



А.Ф.Лютц, В.П.Сорокин

Теодезические

**РАБОТЫ
В ПУТЕВОМ
ХОЗЯЙСТВЕ**



ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ - 1959

Проф. А. Ф. ЛЮТЦ, доц. В. П. СОРОКИН

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
Москва 1959

В книге содержатся указания по производству геодезических работ на железнодорожном транспорте, главным образом в путевом хозяйстве; излагаются правила съемки полосы отвода, натурной проверки плана и профиля пути, съемки пути для составления проектов капитального и среднего ремонта, съемки станций и больших объектов земляного полотна; освещены простейшие разбивочные геодезические работы при текущем содержании пути; порядок съемки площадей под застройку зданий; приведены краткие сведения по геодезическим работам при строительстве.

В книге описаны также поверки геодезических инструментов, применяемых в путевом хозяйстве; приведены правила по технике безопасности при геодезических работах на пути.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников дистанций, проектных групп службы пути, дорожных проектных и строительных организаций.

*Редакторы инж. А. О. ЗАРЕЦКИЙ,
инж. А. И. СЕРГЕЕВА*

О Т А В Т О Р О В

Для успешного выполнения семилетнего плана развития народного хозяйства СССР, утвержденного XXI съездом КПСС, требуется значительное повышение провозной способности железных дорог.

В связи с этим осуществляется коренная техническая реконструкция железнодорожного транспорта на основе широкого внедрения электрической и тепловозной тяги.

Грузооборот железных дорог увеличится за семилетие на 40—45%; возрастет грузонапряженность линий; повысятся скорости движения поездов не менее чем до 120 км/ч для пассажирского движения и 100 км/ч для грузового; возрастут осевые нагрузки.

Эти условия определяют техническую направленность перевооружения путевого хозяйства железнодорожного транспорта. За период 1959—1965 гг. предусмотрено уложить в действующую сеть дорог не менее 70 тыс. км новых рельсов, преимущественно тяжелых типов; внедрить новые прогрессивные типы пружинных скреплений; перевести на щебеночный балласт до 60 тыс. км главных путей; в безлесных районах почти полностью перейти на укладку железобетонных шпал; продолжить экспериментирование различных конструкций блочного железобетонного подрельсового основания, предназначенного для укладки на особо грузонапряженных участках, в сочетании с длинномерными рельсовыми плетями.

Вместе с тем значительно повышаются требования к качеству всех видов ремонта пути и его текущего содержания.

Необходимость повышенной точности путевых работ требует более широкого применения совершенных приемов геодезических работ.

Геодезические работы в путевом хозяйстве достаточно обширны и очень своеобразны; поэтому авторы стремились дать в книге популярное и систематизированное описание основных геодезических работ, выполняемых при эксплуатации железнодорожного пути и сооружений.

В настоящее время как в СССР, так и за рубежом успешно используется аэрофотосъемка для получения планов существующих железнодорожных линий, узлов и станций. Однако аэрофотосъемочные работы имеют свои особенности. Они выполняются специализированными организациями, поэтому в книге не освещены.

Главы I, II, III, V, VI, IX, