0,95	1,1	1,0	1,2	1,4	1,5
Суглинки тонкие . . . . .	10–20	90–80	0,35	0,4	0,45	0,5	0,65	0,8	0,9	1,0	0,95	1,2	1,4	1,5
Лессовые грунты в условиях зачененных просадок . . . . .	—	—	—	—	—	—	0,6	0,7	0,8	0,85	0,8	1,0	1,2	1,3
												1,1	1,3	1,5
														1,7

Примечания. 1. Табличные значения не интерполировать, принимать по ближайшим значениям.  
 2. При глубине потока более 3,0 м скорость принимается такая же, как и для глубины 3,0 м.  
 3. При проектировании поверхностных водоотводов в подверженных выветриванию плотных и очень плотных грунтах допускаемые скорости принимаются по грунтам средней плотности.

Допускаемые (неразмывающие) средние скорости течения для искусственных укреплений приведены в табл. 227.

Таблица 227

Типы укреплений	Допускаемые скорости ( $m^1$ сек) течения при средней глубине потока, м			
	0,4	1,0	2,0	3,0
Одерновка плашмя (на плотном основании) . . . . .	0,9	1,2	1,3	1,4
Одерновка в стекну . . . . .	1,5	1,8	2,0	2,2
Каменная наброска из булыжного или рваного камня в зависимости от его крупности . . . . .				
Каменная наброска в два слоя в плетнях в зависимости от крупности камня . . . . .				
Одиночное мощение на мху (слой мха не менее 5 см):				
из булыжника размером 15 см . . .	2,0	2,5	3,0	3,5
то же, 20 см . . . . .	2,5	3,0	3,5	4,0
» 25 см . . . . .	3,0	3,5	4,0	4,5
Одиночное мощение на щебне (слой щебня не менее 10 см):				
из рваного камня размером 15 см	2,5	3,0	3,5	4,0
то же, 20 см . . . . .	3,0	3,5	4,0	4,5
» 25 см . . . . .	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночное мощение с подбором лица и грубым приколом на щебне (слой щебня не менее 10 см)				
из камней размером 20 см . . .	3,5	4,5	5,0	5,5
то же, 25 см . . . . .	4,0	4,5	5,5	5,5
» 30 см . . . . .	4,0	5,0	6,0	6,0
Двойное мощение из рваного камня на щебне слоем 10 см верхний ряд из камней — 20 см, нижний — 15 см .	3,5	4,5	5,0	5,5
Фашины тюфяки при толщине 50 см .	2,5	3,0	3,5	—
Габионы (размерами не менее $0,5 \times 0,5 \times 1,0$ ) . . . . .	4,0	5,0	5,5	6,0

По табл. 225 с коэффициентом 0,9

По табл. 225 с коэффициентом 1,1

Продолжение табл. 227

Типы укреплений	Допускаемые скорости (м/сек) течения при средней глубине потока, м			
	0,4	1,0	2,0	3,0
Бутовая кладка из камня известковых пород $\sigma_n \geq 100 \text{ кг}/\text{см}^2$ . . . . .	3,0	3,5	4,0	4,5
Бутовая кладка, из камня крепких пород $\sigma_n > 300 \text{ кг}/\text{см}^2$ . . . . .	6,5	8,0	10,0	12,0
Бетонные лотки (бетон марки 150) . . .	12	14	16	18
Деревянные лотки при надежном основании (течение вдоль волокон) . . . .	8	10	12	14

П р и м е ч а н и я 1. Табличные значения скоростей не интерполировать; принимать по ближайшим значениям.

2. При глубине потока больше 3,0 м скорость принимается та-  
кая же, как и для глубины 3,0 м.

С х е м ы п р о т е к а н и я в о ды п о д м о с т о м . Протекание воды под малым мостом, подходы к которому стесняют водоток, может происходить по схемам свободного и несвободного истечения (рис. 94).

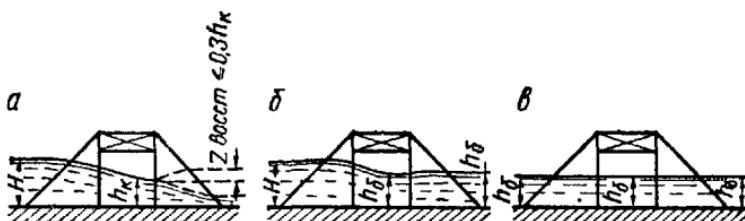


Рис. 94. Схемы протекания воды под мостом:  
а — свободное протекание; б — несвободное протекание; в — схема не-  
стесненного потока

Протекание воды под малым мостом можно отнести к одной из этих схем на основании сравнения бытовой глубины в отводящем русле  $h_b$  с полной критической глубиной для подмостового сечения  $h_k$ :

при  $h_b \leq 1,3 h_k$  установится свободное истечение;

при  $h_b > 1,3 h_k$  истечение будет несвободным.

Если русло водотока нельзя укреплять, а скорость под мостом нельзя повышать против бытовой, то отверстие

моста должно прекрывать все зеркало водотока при расчетном расходе; отверстие такого моста устанавливается без расчета.

**Расчет отверстий по схеме свободного истечения.** Ширину потока под мостом по свободной поверхности  $B_k$  при критической глубине  $h_k$  (рис. 94, а) определяют по формуле, получаемой преобразованием критической функции  $\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{Q^2}{g}$  для любой формы попечного сечения:

$$B_k = \frac{gQ}{\omega_k^3}, \text{ м,} \quad (229)$$

где  $Q$  — расчетный расход водотока;

$v_k$  — скорость при критической глубине, которая принимается равной допускаемой для укрепленного или неукрепленного подмостового русла.

С учетом неполной обтекаемости промежуточных и береговых опор расчетная формула приобретает вид

$$B_k^1 = \frac{gQ}{\epsilon v_k^3} + Nd, \text{ м,} \quad (230)$$

где  $\epsilon$  — коэффициент сжатия (табл. 228), зависящий от формы опор;

$N$  — число промежуточных опор;

$d$  — ширина промежуточной опоры, м.

Среднюю критическую глубину потока под мостом определяют из критической функции по формуле

$$(h_k)_{cp} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB_k^2}} = \frac{v_k^2}{g}, \quad (231)$$

где  $(h_k)_{cp} = \frac{\omega_k}{B_k}$  — средняя глубина потока под мостом при критическом его состоянии.

Для прямоугольных сечений  $(h_k)_{cp}$  и полная  $h_k$  критические глубины совпадают. Для широких трапецидальных русел разность этих глубин невелика. Для узких и глубоких трапецидальных русел полная критическая глубина может быть определена по известным  $B_k$  и  $(h_k)_{cp}$  из формулы

$$h_k = \frac{B_k - \sqrt{B_k^2 - 4mB_k(h_k)_{cp}}}{2m}, \quad (232)$$

где  $m$  — коэффициент откоса конусов.

Значения коэффициентов сжатия струй под мостами  $\epsilon$  и коэффициентов скорости для мостов  $\varphi$  приведены в табл. 228.

Таблица 228

Форма устоев	$\epsilon$	$\varphi$
Обсыпные с конусами . . . . .	0,90	0,90
С откосными крыльями . . . . .	0,85	0,90
Выступающие из конуса . . . . .	0,80	0,85

Ширина потока по дну для трапецидальных русел равна

$$b = B_k' - 2m h_k. \quad (233)$$

Глубина потока перед мостом определяется по формуле

$$H = h_k + \frac{v_k^2}{2g\varphi^2} - \frac{v_n^2}{2g} = h_k + \frac{(h_k)_{cp}}{2\varphi^2} - \frac{v_n^2}{2g}, \quad (234)$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости, учитывающий потери энергии и зависящий от устройства входа потока под мост (табл. 228);

$v_n$  — скорость потока перед мостом при глубине  $H$ ; при

$v_n \leq 1 \text{ м/сек}$  ( $\frac{v_n^2}{2g} \leq 0,05 \text{ м}$ ) последним членом правой стороны можно пренебречь; при  $v_n > 1 \text{ м/сек}$  уравнение (234) решается последовательным приближением.

В том случае, если при назначении типовой схемы моста ширина сечения по дну будет изменена, критическую глубину следует определять не по заданной скорости, а по заданной ширине дна.

Для прямоугольных сечений (при  $b = B_k$ ) расчет производят по формуле

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB_k^2}}, \quad (235)$$

где  $B_k = \epsilon(b - Nd)$ .

Для трапецидальных сечений расчет ведут последовательными приближениями до тех пор, пока не будет получена заданная ширина по дну  $b$ .

Расчет отверстий по схеме несвободного истечения.

Глубину потока под мостом принимают равной глубине потока в отводящем русле  $h_6$  (рис. 94, б).

Ширину потока по средней линии сечения (на уровне половины глубины  $h_6$ ) рассчитывают по формуле, получаемой, преобразованием уравнения неразрывности,

$$B_{cp} = \frac{Q}{\frac{\epsilon}{2} h_6 v_m} + N d, \quad (236)$$

где  $v_m$  — допускаемая скорость под мостом.

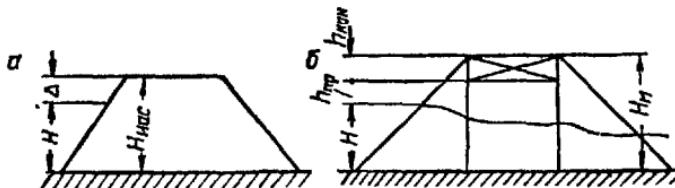


Рис. 95. Схема к определению высоты насыпи и малого моста

Ширина потока по дну для прямоугольного сечения равна  $b = B_{cp}$  и для трапециoidalного сечения

$$b = B_{cp} - m h_6. \quad (237)$$

Глубину потока перед мостом определяют по формуле

$$H = h_6 + \frac{v_m^2}{2g \varphi^2} - \frac{v_h^2}{2g}. \quad (238)$$

При  $v_h \leq 1$  м/сек последним членом формулы (238) можно пренебречь; при  $v_h > 1$  м/сек уравнение решается последовательным приближением.

В том случае, если при назначении типовой схемы моста ширина сечения по дну будет изменена, скорость и глубину потока перед мостом вычисляют вновь.

**Назначение высоты насыпи и высоты моста.** Наименьшую высоту насыпи над наимизшей точкой лога назначают равной (рис. 95, а).

$$H_{nas} = H + \Delta, \quad (239)$$

где  $\Delta$  — запас высоты, определяемый техническими условиями.

Наименьшую высоту моста (рис. 95, б) вычисляют по формуле

$$H_m = H + h_{\text{пр}} + h_{\text{кон}}, \text{ м}, \quad (240)$$

где  $h_{\text{пр}}$  — высота просвета от уровня воды до наимизшей точки пролетного строения, определяемая техническими условиями;

$h_{\text{кон}}$  — конструктивная высота пролетного строения

Мосты малых отверстий проектируются балочными со сборными железобетонными пролетными строениями; наименьшая высота насыпи при этих мостах принимается согласно табл. 229.

Таблица 229

Расчетный расход, м <sup>3</sup> /сек	Высота насыпи, м	Расчетный расход, м <sup>3</sup> /сек	Высота насыпи, м
5	2,00	30	3,50
10	2,50	40	3,75
15	2,75	60	4,10
20	3,00		

Строительная высота типовых сборных железобетонных пролетных строений по проектам Главмостстроя (езды поверху, нагрузка Н8) приведена в табл. 230.

Таблица 230

Тип пролетного строения	Отверстие, м	Строительная высота, м	
		в пролете	на опоре
Плитное односекционное . . . . .	2	0,85	0,85
Плитное двухсекционное . . . . .	3	0,90	0,90
Балочное двухсекционное . . . . .	4	1,20	1,20
То же . . . . .	5	1,40	1,40
» . . . . .	6	1,60	1,64
» . . . . .	8	1,80	1,84
» . . . . .	10	2,00	2,04
» . . . . .	12	2,20	2,34
» . . . . .	15	2,40	2,56

**Расчет отверстий труб.** Режим протекания воды в трубах, подходы к которым стесняют водоток, может быть безнапорным, полунапорным и напорным (рис. 96).

Безнапорное протекание (рис. 96, а) устанавливается, если на всем протяжении трубы поток имеет свободную поверхность и она работает на входе как свободный водослив с широким порогом. Глубина воды в трубе после сжатия потока при входе устанавливается равной  $h_c = 0,9h_k$ .

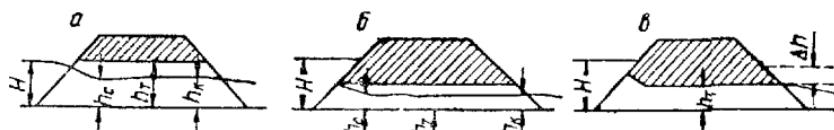


Рис. 96. Схемы протекания воды

Наименьшая длина трубы, при которой на выходе устанавливается критическая глубина, при критическом уклоне равна

$$l_{\min} = \frac{h_k}{10I_k}, \quad (241)$$

где  $I_k$  — критический уклон трубы.

Безнапорное протекание устанавливается, если при обычных входных оголовках глубина воды перед сооружением не превышает  $H = 1,2h_t$ , а при обтекаемых  $H = 1,4h_t$ , где  $h_t$  — высота трубы.

Полунапорное протекание (рис. 96, б) имеет место при обычных входных оголовках при затопленном входном сечении трубы. При этом на всем протяжении внутри трубы поток имеет свободную поверхность. Глубина воды в трубе после сжатия потока  $h_c$  на входе устанавливается меньше критической:

$$h_c = \epsilon h_t < h_k,$$

где  $h_t$  — высота трубы в свету;

$\epsilon$  — коэффициент сжатия, принимаемый равным 0,65.

Коэффициент скорости для труб приведен в табл. 231.

Полунапорное истечение наблюдается в трубах с необтекаемыми оголовками при глубине воды перед трубой большей, чем  $H = 1,2h_t$ .

Таблица 231

Типы оголовков	Коэффициент скорости $\varphi$ при трубах	
	прямоугольных	круглых
Обтекаемые . . . . .	0,95	0,95
Необтекаемые:		
раструбные с разворотом крыльев 1:2 . . .	0,85	
воротниковые и порталные при соотношении отверстия к высоте трубы:		
1 : 0,5 . . . . .	0,83	
1 : 0,67 . . . . .	0,79	
1 : 1,0 . . . . .	0,77	
1 : 1,5 . . . . .	0,73	0,85

Напорное протекание (рис. 96, в) устанавливается при специальной форме входного оголовка трубы и глубине потока перед трубой  $H \geq 1,4h_r$ , а также при обязательном заполнении трубы водой на всем протяжении, что может иметь место только при уклоне трубы, меньшем уклона трения:

$$I < I_w = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}, \quad (242)$$

где  $\omega^2 C^2 R = K_d^2$  ( $K_d$  — расходная характеристика сечения трубы).

Если уровень воды в отводящем русле выше верха выходного сечения трубы на величину  $\Delta h$ , то необходимо учитывать повышение уровня воды перед трубой на ту же величину (т. е.  $\Delta h$ ) в том случае, если

$$\Delta h > \frac{v_{n,6} (v - v_{n,6})}{g}, \quad (243)$$

где  $v_{n,6}$  — скорость потока в отводящем русле (в нижнем бьефе трубы);

$v$  — скорость потока в трубе.

Расчетные коэффициенты скорости для труб при всех режимах см. в табл. 231.

Расчет отверстий без напорных труб. Расчет отверстий безнапорных труб производят исходя из допускаемого заполнения при входе, т. е. по предельной

степени наполнения, задаваемой техническими условиями проектирования:

$$S_0 = \frac{H}{h_t}, \quad (244)$$

где  $H$  — глубина воды перед трубой;  
 $h_t$  — высота трубы.

Расчет глубины воды перед трубой можно производить только путем последовательных приближений, пользуясь формулами для расчета отверстия мостов при свободном истечении. Следует пользоваться табл. 234 и 235 и графиками, позволяющими подобрать трубу достаточной пропускной способности.

Расчетная формула для составления таблиц и графиков

$$Q = AB^{2.5}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (245)$$

где  $A$  — расчетный коэффициент, зависящий от степени заполнения трубы  $S_0$ , формы поперечного сечения трубы и коэффициента сопротивления входа  $\epsilon_{\text{вх}}$ ;  
 $B$  — отверстие трубы (для круглых труб равное диаметру).

Глубину и скорость потока на выходе из труб с уклонами, превышающими критический, рассчитывают по уравнению равномерного движения путем подбора нормальной глубины  $h$ , и вычисления соответствующей скорости. Для подбора нормальной глубины в трубах прямоугольного сечения пользуются расчетными формулами равномерного движения:

$$Q = \omega C V \bar{R} I = K_0 V \bar{I} \text{ и } V_0 = C V \bar{R} I = W_0 V \bar{I}, \quad (246)$$

где  $K_0$  и  $W_0$  — модули пропускной способности и скорости для сечения (расходная и скоростная характеристики).

Расходные характеристики, характеристики скорости и значения критической функции для круглых труб приведены в табл. 232.

Для труб с уклонами, равными и меньшими критического, глубина воды на выходе из трубы равна критиче-

Таблица 232

Степень наполнения	Критическая функция	Отношение расходных характеристик	Отношение скоростных характеристик	
			$\frac{h_0}{d}$ или $\frac{h_K}{d}$	$\frac{\omega_K^3}{B_K d^5} = \frac{Q^2}{gd^8}$
0	0	0		
0,10	0	0,017		0,333
0,20	0,001	0,080		0,565
0,30	0,009	0,188		0,748
0,40	0,025	0,332		0,889
0,50	0,060	0,500		1,000
0,60	0,121	0,678		1,083
0,70	0,220	0,850		1,137
0,80	0,382	0,994		1,159
0,90	0,685	1,082		1,142
1,00	~	1,000		1,100

ской. Подсчет критической глубины для прямоугольного сечения производят по формуле

$$h = \sqrt{\frac{Q^2}{gB^2}}, \quad (247)$$

где  $B$  — отверстие прямоугольной трубы.

Для круглых труб критическую глубину определяют, пользуясь табл. 232.

Расчет отверстий полунапорных труб. Расчетная формула для составления таблиц пропускной способности полунапорных труб

$$Q = \epsilon \varphi \omega \sqrt{2g(H - \epsilon h_r)}, \quad (248)$$

где  $\varphi$  и  $\epsilon$  — коэффициенты скорости и сжатия для полунапорных труб (см. табл. 231);

$\omega$  — полная площадь сечения трубы;

$H$  — напор над дном входного сечения трубы.

Расчет скорости на выходе производят аналогично расчету для безнапорных труб.

Расчет отверстий напорных труб. Расчет отверстий напорных труб со специальными обтекае-

мыми оголовками производят по допускаемым скоростям течения по формуле

$$Q = \varphi \omega \sqrt{2g(H - h_r)}, \quad (249)$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости (табл. 231), учитывающий только сопротивление входа.

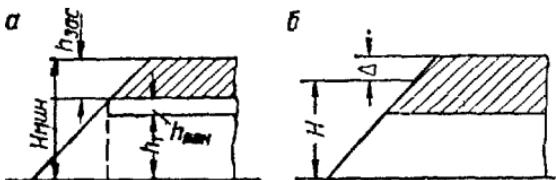


Рис. 97. Определение высоты насыпи у трубы:

*а* — по подтоплению откоса; *б* — по засыпке над трубой

При уклоне трубы, меньшем уклона трения, глубина перед входом будет больше указанной в таблицах; ее нужно определять по формуле

$$H = H_{\text{табл}} + l(I_w - I), \quad (250)$$

где  $H_{\text{табл}}$  — табличное значение глубины  $H$ , соответствующее  $I_w = I$ ;

$l$  — длина трубы;

$I$  — уклон трубы.

Расчет высоты насыпи у трубы. Высоту насыпи у безнапорной трубы принимают исходя из условий (рис. 97, а):

$$H_{\text{мин}} = h_r + h_{\text{кон}} + h_{\text{зас}}, \quad (251)$$

где  $h_{\text{кон}}$  — сечение стенки трубы;

$h_{\text{зас}}$  — необходимая по техническим условиям высота засыпки над трубой.

Для полунапорных и напорных труб (рис. 97, б) необходимую высоту насыпи определяют по формуле

$$H_{\text{мин}} = H + \Delta, \quad (252)$$

где  $\Delta$  — запас высоты над уровнем воды, назначаемый по техническим условиям.

Приведенные выше данные по бетонным прямоугольным (табл. 233) и круглым (табл. 234) железобетонным трубам приняты по «Таблицам к расчету отверстий малых искусственных сооружений» по методу СоюзДорНИИ

Таблица 233

$q$ ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) на 1 м от- верстия	$h$ , м	$H$ , м	$v$ , м/сек	$h$ , м	$H$ , м	$v$ , м/сек
	при обтекаемых оголовках		при необтекаемых оголовках			
1,0	0,6	0,74	2,1	1,0	0,82	2,1
1,4	0,7	0,92	2,4	1,3	1,02	2,4
2,0	0,9	1,17	2,7	1,5	1,21	2,6
2,5	1,0	1,36	2,9	1,8	1,51	2,9
3,0	1,1	1,52	3,1	2,0	1,68	3,1
4,0	1,4	1,86	3,4	2,4	2,05	3,4
5,0	1,6	2,14	3,6	3,0	2,54	3,8
6,0	1,8	2,44	3,9	3,2	2,70	3,9
7,0	2,0	2,70	4,1	3,5	3,02	4,1
10,0	2,6	3,46	4,6	4,0	3,56	4,5
15,0	3,4	4,52	5,3	—	—	—
20,0	4,0	5,46	5,8	—	—	—

При составлении таблиц были приняты:

повышенные расходы для установления отметки бровки земляного полотна и нормальные — для установления отметки верха трубы;

превышение бровки земляного полотна над подпerteим горизонтом воды, при повышенном расходе равное 0,5 м;

режим работы труб: безнапорный режим (выше черты в табл. 234) при условии, что вода полностью не заполняет трубу и остается просвет с запасом  $0,2d$ ; напорный режим, который создается, как только вода полностью заполнит трубу.

Трубы располагаются, как правило, по уклону местности  $i_0$ , а не по критическому уклону трубы  $i_{\text{кр}}$ . При разнице уклонов местности и критического в 2 раза и более нужно учитывать, что:

при  $i_0 > i_{\text{кр}}$  увеличение скорости в трубе, работающей при безнапорном режиме, составит  $\sqrt[3]{\frac{i_0}{i_{\text{кр}}}}$  раз;

при  $i_0 < i_{\text{кр}}$  увеличение подпорного горизонта  $H$  составит  $l(i_{\text{кр}} - i_0)$ , где  $l$  — длина трубы по подошве насыпи.

Таблица 234

Величины критических уклонов для различных труб в зависимости от величины отверстия приведены в табл. 235.

Таблица 235

Критический уклон при		При отверстии, м
прямоугольных трубах	круглых трубах	
0,009	0,007	1,0
0,008	0,006	1,5
0,008	0,006	2,0
0,007	—	3,0
0,006	—	4,0

### § 87. Переходы прочих линейных сооружений через водотоки

Переход через водотоки и сухие лога трубопроводов различного назначения (водоводов, теплопроводов, гидроизолированных коллекторов и т. д.) осуществляется при помощи эстакад — над руслом водотока или дюкеров под руслом.

Сооружение эстакад требует примерно одинаковой высоты обоих берегов оврага или водотока; в случае значительной разницы высоты берегов целесообразнее устройство дюкеров. Последние необходимо заглублять на 0,7—1 м ниже дна реки во избежание повреждения их якорями; сооружения эстакады на размываемых и скальных грунтах дна реки следует избегать.

Состав изыскательских работ для проектирования этих переходов приведен в табл. 236

Таблица 236

Ширина реки или оврага, м	Топографическая съемка M 1:500		Разведочные выработки по трассе		
	Длина участка по трассе, м	Ширина участка, м	Расстояние между выработками, м	Средняя глубина, м	
			при эстакаде	при дюкере	
20	100	50	20	5—10	3—4
До 50	150	100	25	10—12	5—6
Более 50	50 + L* + 50	100	30	10—15	5—6

\* L —ширина разлива в высокую воду плюс 2 м выше ВИГ

При исследовании грунтов на переходе дюкером в русле реки должно быть пробурено не менее одной-двух скважин, по берегам вдоль уреза — две и на берегах в расстоянии 20—50 м от уреза — две.

Расчет отверстия эстакад производится по методу расчета отверстий искусственных сооружений; изыскатели должны представить материалы топографических и инженерно-геологических работ в объеме, указанном выше для мостовых переходов, а также необходимые гидрологические и расчетные данные.

Береговые опоры канатных дорог и линий электропередачи являются наиболее ответственными элементами перехода, так как воспринимают значительные нагрузки, в связи с чем в местах их устройства грунты должны удовлетворять удельным нагрузкам, указанным в задании на изыскания переходов. При недостаточно устойчивых грунтах геологи должны представить соответствующие рекомендации по усилению несущей способности естественных оснований.

При изысканиях данных переходов топографические работы выполняются в объеме, указанном в табл. 236, инженерно-геологические работы сосредоточиваются только на береговых участках без освещения геологической характеристики русла реки. Гидрологическая характеристика реки ограничивается указанием отметок ледостава, ледохода и наивысших горизонтов воды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Андреев О. В., Бегам Л. Г., Высоцкий Л. Ф. Вопросы проектирования мостовых переходов. Трансжелдориздат, 1950.
- Болдаков Е. В., Андреев О. В. Переходы через водотоки. Автотрансиздат, 1956.
- Даденков Ю. Н., Зубрий П. Е. Гидротехнические расчеты. Госстехиздат Украины, 1951.
- Краткий справочник для гидрологических расчетов. Госэнергоиздат, 1948.
- Краткий справочник по трубам и малым мостам. Под ред. Е. В. Болдакова. Автотрансиздат, 1956.
- Нормы стока и инструкция по расчету стока и отверстий малых мостов и труб. Союздорний. Автотрансиздат, 1955.
- Северьянов Н. Н., Агалина М. С. Инженерные изыскания для строительства угольных предприятий. Углетехиздат, 1955.
- Таблицы к расчету отверстий малых искусственных сооружений по методу Союздорний. Союздорпроект, 1956.

## ГЛАВА XIV

# ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

### § 88. Общие сведения

Число стадий изысканий рек соответствует числу стадий проектирования гидротехнических сооружений. На стадии проектного задания производятся предварительные изыскания, на стадии технического проекта — подробные (окончательные) изыскания, а на стадии рабочих чертежей особых сложных сооружений в отдельных случаях проводятся дополнительные изыскания.

Изыскания и проектирование гидротехнических сооружений на малых реках выполняются, как правило, в две стадии.

Изыскания для строительства гидротехнических сооружений в условиях угольных предприятий в основном производятся на малых реках, разряды и категории которых приведены в табл. 237.

Таблица 237

Разряды рек	Характеристика судоходства и сплав		Глубина рек в межень, м	Категория реки
	суда	плоты (ширина), м		
Малые реки	Пассажирские 1,5-этажные	До 36	Менее 0,7	IVa
То же	Пассажирские катера	» 21	То же	IVб
Сплавные реки	То же	» 14	—	Va
То же	—	Сплав	—	Vб

Изыскания на реках высших разрядов выполняются специализированными организациями.

### § 89. Гидрографические съемки

Гидрографические съемки по точности и степени подробности разделяются на рекогносцировочные, русловые и крупномасштабные.

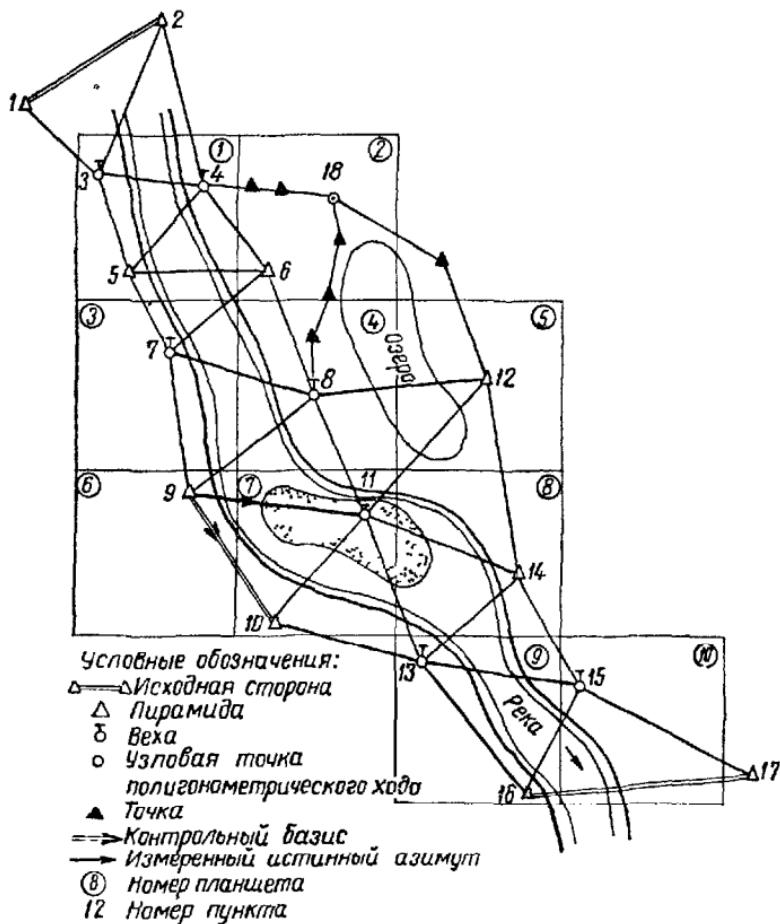


Рис. 98. Схема планового обоснования гидрографической съемки реки

Виды и масштаб съемок для рек шириной до 300 м, а также объем обоснования на один планшет указаны в табл. 238.

Таблица 238

Виды гидрографических съемок	Масштаб съемок	Количество опорных пунктов	Количество пунктов сгущения
Рекогносцировочная съемка . . . . .	1 : 10000	4—5	10—15
Русловая (маршрутная) съемка . . . . .	{ 1 : 5000 1 : 2000	3—4	10—15
Крупномасштабная съемка	1 : 2000	2—3	7—10

На реках шириной в межень 100—150 м русловые съемки производятся в масштабе 1 : 2000.

Вид и густота планового обоснования гидрографических съемок рек приведены в табл. 239.

Таблица 239

Виды и масштабы съемок	Плановое обоснование		Необходимое количество пунктов на планшет	
	основное	сгущение	для основного обоснования	для сгущения
Рекогносцировочные гидрографические съемки масштабов 1:25 000 и 1:10 000	Графическая триангуляция; дальномерные теодолитные и мензульные ходы	Мензульные станции (переходные точки)	4—6 пунктов графической триангуляции или 10—12 точек дальномерных ходов	10—20 точек в зависимости от характера местности и масштаба съемки
Русловые съемки масштабов 1:10 000, 1:5000 и 1:2000	Триангуляция V класса, микротриангуляция, теодолитные ходы	Дальномерные теодолитные или мензульные ходы	3—7 пунктов триангуляции, 6—8 пунктов микротриангуляции или 10 пунктов теодолитных ходов	10—20 точек

Продолжение. табл. 239

Виды и масштабы съемок	Плановое обоснование		Необходимое количество пунктов на планшет	
	основное	сгущение	для основного обоснования	для сгущения
Крупномасштабные гидрографические съемки масштабов 1:5000, 1:2000	Триангуляция III и IV класса и полигонометрия III класса	Теодолитные и мензульные ходы	Соответственно Инструкции по топографическим съемкам в масштабе 1:5000 и 1:2000 ГУГК 1955 г.	

Опорная сеть планового обоснования создается по одному берегу; при ширине реки более 300 м или при сложной конфигурации, когда проложение теодолитно- дальномерных ходов по одному берегу недостаточно, строится цепь геодезических треугольников (рис. 98) или же на другом берегу путем засечек определяются дополнительные точки.

Геодезическое и съемочное обоснование топографических съемок участков для размещения сооружений гидротехнических узлов в масштабах 1:1000 и 1:500 выполняется в соответствии с указаниями, приведенными в главе II настоящего справочника.

Основные требования, предъявляемые к измерению горизонтальных углов при проложении планового обоснования гидрографических съемок, изложены в табл. 240 и 241.

В качестве основного высотного обоснования гидрографических съемок и для определения профиля водной поверхности при низких меженных уровнях принимается геометрическое нивелирование III и IV классов, прокладываемое по реперам и горизонтам воды.

Для сгущения высотной опорной сети применяется нивелирование V класса и тригонометрическое нивелирование.

Точность нивелирных ходов приведена в табл. 242.

Таблица 240

Вид и класс работ	Тип теодолита	Способ измерения углов	Количество		Допускаемые колебания в значениях углов в полу-приемах, сек.
			приемов	повторений	
Триангуляция III класса . . . . .	30"	Повторения	3	3	10
То же, V класса . . . . .	30"	То же	1	3	15
Полигонометрия III класса . . . . .	30"	"	2	3	15
Микротриангуляция . . . . .	30"	"	1	2	20
Теодолитный ход . . . . .	30"	Круговые приемы	1	—	20
То же . . . . .	1'	То же	1	—	30

Таблица 241

Вид и класс работ	Допускаемые уклонения за несмыкание горизонта	Допускаемые ошибки в треугольниках и полигонах	Допускаемая среднеквадратическая ошибка измеренного угла на станции, сек
Триангуляция V класса .	$\pm 10'' \sqrt{n}$	$\pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{3n}} (253)$	$\pm 10$
Полигонометрия III класса .	$\pm 10'' \sqrt{n}$	$\pm 15'' \sqrt{n} (254)$	$\pm 10$
Микротриангуляция . . .	$\pm 15'' \sqrt{n}$	$\pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{3n}} (255)$	$\pm 20$
Теодолитный ход . . . . .	$\pm 25'' \sqrt{n}$	$\pm 1' \sqrt{n} (256)$	$\pm 25$

Приложение:  $n$  — число измеренных углов;  $v$  — угловая невязка треугольника.

Таблица 242

Вид и класс нивелирования	Допускаемая средняя ошибка на 1 км, мм		Предельная длина хода, км			Обязательная привязка к опорным пунктам, если они не далее, км	
	случайная	систематическая	между пунктами высшего класса	между узловыми точками	высотные ходы	в населенной местности	в машинальной местности
Геометрическое нивелирование III класса . . . . .	± 4	± 0,8	200	100	100	10	15
То же, IV класса . . . . .	± 10	± 2	100	50	50	5	10
» V класса . . . . .	± 20	± 4	50	25	25	5	10
Тригонометрическое нивелирование . . . . .	± 100	± 20	25	15	10	3	—

**Рекогносцировочная съемка.** В открытой местности рекогносцировочная съемка выполняется мензулей на основе мензульных ходов, прокладываемых по направлениям намеченных маршрутов; конфигурация берегов, стариц и протоков в полузакрытой местности определяется путем прокладки мензульных боковых висячих ходов, а также глазомерными зарисовками.

В залесенной или застроенной местности производится тахеометрическая съемка на основе теодолитно-дальномерных ходов; во избежание излишней рубки последние прокладываются по лесным дорогам, просекам, полянам. Невязки в ходах между опорными пунктами не должны превышать 1 : 300 от общей длины хода. В дополнение к основным ходам прокладываются поперечники вдоль поймы согласно табл. 243.

Таблица 243

Характеристика местности	Масштаб съемки	Расстояние между поперечниками вдоль поймы, км
Открытая . . . . .	1 : 25 000	1,5
То же . . . . .	1 : 10 000	1,0
Заросшая или заболоченная . . . . .	1 : 25 000	2,5
То же . . . . .	1 : 10 000	1,5

Отметки точек рабочего обоснования определяются геодезическим нивелированием. Одновременно производятся промеры реки. Рельеф местности изображается горизонталиями, которые проводятся: при масштабе съемки 1 : 25 000 через 5,0 м, при масштабе 1 : 10 000 через 2,5 м.

**Русловые маршрутные съемки.** Маршрутные мензульно-русловые съемки прибрежной полосы производятся вглубь от меженных бровок в соответствии с табл. 244.

Таблица 244

Масштаб съемки	Ширина полосы съемки по каждому берегу, м
1 : 2000	100
1 : 5000	150
1 : 10 000	200

При необходимости обоснование съемок может быть сгущено точками, получаемыми путем графических за-сечек с имеющихся пунктов или при помощи проложения дополнительных мензульных ходов, длины линий которых указаны в табл. 245.

Таблица 245

Масштаб съемки	Дополнительные мензульные ходы	
	Длины линий, (не менее) м	Длины ходов между пунктами опорной сети (не более), км
1 : 10 000	300	2,0
1 : 5000	200	1,0
1 : 2000	100	0,5

Линейная невязка инструментальных ходов вычисляется по формуле

$$\Delta P = \frac{P}{10^4} \sqrt{\frac{4000}{n} + 8n + 24}, \quad (257)$$

где  $P$  — длина хода, км;  
 $n$  — число сторон хода.

Высотная невязка мензульно-инструментальных ходов определяется по формуле.

$$\Delta h = m_{\pi} \sqrt{Pd}, \quad (258)$$

где  $d = \frac{P}{n}$ ;

$m_{\pi}$  — предельная ошибка в превышении на 1 км хода; принимается по табл. 246.

Таблица 246

Углы наклона местности, град.	Предельная ошибка в превышении, м
Меньше 5	0,4
От 5 до 7	0,6
Свыше 7	0,8

В местности с пересеченным рельефом, когда углы наклона линий мензульного хода различны, высотная невязка в ходах не должна превышать

$$\Delta h = P \sqrt{n_1 m_{\pi_1}^2 + n_2 m_{\pi_2}^2 + n_3 m_{\pi_3}^2}, \quad (259)$$

где  $m_{\pi_1}$ ,  $m_{\pi_2}$ ,  $m_{\pi_3}$  — предельные ошибки в превышениях на 1 км хода;

$n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  — число групп линий хода, имеющих соответственно одинаковые углы наклона.

Ошибки в нанесении контуров на планшет не должны превышать пределов, указанных в табл. 247.

Таблица 247

Масштаб съемки	Предельные расстояния до рейки, м	Предельные ошибки при нанесении контуров на планшет, м	Сечение рельефа берегов горизонтальными	
			местность средней сложности	местность гористая, крутое скаты
1 : 10 000	350	3,5	1,0	2,0
1 : 5000	250	2,5		
1 : 2000	150	1,0	0,5	1,0

Для набора пикетных точек следует руководствоваться следующими средними нормами: при масштабе съемки 1 : 2000 — при ясно выраженном рельефе не реже чем через 50 м; при масштабе 1 : 5000 — не реже чем через 125 м и при масштабе 1 : 10 000 — не реже чем через 250 м пикет от пикета.

Точность изображения рельефа должна удовлетворять требованиям табл. 248.

Таблица 248

Масштаб съемки	Сечение рельефа горизонталями, м	Угол наклона местности, град.	Предельная допускаемая ошибка в проведении горизонталей, м
1 : 10 000	2,0	От 0 до 1	0,50
	2,0	» 1 » 3	0,75
	2,0	» 3 » 5	1,00
	5,0	» 5 » 10	2,50
1 : 5000	1,0	» 0 » 1	0,25
	1,0	» 1 » 3	0,30
	1,0	» 3 » 5	0,50
	2,0	» 5 » 10	1,00
1 : 2000	0,5	» 0 » 1	0,10
	0,5	» 1 » 3	0,20
	0,5	» 3 » 5	0,25
	1,0	» 5 » 10	0,50

Тахеометрическая русловая съемка применяется или при неблагоприятных климатических условиях, или при съемке длинных, узких и залесенных полос местности на речных поймах и берегах. Количество точек планового и высотного обоснования принимается согласно табл. 238.

Предельно допустимые расстояния от инструмента до пикетных точек, а также расстояния между пикетами на местности средней сложности указаны в табл. 249.

Таблица 249

Масштаб съемки	Расстояние от инструмента до рейки, м		Расстояние между пикетными точками, м	
	при съемке рельефа	при съемке ситуации	при съемке рельефа	при съемке ситуации
1 : 10 000	300	350	150	В зависимости от извилистости контуров
1 : 5000	200	250	75	
1 : 2000	100	150	50	

При вычислении координат и высот тахеометрических ходов дирекционные углы хода определяются с точностью до  $1'$ , а высоты из тахеометрического нивелирования с точностью до  $0,05\text{ м}$ . Допустимые невязки приведены в табл. 250.

Таблица 250

Допустимые невязки	Формула невязки	Приятые обозначения
Линейная невязка при измерении длины линий дальномером . . . . .	$f = \frac{S}{300 \sqrt{n}}$	$S$ — длина хода, м; $n$ — число линий хода
То же, при измерении длины линии лентой (относительная невязка) . .	Не более $1 : 1000$	
Угловая невязка по тахеометрическим ходам	$\pm 1,5 t \sqrt{n'}$	$t$ — точность верньеров; $n'$ — число углов
Высотная невязка . .	$\Delta h = \frac{+ 0,04 S}{\sqrt{n}}$	

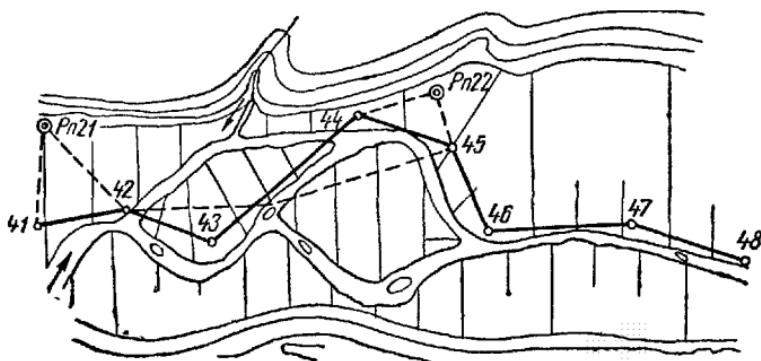


Рис. 99. Нивелирная съемка по поперечным профилям

Нивелирная русловая съемка рельефа применяется в закрытой местности на поймах и береговых полосах.

На рис. 99 показана схема расположения съемочной магистрали, от которой разбиты поперечники для нивелирования. При нивелирной съемке открытой местности

разбивается сеть квадратов с длиной сторон 50—200 м (в зависимости от рельефа местности и масштаба съемки).

Комбинированная русловая съемка применяется при резком различии в характере снимаемой местности: открытая пойма реки со сложным микрорельефом снимается способом нивелирования поперечников или створов; в открытой местности с крупным рельефом, особенно изрезанным оврагами или болотами, при наличии крутых бровок и т. д. производится мензульная съемка; залесенные участки местности снимаются тахеометрическими или мензульными ходами.

**Крупномасштабная съемка.** Крупномасштабная съемка производится на сложных участках реки на стадии технического проекта в масштабе 1:5000 или 1:2000 в зависимости от ширины реки.

Рельеф надводной части снимаемого участка изображается горизонталями через 0,5 м; подводный рельеф — донными горизонталями или изобатами (см. табл. 256). Состав работ и детальность исследований малых водотоков, используемых в качестве водоприемников при осушении заболоченных территорий, приведены в табл. 251 для средних условий равнинной и холмистой местности.

Таблица 251

Стадия проектирования	Масштаб топографической съемки водоприемника и береговой полосы	Сечение рельефа горизонталями, м	Расстояние между створами промеров глубин, м
Проектное задание . . .	1 : 10 000	1,0	200
Технический проект . . .	1 : 5000	0,5	100
Рабочие чертежи . . .	1 : 2000	0,25	50

Для стадии проектного задания производится маршрутная инженерно-геологическая съемка в масштабе 1:50 000—1:25 000.

### § 90. Промеры глубин

Основным способом промера глубины реки является промер по поперечным профилям; промеры по косым галсам применяются при скоростях течения более

1,5 м/сек и значительной ширине реки, когда выполнять промеры по поперечным профилям не представляется возможным. Поперечные профили для измерения глубин разбивают нормально к стержню потока; при ширине реки до 300 м разбивка производится ганиометром, свыше 300 м — теодолитом.

Подробность промера речных глубин характеризуется расстояниями между промерными профилями и точками (табл. 252).

Таблица 252

Наименование промеров	Ширина реки, м	
	100—200	200—300
<i>Рекогносцировочный промер</i>		
Расстояние между промерными профлиями:		
на плёсах . . . . .	100	200
на перекатах . . . . .	25	50
Расстояние между промерными точками :	5—7	10
<i>Обычный промер</i>		
Расстояние между промерными профлиями:		
на плёсах . . . . .	75	100
на перекатах . . . . .	25	25
Расстояние между промерными точками :	5	5—10
<i>Подробный промер</i>		
Расстояние между промерными профлиями:		
на плёсах . . . . .	50	75
на перекатах . . . . .	10	20
Расстояние между промерными точками :	3—5	5

Способы координирования промеров разделяются на три группы: 1) непосредственная разбивка промерных точек при промерах по тросу для масштабов 1:500 и 1:1000 и со льда для всех масштабов; 2) прямыми засечками геодезическими инструментами для масштабов 1:1000—1:10 000 (рис. 100 и 101); 3) полуинструментально по гребкам или секундомеру, с контролем по бе-

реговым ориентирам (только для рекогносцировочного продольного промера глубин по фарватерам)

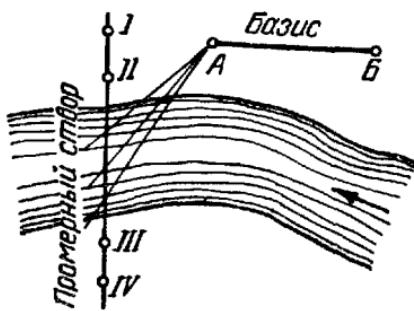


Рис. 100 Засечки промеров одним инструментом  
I—IV — вехи на промерном створе

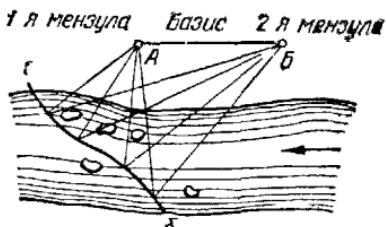


Рис. 101 Засечки промеров двумя инструментами  
ab — направление промерной линии

Расстояния между профилями и промерными точками в зависимости от масштаба промерных планов приведены в табл. 253.

Таблица 253

Масштаб промерных планов	Ширина реки, м	Летние промеры, м		Зимние промеры, м	
		между профилями	между промерными точками	между профилями	между промерными точками
1:500	До 50	10	2	—	—
1:1000	50—100	20	5	10	5
1:1000	50—100	25—50	5—10	50	10
1:2000	100—400	20—30	5—10	20—80	5—20
1:2000	100—200	50—100	10—20	50—100	10—20

Схема промерных работ показана на рис. 102. В точке *A* устанавливается инструмент, которым засекают места на створе, где с лодки производят промер глубин.

Длина базиса *b* и угол *a* измеряются до начала промерных работ; расстояния *L* от базиса до промерных точек определяются по формуле

$$L = \frac{b \sin \alpha}{\sin(180^\circ - \alpha - \beta)}. \quad (260)$$

Описанный способ применяется также для определения неприступных расстояний при трассировании пере-

ходов через водные препятствия, топкие болота и глубокие лога с крутыми обрывистыми бортами.

Направления промерных профилей закрепляются двумя кольями, расстояния между которыми должны

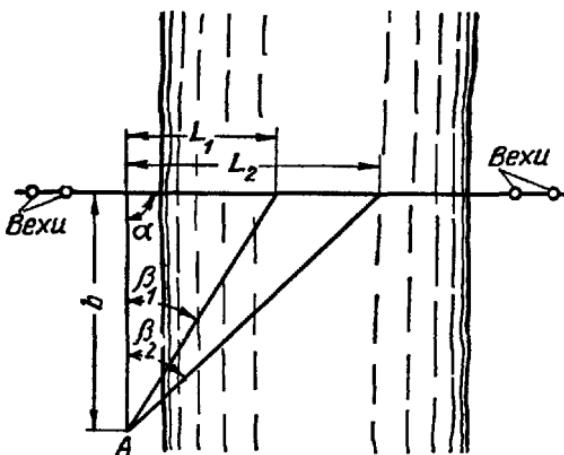


Рис. 102. Промеры глубин с измерением расстояния теодолитом:

$\beta_1$ ,  $\beta_2$  — величины угловых засечек;  $L_1$ ,  $L_2$  — расстояния от базиса до промерных точек

быть равны расстояниям между створными вехами; расстояния между створными вехами принимаются в соответствии табл. 254.

Таблица 254

Ширина реки, м	Расстояние между створными вехами, м
До 100	Не менее 5
100—200	5—10
200—300	10—20

Способ определения промерных точек на профилях и галсах в зависимости от точности промера и скорости течения для рек шириной до 300 м принимается в соответствии в табл. 255.

Точность отсчетов при измерениях глубин наметкой — до 0,05 м; при измерении лотлином до глубины 10 м — до 0,1 м и при глубине более 10 м до 0,2 м.

Таблица 255

Вид промеров	При скорости течения, м/сек	Способ определения промерных точек
Рекогносцировочный .	При любых скоростях	По гребкам или секундомеру
Обычный . . . . .	До 1,5	Одной мензуруй
То же . . . . .	Свыше 1,5	То же
Подробный . . . . .	До 1,5	По тросу
То же . . . . .	Свыше 1,5	Двумя мензулами

Подводная часть планов обрабатывается в изобатах или в горизонталях; в первом случае вычисляются глубины (от срезочного уровня), а во втором — отметки дна. В условиях обычного или подробного промеров изобаты проводятся согласно табл. 256.

Таблица 256

Масштаб оформления плана	Сечение изобат, м	
	плёсы	перекаты
1 : 10000	1,0	0,5
1 : 5000	0,5 и 1,0	0,25 и 0,5
1 : 2000	0,5	0,25

Примечание. При рекогносцировочных промерах изобаты проводятся на плёсе через 1,0 м, а на перекатах через 0,5 м.

Способы координирования летних промеров глубины водохранилищ разделяются на три группы: 1) по тросу для планов масштабов 1 : 500 и 1 : 1000; 2) засечками с берега двумя инструментами для планов масштабов 1 : 2000, 1 : 5000 и 1 : 10 000; 3) засечками с воды двумя секстантами для планов масштабов 1 : 25 000.

Для зимних промеров всех видов и масштабов принят метод непосредственной разбивки точек.

Густота промерных профилей в зависимости от масштаба промерных планов и связь между масштабом оформления промеров, площадями акваторий и длиной фронта по береговой черте даны в табл. 257.

Таблица 257

Масштаб оформления	Расстояния, м		Площадь акватории, км <sup>2</sup>	Удаление района работ от берега, км	Протяженность фронта работ вдоль берега, км
	между промерными профлиями	между промерными точками			
1 : 500	10	5	1	0,2	5
1 : 1000	20	10	1	0,2	5
1 : 2000	50	20	5	1	5
1 : 5000	100	50	10	2	5

**§ 91. Плотины и водохранилища**

Деление плотин по назначению, высоте подъема и роду применяемых строительных материалов приведено в табл. 258.

Таблица 258

По назначению	По высоте подъема воды	По роду строительных материалов
Водоподъемные Водохранилищные	Низконапорные с глубиной воды перед плотинами до 10 м Средненапорные 10—25 м Высоконапорные более 25 м	Земляные (насыпные или намывные) Из каменной наброски или из каменной кладки насухо Бетонные и каменные Железобетонные

При топографической съемке района будущего затопления производится сбор данных для проектирования инженерной подготовки ложа водохранилища по переносу и сносу строений, затоплению культурных земель, переустройству дорог и т. д.; одновременно производится таксация лесонасаждений.

Масштабы топографических съемок указаны в табл. 259.

Таблица 259

Масштаб топографической съемки		
чаши водохранилища	площадки сооружений гидроузла	створов подпорных сооружений, трасс каналов и пр
1 : 5000 — 1 : 10000 Для проектного задания 1 : 5000 — 1 : 2000 Для рабочих чертежей	1 : 2000 1 : 500 — 1 : 1000	1 : 2000 — 1 : 5000 1 : 1000 — 1 : 2000

Съемка чаши водохранилища производится по высоте на 2—5 м выше намеченной отметки подпора (горизонта затопления); на этой же или большей территории, в зависимости от сложности геологического строения, производится инженерно-геологическая съемка.

В состав гидрологических работ входят: гидрометрические и метеорологические наблюдения, а также русловые и зимние исследования. Для водохозяйственных расчетов водохранилищ требуются следующие исходные данные:

характеристика колебаний стока в естественном состоянии в рассматриваемых створах реки за весь период наблюдений в виде среднегодовых, среднемесячных расходов и за периоды паводков — в виде среднедекадных и среднесуточных;

многолетняя характеристика стока: параметры стока среднемноголетнего его значения  $W_0$ , значений коэффициентов вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s$ ; характеристика внутригодового распределения стока, гидрографы половодий или паводков, а также максимальные расходы расчетной вероятности превышения;

зависимости расходов воды от уровней в различных створах в верхнем и нижнем бьефах в летних и зимних условиях;

характеристики шуговых и зажорно-заторных явлений; характеристики твердого стока.

## § 92. Инженерно-геологические работы

При инженерно-геологических исследованиях, проводимых в процессе гидротехнических изысканий, необходимо разрешить следующие вопросы.

В районе водохранилищ:

- а) возможные потери воды;
- б) возможное развитие по берегам водохранилища оползневых явлений, представляющих опасность для промышленных сооружений и населенных пунктов;
- в) возможное подтопление ценных угодий, промышленных сооружений, населенных пунктов и месторождений полезных ископаемых;
- г) наличие в долине реки (выше водохранилища) очагов твердого стока как источника заиливания водохранилища.

На участке плотин необходимо установить:

- а) наличие или отсутствие в толще пород основания прослоев с малым сопротивлением сдвигу;
- б) несущую способность основания;
- в) возможность местной осадки сооружения при наличии в основании слабых пород (торф, ил, пластичные глины);
- г) фильтрационную способность пород основания;
- д) наличие или отсутствие карста;
- е) возможность выщелачивания и механической суффозии пород в основании;
- ж) выходы напорных вод;
- з) возможность развития оползневых явлений в местах примыкания плотины к берегам;
- и) сейсмичность района;
- к) наличие естественных строительных материалов.

Инженерно-геологические работы на стадии проектного задания включают:

инженерно-геологическую съемку отрезка долины в масштабе 1:5000—1:10 000 в пределах возможного размещения конкурирующих вариантов створа плотины плюс в сторону верхнего бьефа на расстояние не менее 100—200 м, в сторону нижнего бьефа — 200—500 м, в сторону склонов на расстояние, равное длине плотины, а в горных условиях на высоту, в 2—3 раза превышающую высоту подпора;

разведочные работы: а) для обоснования съемки; б) по дну долины; в) на поперечниках в характерных участках, в равнинной местности на расстояние длины плотины в каждую сторону, в горных районах в 1,5—2 раза выше величины подпора; г) на выбранном створе

не менее 3—5 выработок, из них одна обязательно в русле, и на поперечниках, оконтуривающих плотину со стороны верхнего и нижнего бьефов (200—300 м от оси);

одиночные откачки, в единичных случаях кустовые.

Инженерно-геологические работы на стадии технического проекта и рабочих чертежей включают:

проходку разведочных выработок: по оси плотины и оконтуривающим ее поперечникам в 2—3 раза чаще, чем в стадии проектного задания: по оси водосброса; по склонам;

кустовые откачки.

**Фильтрация из водохранилищ** может происходить в нижний бьеф, в соседние долины (другой речной системы или впадающие в нижний бьеф), а также через излучину реки. Фильтрация в нижний бьеф может происходить в основании плотины или в примыканиях плотины (боковая или обходная фильтрация).

В случае залегания в основании плотины однородных пород расчет фильтрационных потерь производится по формуле Павловского

$$q = K_{\phi} H Q_r. \quad (261)$$

где  $q$  — фильтрационный расход под плотиной на единицу длины;

$K_{\phi}$  — коэффициент фильтрации;

$H$  — напор плотины (разность отметок верхнего и нижнего бьефов);

$Q_r$  — «приведенный расход», определяемый по графику

(рис. 103) в зависимости от отношения  $\frac{b}{z_b}$  (где  $b$  — половина ширины флютбета,  $z_b$  — глубина залегания водоупорного пласта).

При значительной мощности водопроницаемых пород и неизвестной глубине залегания водоупора значение  $Q_r$  в формуле (261) определяется по табл. 260 в зависимости от отношения  $\frac{y}{b}$ , где  $y$  — расчетная глубина потока.

Таблица 260

$y/b$	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
$Q_r$	0,032	0,063	0,156	0,283	0,462	0,704	0,964	1,174

Для случаев, когда  $\frac{2b}{z_B} \geqslant 1$ , т. е. глубина залегания водоупорного пласта не превышает ширины флютбета, фильтрационный расход может быть достаточно точно определен по формуле Г. Н. Каменского

$$q = K_\Phi H \frac{z_b}{2b + z_B}. \quad (262)$$

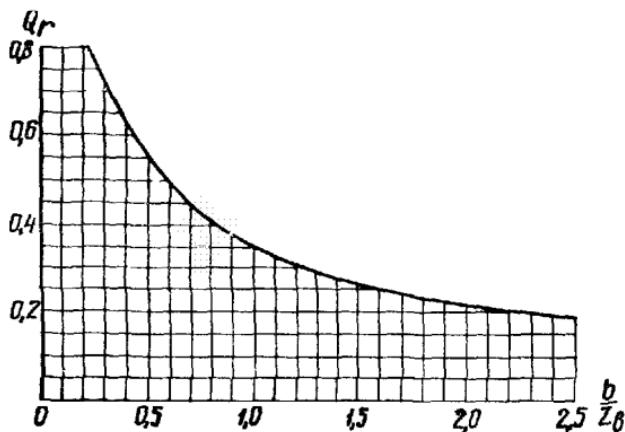


Рис. 103 График для определения приведенного расхода  $Q_r$

При определении фильтрации в примыканиях плотин ширина фронта фильтрации зависит от высоты подпора в реке и расхода подземного потока на единицу длины берега водохранилища. Протяженность  $B$  фильтрующего берега водохранилища (рис. 104), считая от оси плотины, определяется по формуле

$$B = AL, \quad (263)$$

где  $L$  — расстояние от берега водохранилища до точки, в которой подпор подземных вод практически исчезает (рис. 105);

$A$  — коэффициент, определяемый по графику, изображенному на рис. 106, зависит от коэффициента  $D$ , предварительно определяемого по формуле

$$D = \frac{2L}{L_1} - 1, \quad (264)$$

где  $L_1$  — расстояние (см. рис. 105) от берега водохранилища до точки, в которой уровень подземных вод до подпора равен НПГ.

Рис. 104. Схема фильтрации в примыкании плотины

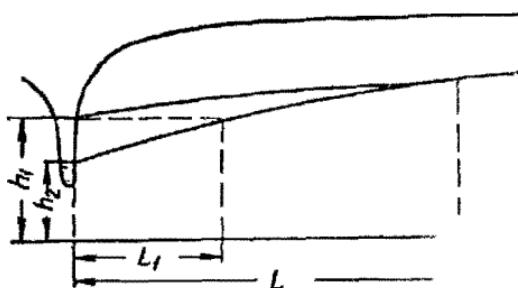
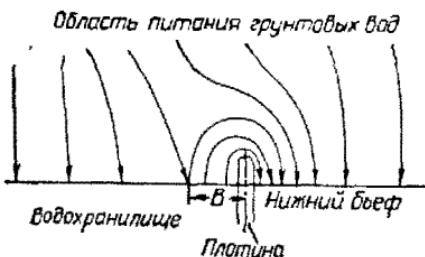


Рис. 105. Схема выклинивания подземных вод

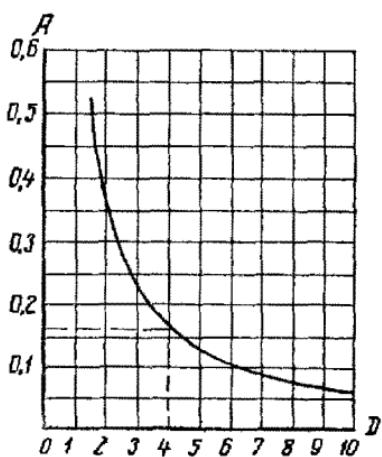


Рис. 106. График для определения коэффициента  $A$  в формулах (263) и (265)

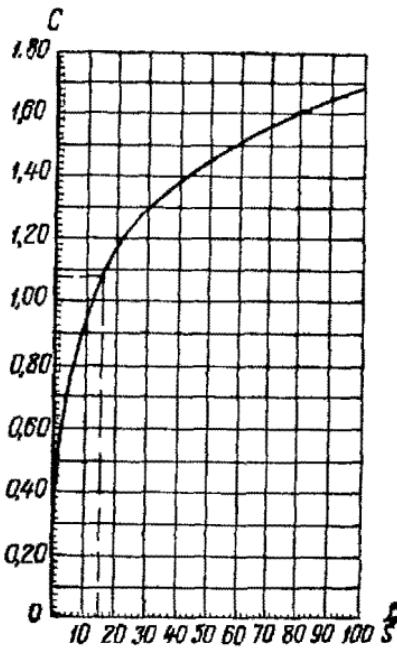


Рис. 107. График для определения коэффициента  $C$  в формуле (265)

Боковая фильтрация определяется по формуле Недрига

$$Q = \frac{K_\phi}{2} (h_1^2 - h_2^2) \left[ C - A \left( \frac{L}{L_1} - 0,5 \right) \right], \quad (265)$$

где  $K_\phi$  — коэффициент фильтрации;

$h_1$  — превышение уровня воды в водохранилище над водоупорным ложем;

$h_2$  — превышение уровня воды в реке над водоупорным ложем;

$C$  — коэффициент, определяемый по графику (рис. 107) в зависимости от отношения  $\frac{B}{S}$ , где  $S$  — длина водонепроницаемой завесы, считая от уреза водохранилища вглубь берега.

Формула (265) выведена для случая, когда водоупорное ложе горизонтально, а склоны долины отвесны.

Фильтрационные потери в соседние долины по Биндеману выражаются зависимостью

$$q_n = q_0 - q_1, \quad (266)$$

где  $q_n$  — водный баланс водохранилища;

$q_0$  — величина грунтового питания реки до устройства водохранилища;

$q_1$  — величина грунтового питания реки после устройства водохранилища.

Фильтрационным расходом ( $q$ ) из водохранилища называется количество воды, фильтрующейся из водохранилища в единицу времени.

Фильтрационные потери и фильтрационные расходы подразделяются на временные (потери на насыщение берегов и дна водохранилища) и постоянные, соответствующие установившемуся уровню водохранилища (НПГ) и подземных вод.

В водном балансе водохранилища учитываются фильтрационные потери ( $q_n$ ), а не фильтрационный расход воды из водохранилища ( $q$ ), так как  $q_n$  может быть и больше и меньше  $q$ .

Определение постоянных фильтрационных потерь для безнапорных (грунтовых) вод производят по формуле Биндемана

$$q_n = \frac{K}{2} (H - h_1) \left( \frac{H + h_1}{L} \pm I \right), \quad (267)$$

где  $q_n$  — фильтрационные потери водохранилища на единицу длины его берега;

$K$  — коэффициент фильтрации пласта;

$h_1$  — превышение уровня реки, в которой проектируется водохранилище, над водоупором;

$H$  — превышение НПГ водохранилища над водоупорным ложем;

$L$  — расстояние от берега водохранилища до соседней (ближайшей к водохранилищу) долины, если последняя принадлежит к другому бассейну или впадает в нижний бьеф;

$I$  — уклон водоупорного ложа; при падении водоупорного пласта от водохранилища в формуле (267) считают уклон положительным, при падении к водохранилищу — отрицательным, при горизонтальном водоупоре  $I = 0$ .

При паклонном залегании водоупора формулой (267) можно пользоваться при условии  $H + h_1 > z$ , где  $z$  — разность отметок водоупора в соседних долинах.

Определение постоянных фильтрационных потерь для напорных вод определяют по формуле

$$q_n = \frac{KH_0 m}{L}, \quad (268)$$

где  $H'_0 = H - h_1$  — величина подпора в водохранилище;  
 $m$  — мощность водонапорного пласта.

Расчет временных фильтрационных потерь из водохранилища на насыщение пород в берегах при горизонтальном залегании поверхности грунтовых вод до подпора производится по формулам Биндемана (269) и (270).

$$V_t = \beta H_0 V' 2\mu K H_0 t, \quad (269)$$

где  $V_t$  — объем воды, потерянный водохранилищем на единицу длины одного берега за время  $t$  от момента наполнения водохранилища;

$H_0$  — подпор воды в реке;

$\mu$  — недостаток насыщения (разность между пористостью и естественной влажностью в объемном выражении);

$\beta$  — коэффициент, зависящий от  $H_0$  и  $h_1$ , определяемый по табл. 261.

Таблица 261

$h_1/H_0$	0	1	2	3	4	5
$\beta$	0,67	1,07	1,37	1,61	1,81	2,00

Расход воды из водохранилища за время  $t$  через один берег

$$q_t = \frac{\beta}{2} H_0 \sqrt{\frac{2\mu K H_0}{t}}. \quad (270)$$

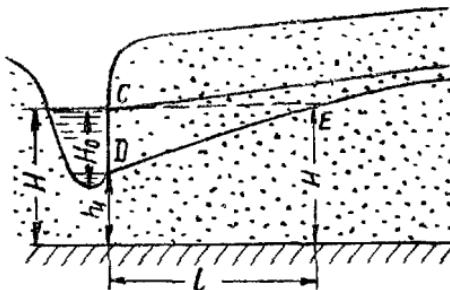


Рис. 108. Схема подпора грунтовых вод

При условии, что река до и после устройства водохранилища сохраняет грунтовое питание, расчет временных потерь из водохранилища на насыщение берегов производится по формулам Веригина

$$q_{cp} = q_0 = K \frac{H^2 - h_1^2}{2l} \quad (271)$$

где  $q_{cp}$  — средний фильтрационный расход из водохранилища на весь период насыщения берега на единицу его длины;

$q_0$  — расход грунтового потока до устройства водохранилища;

$l$  — расстояние от берега водохранилища до точки на кривой депрессии, имеющей до подпора отметку НПГ водохранилища (рис. (108)).

Временные потери на насыщение дна водохранилища на единицу его длины составляют

$$V = \mu F, \quad (272)$$

где  $F$  — площадь насыщения грунтов под дном водохранилища (определяют планиметрированием гидрогеологического разреза, перпендикулярного оси водохранилища).

Общий объем воды, профильтровавшейся из водохранилища к моменту прекращения фильтрации,

$$v_{\text{об}} = q_0 T_1, \quad (273)$$

где  $T_1$  — время, через которое фильтрация из водохранилища прекращается, определяемое по формуле

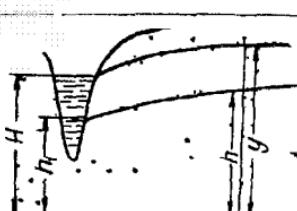
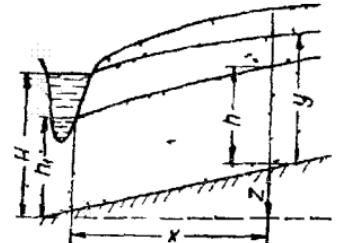
$$T_1 = \frac{3}{\pi} \cdot \frac{\mu}{K} \cdot \frac{l^2}{(2H + h_1)}. \quad (274)$$

Временные фильтрационные потери из водохранилища в период насыщения берега при отсутствии грунтового питания составят

$$q_{\text{пп}} = 2q_0 \quad (275)$$

Расчет подпора грунтовых вод при установившемся движении подземных вод, в результате которого дается прогноз положения кривой депрессии подземного потока после устройства водохранилища, приведен в табл. 262.

Таблица 262

Гидрогеологические условия	Схема и формула
При отсутствии дренирования водоносного горизонта поблизости от берега водохранилища	 $y = \sqrt{h^2 + H^2 - h_s^2} \quad (276)$
Водоупорный пласт залегает на котловине	 $y = \sqrt{z_j^2 + H^2 + h_s^2 - z / (h + h_s - H)} \quad (277)$

Гидрогеологические условия	Схема и формула
При дренировании водоносного горизонта на относительно небольшом расстоянии от берега водохранилища	<p>Междуречный массив</p> $Y = \sqrt{H^2 + (H^2 - h_f^2) \frac{L}{x}} \quad (278)$
Овраг	$Y = \sqrt{h^2 + (H^2 - h_f^2) \frac{L}{x} + (y_0^2 - h_c^2) \frac{x}{L}} \quad (279)$

Формулы (276) — (279) позволяют определить предельное положение кривой депрессии при установившемся движении подземных вод. Формула (277) является приближенной; при этом, если водоупорный пласт имеет прямой уклон, т. е. падает по направлению реки, величина  $z$  является положительной, при обратном уклоне — отрицательной.

### § 93. Изыскания источников водоснабжения

Выбор источника хозяйственно-питьевого водоснабжения должен производиться в соответствии с действующим стандартом «Источники централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения. Правила выбора и оценки качества» (НиТУ 126—55, п. 30).

Для двухстадийного проектирования водоснабжения из русла малых открытых водоемов выполняются изыска-

тельские работы, указанные в табл. 263 для средних условий местности.

Таблица 263

Виды работ	Стадии изысканий	
	предвари- тельные	окончатель- ные
Топографическая съемка берега в масштабе 1 : 2000:		
выше места водозабора на, м . .	200—300	—
ниже места водозабора на, м . .	100—200	—
Топографическая съемка берега в масштабе 1 : 500:		
выше места водозабора на, м . .	—	100
ниже места водозабора на, м . .	—	50
Промерные поперечники через, м . .	100	50
Инженерно-геологические работы:		
число скважин по створу водо- забора . . . . .	3	2
число скважин на площадке насос- ной станции . . . . .	2	5

При проектировании водозабора из водохранилища съемка обоих берегов реки производится до отметки на 2 м выше распространения подпора; чаша водохранилища исследуется в геологическом отношении разведочными выработками в количестве: для проектного задания — 0,1 выработки на 1 га; для рабочих чертежей — 0,2 на 1 га.

Состав работ по изысканиям водозаборов из рек различной ширины и озер, необходимый на стадии проектного задания, приведен в табл. 264 для средних условий.

Кроме того, при изысканиях водозаборов производятся отбор монолитов, определение коэффициента фильтрации, гидрометрические наблюдения, промеры на дополнительных поперечниках в характерных местах.

Для стадии рабочих чертежей выполняются съемки в масштабах: береговой полосы 1 : 2000, участка сооружений 1:500; инженерно-геологические исследования выполняются по сгущенной сетке выработок с интервалами между ними в зависимости от местных условий.

При изысканиях водоснабжения из озер съемки производятся: малых озер длиной до 200 м — полностью

Таблица 264

Ширина реки, м	Рекогносцировка реки на протяжении, км	Состав работ								
		Промерные поперечники		Ширина или площадь топографической съемки		Инженерно-геологическая съемка в масштабе 1 : 5000, км	Бурение скважин			Интервал, м
		число или длина поперечников	расстояние между поперечниками, м	береговой полосы в масштабе 1 : 5000, м	участка сооружения в масштабе 1 : 1000, аз		Диаметр, мм	Глубина, м	иа берегу	
До 50 . . . . .	1,5—3	3—6	500—400	100	5	3×0,5	127—168	До 12	До 5	50
Более 50 . . . . .	2—3	5—10	800—500	150—200	10	5×0,5	127—168	12	5	100
Озеро . . . . .	3	100—200 м от уреза до изобаты 5 м	500—300	100	10	3×0,5	127—168	12	5	100

всего озера и береговой полосы на ширину 50—100 м с промером глубин воды и торфа по квадратной сетке 50 × 50 м; по озерам большого размера производится съемка берега и промер глубин на 100 м каждую сторону от выбранного створа водозабора. Место водозабора из реки или озера должно быть выбрано для питьевого водоснабжения — по течению реки на 300—400 м выше населенного пункта; для технического водоснабжения — возможно ближе к потребителю.

Водозаборные сооружения на открытых водоемах должны проектироваться с учетом гидравлического и ледового режима.

Наименьший расход малого водотока может определяться по формуле

$$Q = 0,85 \Omega v, \quad (280)$$

где  $\Omega$  — площадь живого сечения водотока при наиболее низком горизонте воды,  $m^2$ ;

$v$  — скорость течения воды при наиболее низком горизонте воды,  $m/\text{сек.}$ .

#### § 94. Каналы

**Трассирование каналов.** При камеральном и полевом трассировании каналов последние необходимо прокладывать в выемке, избегать проложения трассы по косогорным участкам и участкам расчлененного рельфа, допускать устройство канала в насыпи лишь на переходах через местные понижения (лога).

Минимальный радиус закруглений каналов определяется по формуле

$$R = 11 v^2 \sqrt{W} + 12, \text{ м}, \quad (281)$$

где  $R$  — минимально допустимый радиус закругления оси канала, м;

$v$  — скорость течения воды в канале,  $m/\text{сек.}$

$W$  — площадь живого сечения канала,  $m^2$ .

Следует соблюдать условие, чтобы величина  $R$  была не менее 5,5 ширины по водному зеркалу.

В том случае, когда по каналу возможен свободный

пропуск льда и шуги, во избежание образования заторов льда необходимо соблюдать условие:

$$R \leq 10 B_1 \text{ при } \alpha < 45^\circ; \quad (282)$$

$$R \leq 20 B_1 \text{ при } \alpha > 45^\circ, \quad (283)$$

где  $B_1$  — ширина канала по дну;  
 $\alpha$  — угол поворота трассы.

За величину минимально допустимого радиуса закругления канала должно быть принято наибольшее значение  $R$  из вычисленных по вышеприведенным формулам.

Состав изыскательских работ при трассировании каналов приведен в табл. 265.

Таблица 265

Наименование работ	Показатели	Стадии изысканий	
		предварительные	окончательные
Теодолитный ход по трассе с привязкой к геодезическим пунктам	Класс	IV	IV
Съемка планов:			
полосы вдоль трассы . . . . .	Масштаб	—	1 : 2000
то же, при сложной местности . . . . .	То же	1 : 5000	1 : 1000
мест пересечений с дорогами и др. . . . .	»	1 : 2000	1 : 1000
Нивелирование двойное . . . . .	Класс	V	IV
Разбивка закруглений . . . . .	—	—	Детальная
Съемка поперечников через . . . . .	м	—	50
Инженерно-геологическая съемка вдоль трассы . . . . .	Масштаб	1 : 25000	1 : 5000
Ширина полосы съемки . . . . .	м	500	200
Проведение разведочных выработок через . . . . .	»	500	100—200
То же, на косогорах через . . . . .	»	300	100
Проведение разведочных выработок, углубляемых до коренных пород, через . . . . .	км	1—2	0,5—1
Установка реперов:			
постоянных, через . . . . .	км	5	3
временных, через . . . . .	»	2	3

Кроме того, производятся опытные работы по определению коэффициента фильтрации грунтов в естественных условиях.

Гидрологические исследования проводятся в том случае, когда канал проектируется для регулирования реки, спрямления или отвода русла.

**Гидравлический расчет каналов.** Наибольший приток воды к каналу или канаве определяют по упрощенной методологии СоюзДорНИИ, при ливневом стоке пользуясь формулой (207)

$$Q_{\text{л}} = \psi (h - z)^{\frac{3}{2}} F^{\frac{2}{3}} \gamma^{\frac{2}{3}} \delta, \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Расчетный расход воды в каналах принимается с вероятностью его превышения 1:50.

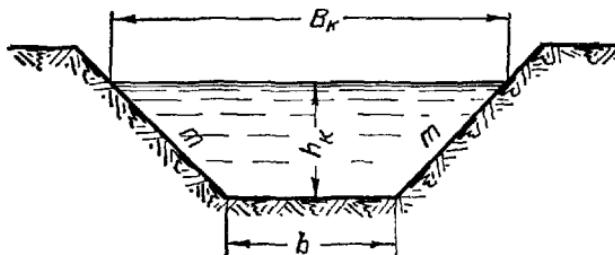


Рис. 109. Схема поперечного сечения канала

При производстве изысканий трасс каналов гидравлические расчеты выполняются для решения следующих основных задач.

I. По заданному расходу \$Q\$, размерам канала \$b\$, \$h\$ и \$m\$ (рис. 109) и коэффициенту шероховатости \$n\$ требуется определить уклон \$i\$.

Искомая величина уклона канала определяется по формуле

$$i = \frac{Q^2}{W^2 C^2 R}, \% \quad (284)$$

Для определения уклона трассирования канала по величине наибольшей скорости, допускаемой на размыв, (\$v\_{\max}\$) или наименьшей скорости на незаиливание (\$v\_{\min}\$) следует пользоваться формулой

$$i = \frac{v^2}{C^2 R}, \% \quad (285)$$

Формулы для определения расхода имеют вид:

$$Q = W v \quad (286)$$

или

$$Q = W C V \sqrt{R i}, \quad (287)$$

где  $C$  — эмпирический коэффициент, зависящий от шероховатости дна и стенок русла,

$$C = \frac{1}{n} R^x; \quad (288)$$

$R$  — гидравлический радиус живого сечения,

$$R = \frac{W}{p};$$

$W$  — площадь сечения канала;

$p$  — смоченный периметр;

$x$  — показатель степени, принимается по табл. 267.

Для трапециевидных каналов площадь сечения

$$W = (b + mh)h, \quad (289)$$

а смоченный периметр

$$p = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}. \quad (290)$$

Для треугольных каналов соответственно:

$$W = (m + m_1)\frac{h^2}{2}; \quad (291)$$

$$p = h(\sqrt{m^2 + 1} + \sqrt{m_1^2 + 1}), \quad (292)$$

где  $m$ ,  $m_1$  — коэффициенты заложения откосов;

$b$  — ширина канавы или канала по дну;

$h$  — глубина канала.

II. По заданным  $Q$  и  $i$  требуется подсбрать размеры поперечного сечения канала, глубину  $h$  или ширину  $b$ .

Так как неизвестными величинами являются  $h$  и  $b$ , то одной из них задаются, а вторую определяют; задача решается подбором или при помощи специальных таблиц или графиков. Задаваясь рядом значений искомой глубины  $h$  (или  $b$ ), последовательно находят  $V$ ,  $p$ ,  $R$ ,  $C$  и  $k$ . Так называемая «расходная характеристика»  $k$  вводится для упрощения решения задач и выражается зависимостью

$$k = \frac{Q}{V^{\frac{1}{2}}} = WC\sqrt{R}. \quad (293)$$

При  $k=0$  и  $i=1$  расходная характеристика является тем расходом, который проходит в русле при уклоне  $i = 1\%$ .

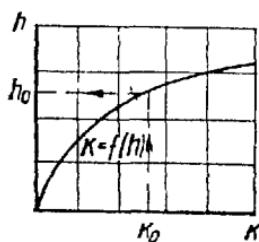


Рис. 110. Кривая зависимости  $k = f(h)$

Определив два или три значения расходной характеристики  $k$  для принятых значений  $h$  или  $b$ , строят график  $k=f(h)$  или  $k=f(b)$ .

На кривую (рис. 110) сносят заданную величину расходной характеристики  $k_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{I}}$  и определяют искомую величину  $h_0$ , проверяя путем подсчета значения  $k$ . Если подбор глубины делается непосредственно по расходу  $Q_0$ , то в расчете вместо  $k$  добавляют графы  $\sqrt{I}$  и  $Q$ .

Значения коэффициента шероховатости  $n$ , зависящего от материала и состояния русла каналов, приведены в табл. 266.

Таблица 266

Характер поверхности	$n$	$\frac{1}{n}$
Хорошая бутовая кладка, грубый бетон, скала . . . . .	0,017	58,8
Каналы, покрытые толстым илистым слоем; каналы в плотном лёсссе и плотном мелком гравии, затянутые сплошной илистой пленкой . . . . .	0,018	55,6
Каналы в плотной глине, каналы в лёсссе, гравии, земле, затянутые несплошной илистой пленкой . . . . .	0,0225	44,4
Земляные каналы в средних условиях содержания . . . . .	0,025	40
Земляные каналы в плохих условиях содержания, заметно заросшие травой, с местными обвалами откосов . . . . .	0,030	33,3

Значения показателя степени  $x$  в формуле для определения коэффициента  $C$  приведены в табл. 267.

Таблица 267

Коэффициенты шероховатости $n$	Значения $x$ при гидравлических радиусах	
	$R < 1$	$R > 1$
0,0110—0,0130	0,167	0,150
0,0150—0,0180	0,185	0,167
0,0180—0,0200	0,200	0,185
0,0200—0,0250	0,225	0,200
0,0250—0,0300	0,250	0,225
0,0300—0,0400	—	0,250

**Ограничение скоростей течения воды.** Минимальная средняя допустимая скорость из условий отсутствия заилияния и зарастания каналов принимается не ниже 0,5 м/сек.

Приближенное определение величины незаиляющей скорости в условиях изысканий производится по формуле (ГОСТ 3908—47)

$$v = AQ^{0.2}, \text{ м/сек.} \quad (294)$$

Определение транспортирующей способности каналов  $\rho$ , расход воды и уклон которых даны, но живое сечение не установлено, производится по формуле

$$\rho = BQ^{0.4}i. \quad (295)$$

где  $i$  — уклон поверхности воды.

Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  из формул (294) и (295) приведены в табл. 268.

Таблица 268

Средняя гидравлическая крупность наносов $\omega$ , мм/сек	$A$	$B$
Менее 1,5	0,33	4700
1,5—3,5	0,44	2000
Более 3,5	0,55	—
3,5—6,5	—	1100
Более 6,5	—	600

**Примечание.** Формулы (294) и (295) справедливы при значениях  $(\omega)$  не более 10 мм/сек.

Для предотвращения образования на канале в зимний период донного льда и шуги вследствие переохлаждения воды служит создание ледяного покрова толщиной 10—15 см, для чего на период ледостава скорости ограничиваются до 0,5 м/сек.

**Расчет фильтрации из каналов.** Расчет фильтрационных потерь из каналов без облицовки производят:

по формуле Павловского при бесконечно глубоком залегании грунтовых вод в однородных грунтах

$$q = 0,0116 K_{\Phi} (B_k + 2k_k); \quad (296)$$

по формуле Веденникова для трапецoidalных сечений и случая бесконечно глубокого залегания водонепроницаемого слоя грунта.

$$q = 0,0116 K_{\Phi} \left( B_k + 2h_k \frac{k}{k_1} \right), \quad (297)$$

где  $q$  — фильтрационные потери на 1 км длины канала,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$K_{\Phi}$  — коэффициент фильтрации,  $\text{м}/\text{сутки}$ ;

$B_k$  — ширина канала по урезу воды,  $\text{м}$ ;

$h_k$  — глубина воды в канале,  $\text{м}$ ;

$\frac{k}{k_1}$  — отношение полных эллиптических интегралов 1 го рода.

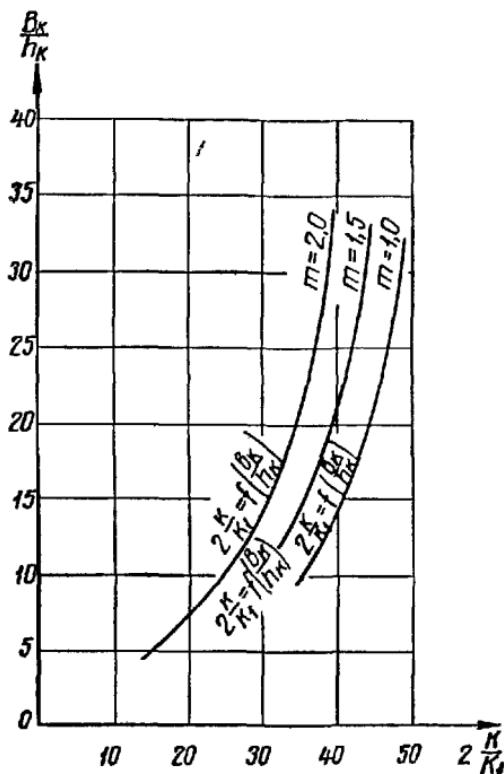


Рис. 111. График для определения значений  $2 \frac{k}{k_1}$  в функции  $\frac{B_k}{h_k}$  в случае бесконечно глубокого залегания водоупорного слоя грунта

Значения  $2 \frac{k}{k_1}$  в функции  $\frac{B_k}{h_k}$  для трапециевидного сечения при различных заложениях откоса  $m$  (см. рис. 109) даны на графике (рис. 111).

При конечной глубине  $T$  залегания грунта значительной водопроницаемости можно пользоваться той же формулой (297), беря значение  $2 \frac{k}{k_1}$  в функции  $\frac{B_k}{h_k}$  для различных отношений  $\frac{T}{h_k}$  при заложении откосов  $m=1,5$  по графику (рис. 112). Для небольших каналов влияние относительной глубины залегания  $\frac{T}{h_k}$  грунтов значительной водопроницаемости на величину фильтрационных потерь невелико.

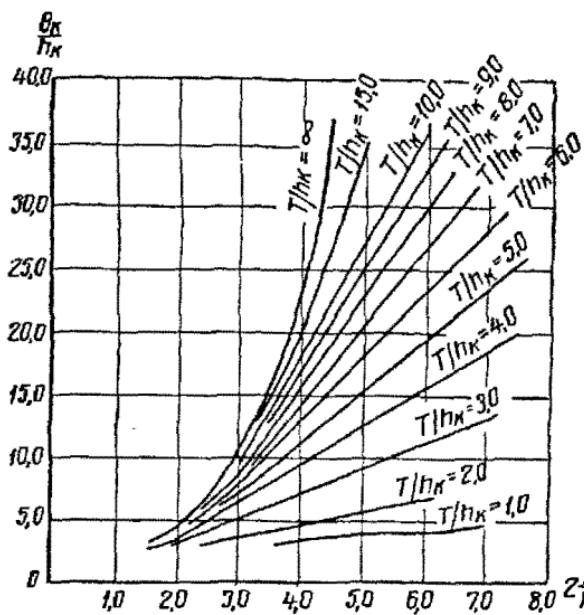


Рис. 112. График для определения значения  $2 \frac{k}{k_1}$  в случае конечной глубины  $T$  слоя грунта значительной водопроницаемости

Кроме формул (296), (297), для расчета фильтрации можно пользоваться эмпирическими формулами и графиком (рис. 113) Костякова для определения потерь воды на 1 км канала  $\sigma$  в процентах от протекающего в нем расхода воды  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ):

для каналов в легкопроницаемых грунтах

$$\sigma = \frac{34}{Q^{0.5}} \% ; \quad (298)$$

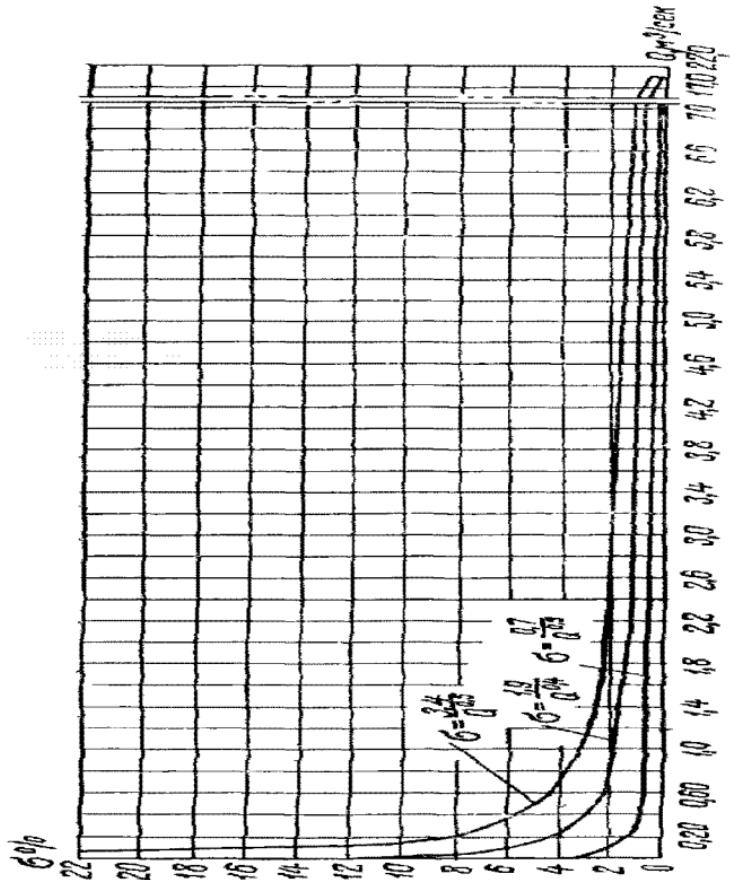


Рис. 113. График изображения потерь в воде в каналах на 1 км  
в процентах от расхода канала

для каналов в среднепроницаемых грунтах

$$\sigma = \frac{1,9}{Q^{0,4}} \% ; \quad (299)$$

для каналов в тяжелых малопроницаемых грунтах

$$\sigma = \frac{0,7}{Q^{0,3}} \% . \quad (300)$$

### § 95. Отвод поверхностных вод

Трассирование нагорных и водоотводных каналов производится предварительно по планам в горизонталях, а затем на местности по направлению уклона местности в ближайшую балку или речку.

При сложном рельефе производится съемка плана в горизонталях в масштабе 1:2000—1:5000 участка с нагорной стороны дороги или строительной площадки для целей прокладывания каналов с последующим перенесением проекта в натуре.

Повороты трасс нагорной канавы разбиваются по круговым кривым с радиусом закруглений не менее пятикратной ширины канавы поверху, но не менее 10 м.

Состав и объем работ по разбивке трасс ответственных водоотводных каналов принимается по табл. 265 (для каналов) с упрощением по местным условиям.

**Гидравлический расчет водоотводных каналов.** Расход водоотводных канал определяется по методологии СоюздорНИИ при ливневом стоке. Расчетные вероятности превышения для расходов нагорных канал и продольных канал в нулевых местах принимаются согласно НиТУ 119—55, 128—55 и 101—56 по табл. 269.

Таблица 269

Железные дороги		Автомобильные дороги			
магистральные	прочищенные	общей сети		промышленные	
I, II, III категории	I категория	II, III категории	I, II категории	III, IV, V категории	I, II, III категории
1 : 25	1 : 25	1 : 10	1 : 25	1 : 10	1 : 10

Расчетный уровень воды в канаве должен быть ниже верхней бровки канавы не менее чем на 0,25 м для магистральных железных дорог и 0,15 м для промышленных.

В необходимых случаях дно и откосы канав следует укреплять от размыва. Возвышение бровки канавы над уровнем воды для автомобильных дорог не установлено.

Минимальные продольные уклоны дна для водоотводных и нагорных канав железных дорог в общем случае — 0,002; на болотах и речных поймах — 0,001; для кюветов и лотков автомобильных дорог в I—III климатических зонах — 0,005, в IV—V зонах — 0,003.

При невозможности обеспечить указанные уклоны кюветов автомобильных дорог бровка земляного полотна повышается в соответствии с табл. 159.

Расчет размеров нагорных канав производится по формулам, приведенным в § 94. Полученная по расчету скорость не должна превышать значений, приведенных в табл. 270 для канав с неукрепленными руслами и в табл. 271 для канав с укрепленными руслами, и иметь расхождение не более 5% с величиной скорости, определенной по формуле

$$v = \frac{Q_L}{W}, \text{ м/сек.} \quad (301)$$

Допускаемые скорости течения воды в лотках и канавах с неукрепленными руслами приведены в табл. 270.

Таблица 270

Наименование грунтов	Допускаемые средние скорости течения, м/сек	Уклон, при котором скорость достигает размывающей величины, %
<i>Мелкозернистые грунты и торф</i>		
Илистые грунты . . . . .	0,1	
Мелкие пески . . . . .	0,15—0,25	0,5—1,0
Суглинистые пески средней крупности . . .	0,4—0,6	
Пылеватые грунты и мелкая супесь . . .	0,2—0,6	
Крупные пески . . . . .	0,6—0,8	1—2
Торф разложившийся . . . . .	0,4—1,0	2—3
Торф неразложившийся . . . . .	1,0—2,0	3—4

Продолжение табл. 270

Наименование грунтов	Допускаемые средние скорости течения, м/сек	Уклон, при котором достигает размывающей величины, %
Супесь, суглинок и пылеватые суглинистые (плотно слежавшиеся) грунты . . . . .	0,5—1,0	2—3
Тяжелый суглинок . . . . .	1,0—1,4	3—4
Глина . . . . .	1,4—1,8	3—4
<i>Мелкозернистые грунты с содержанием каменного скелета 10—50%</i>		
Пески, мелкая супесь и пылеватые грунты	0,4—0,75	2—3
Пески, супесь, суглинок и пылеватый суглинок, плотно слежавшиеся грунты	0,75—1,4	3—4
Тяжелый суглинок . . . . .	1,4—1,8	3—4
Глина . . . . .	1,8—2,5	4—5
<i>Каменистые грунты с содержанием скелета более 50%</i>		
Мелкий гравий или щебень размером до 35 мм . . . . .	1,0—1,2	3
Гравий или щебень размером 35—50 мм .	2,0	4
Галька или крупный щебень размером 50—100 мм . . . . .	2,5	5
Камень размером в поперечнике 100—250 мм . . . . .	3,0	5
Очень крупный камень размером более 250 мм . . . . .	4,0	5
<i>Скальные породы</i>		
Невыветрившиеся сланцы . . . . .	3,0	—
Слабая скала . . . . .	4,0—5,0	—
Плотная скала . . . . .	10,0	—

Допускаемые скорости течения воды в лотках и канавах с укрепленными руслами приведены в табл. 271.

Таблица 271

Тип укрепления	Наибольшая допускаемая скорость, м/сек
Дерновка плашмя . . . . .	0,6
Дерновка в стенку . . . . .	1,5
Одиночная мостовая на мху . . . . .	2,1
Одиночная мостовая в плетнях . . . . .	3,5
Двойная мостовая на мху . . . . .	3,0
Двойная мостовая в плетнях . . . . .	4,5
Сухая кладка, каменная наброска . . . . .	4,0
Каменный лоток . . . . .	4,5
Железобетонный лоток . . . . .	5,0
Деревянный лоток . . . . .	6,0

При устройстве канав с перепадами расчет производится следующим образом:

определяют  $Q$  и площадь живого сечения

$$\Omega = \frac{Q}{v_{\text{доп}}} \text{ м}^2,$$

где  $v_{\text{доп}}$  — допускаемая скорость течения;  
определяют глубину протекания воды

$$h = \frac{\sqrt{b^2 + 4Wm} - b}{2m}; \quad (302)$$

определяют  $p$ ,  $R$  и уклон дна канавы  $i$ ;  
определяют расстояние между перепадами  $l$  при высоте перепада  $H$

$$l = \frac{H}{i_{\text{пов}} - i}, \quad (303)$$

где  $i_{\text{пов}}$  — уклон местности.

## ЛИТЕРАТУРА

Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов. М., 1938.

Близняк Е. В. Водные исследования. Речиздат, 1952.

Близняк Е. В. Гидротехнические изыскания. Госстройиздат, 1956.

Гидроэнергопроект. Краткий справочник для гидрологических расчетов. Госэнергоиздат, 1948.

Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства (методическое руководство) под редакцией И. В. Попова, т. I и т. II. Госгеолиздат, 1950.

Наставление по гидрографическому рекогносцированию рек, озер и болот. Гидрометеоиздат, 1942.

Попов К. В. Гидротехнические сооружения. Сельхозгиз, 1950.

Практическое пособие для производства изыскательских работ на речном транспорте. Русловые исследования. Речиздат, 1951 и 1952.

Справочник по гидротехнике (Водгео), Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Технические условия и нормы проектирования гидротехнических сооружений. Земляные и насыпные плотины. ВНИИГ. Стройиздат, 1941.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<b>Г л а в а I. Общие сведения . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Задачи инженерных изысканий . . . . .	—
§ 2. Объекты и особенности инженерных изысканий в угольной промышленности . . . . .	7
<b>Г л а в а II. Топографо-геодезические работы . . . . .</b>	<b>9</b>
§ 3 Геодезические исходные данные . . . . .	—
§ 4 Геодезические инструменты . . . . .	14
§ 5 Геодезическая основа топографических съемок . . . . .	17
§ 6 Триангуляция . . . . .	19
§ 7 Полягонометрия . . . . .	20
§ 8 Микротриангуляция . . . . .	22
§ 9 Нивелирование . . . . .	—
§ 10 Съемочное обоснование . . . . .	25
§ 11 Съемка поверхности . . . . .	30
§ 12 Геодезические измерения и задачи, решаемые в поле . . . . .	37
§ 13 Определение истинного азимута . . . . .	45
<b>Г л а в а III. Изыскания трасс линейных сооружений . . . . .</b>	<b>48</b>
§ 14 Трассирование в зависимости от топографических условий . . . . .	—
§ 15 Камеральное трассирование . . . . .	49
§ 16 Полевое трассирование . . . . .	52
§ 17 Буссольно-такеометрические ходы . . . . .	56
§ 18 Такеометрическое трассирование . . . . .	57
§ 19 Барометрическое нивелирование . . . . .	58
§ 20 Привязка трассы к геодезическим знакам . . . . .	61
§ 21 Топографические съемки на трассах . . . . .	63
§ 22 Закрепление геодезических работ . . . . .	64
§ 23 Трассирование в зависимости от инженерно-геологических условий . . . . .	65
<b>Г л а в а IV. Инженерно-гидрологические работы . . . . .</b>	<b>71</b>
§ 24 Задачи инженерно гидрологических работ . . . . .	—
§ 25 Изыскания на участке реки, выбранном для стационарных гидрологических наблюдений . . . . .	—

	Стр.
§ 26. Наблюдения за колебаниями уровня воды . . . . .	74
§ 27. Определение скоростей, направления течения и расходов воды . . . . .	76
§ 28 Определение расходов воды посредством водосливов . . . . .	84
§ 29 Прочие способы определения расходов воды . . . . .	89
§ 30 Вычисление стока . . . . .	91
§ 31. Максимальные и минимальные расходы . . . . .	93
§ 32 Наблюдения за наносами . . . . .	96
§ 33 Изучение зимнего режима реки . . . . .	98
<b>Г л а в а V. Инженерно-геологические изыскания . . . . .</b>	<b>103</b>
§ 34. Общие сведения . . . . .	—
§ 35. Инженерно геологическая съемка . . . . .	105
§ 36 Горно буровые разведочные работы . . . . .	106
§ 37. Гидрогеологические работы . . . . .	107
§ 38 Лабораторные исследования . . . . .	123
§ 39. Полевые испытания грунтов . . . . .	140
<b>Г л а в а VI. Изыскания на строительных площадках . . . . .</b>	<b>145</b>
§ 40 Выбор строительных площадок . . . . .	—
§ 41 Топографо геодезические работы . . . . .	149
§ 42 Инженерно геологические работы . . . . .	151
§ 43 Площадки складов взрывчатых веществ . . . . .	160
<b>Г л а в а VII. Изыскания в районах подземных разработок . . . . .</b>	<b>163</b>
§ 44. Влияние подземных горных выработок на земную поверхность . . . . .	—
§ 45 Методы охраны сооружений . . . . .	166
§ 46 Построение предохранительных целиков . . . . .	167
§ 47. Трассирование на территории подземных разработок . . . . .	170
<b>Г л а в а VIII. Изыскания для строительства угольных карьеров . . . . .</b>	<b>172</b>
§ 48 Состав изыскательских работ . . . . .	—
§ 49 Топографо геодезические работы . . . . .	173
§ 50 Стереофотограмметрическая съемка карьеров . . . . .	177
§ 51. Инженерно геологические работы . . . . .	180
<b>Г л а в а IX Изыскания железных дорог . . . . .</b>	<b>187</b>
§ 52 Стадии изысканий . . . . .	—
§ 53 Технические условия . . . . .	188
§ 54. План трассы . . . . .	189
§ 55 Продольный профиль . . . . .	192

	Стр.
§ 56. План и профиль путей на раздельных пунктах . . . . .	194
§ 57. Кривые участки пути . . . . .	197
§ 58. Примыкание подъездных путей к существующим дорогам . . . . .	201
§ 59. Соединения путей . . . . .	203
§ 60. Пересечение путей . . . . .	204
§ 61. Земляное полотно и дорожная полоса . . . . .	205
§ 62. Размещение раздельных пунктов . . . . .	208
§ 63. Элементы тяговых расчетов . . . . .	210
§ 64. Точность геодезических работ . . . . .	213
<b>Г л а в а X. Изыскания автомобильных дорог . . . . .</b>	<b>216</b>
§ 65. Стадии изысканий и технические условия . . . . .	—
§ 66. План трассы . . . . .	218
§ 67. Продольный профиль . . . . .	220
§ 68. Земляное полотно . . . . .	221
§ 69. Пересечения дорог . . . . .	225
§ 70. Инженерно-геологические исследования . . . . .	226
§ 71. Точность геодезических работ . . . . .	227
<b>Г л а в а XI. Изыскания линий электропередачи . . . . .</b>	<b>229</b>
§ 72. Стадии изысканий и технические условия . . . . .	—
§ 73. Воздушные линии электропередачи напряжением свыше 1000 в . . . . .	230
§ 74. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 в . . . . .	239
§ 75. Основные изыскательские работы . . . . .	242
§ 76. Точность геодезических работ . . . . .	244
<b>Г л а в а XII. Подземные инженерные сети . . . . .</b>	<b>246</b>
§ 77. Водопроводы . . . . .	—
§ 78. Канализация . . . . .	248
§ 79. Трубопроводы различного назначения . . . . .	251
§ 80. Дренажи и водостоки . . . . .	255
§ 81. Инженерно-геологические работы . . . . .	257
§ 82. Съемка существующих подземных сетей . . . . .	262
<b>Г л а в а XIII. Изыскания переходов через водотоки . . . . .</b>	<b>267</b>
§ 83. Размещение искусственных сооружений . . . . .	—
§ 84. Сбор данных для расчета стока и проектирования искусственных сооружений . . . . .	269
§ 85. Определение расхода заданной вероятности превы- шения при ливневом и смешанном стоке . . . . .	277
§ 86. Расчет отверстий мостов и труб . . . . .	296
§ 87. Переходы прочих линейных сооружений через во- дотоки . . . . .	313

	Стр.
<b>Г л а в а XIV. Гидротехнические изыскания . . . . .</b>	<b>315</b>
§ 88. Общие сведения . . . . .	316
§ 89. Гидрографические съемки . . . . .	325
§ 90. Промеры глубин . . . . .	330
§ 91. Плотины и водохранилища . . . . .	331
§ 92. Инженерно-геологические работы . . . . .	340
§ 93. Изыскания источников водоснабжения . . . . .	343
§ 94. Каналы . . . . .	352
§ 95. Отвод поверхностных вод . . . . .	352

---

Северьянов Николай Николаевич  
Агалина Мария Самойловна

Справочник по инженерным изысканиям для строительства

Отв. редактор Э. В. Будаев  
Редактор издательства М. М. Савин  
Переплёт художника Е. В. Шворак

Техн. редактор З. А. Коровенкова  
Корректор Н. Я. Эппель.

Сдано в набор 22/І 1958 г Подписано в печать 15/ІV 1958 г Формат  
бумаги 84 × 108 1/4. Печ. л. 11,25, (усл. л. 18,45) + 4 вклейки.  
Уч.-изд. л. 19,41. Тираж 10 000 экз Т-03728 Изд № 790 Изд З/С

Государственное научно-техническое издательство литературы  
по угольной промышленности.

Москва, Грузинский вал, д. 35.

Цена 9 р. 70 к. + переплёт 1 р. 50 к. Заказ № 159.

Типография № 4 Углехиздата, Харьков, Энгельса 11.

Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
19	1 снизу	II класса	IV класса
89	Таблица 51 1 колонка справа	19,01	69,01
139	Таблица 92	сноска <sup>2</sup> относится не к $\text{CQ}_3'$ а к $\text{NO}_3'$	
183	10 сверху	$\Theta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$	$\Theta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$
219	14 сверху	длину переходной кривой увеличивают	длину переходной кривой уменьшают
220	Таблица 153 1 сверху	видимость поверхности, м	видимость, м
227	Таблица 162 1 колонка справа	12	< 12
249	5 сверху Таблица 182 1 снизу	вводов	водоводов
288	Формула (218)	$Q_A = Q \left[ 1 - \frac{W_{\text{пр}}}{W} \right]^n$ , $\text{м}^3/\text{сек}$	$Q_A = Q \left[ 1 - \left( \frac{W_{\text{пр}}}{W} \right)^n \right]$ , $\text{м}^3/\text{сек}$
301	6 снизу	$h_k$	$h_\delta$
346	8 снизу	$V$	$W$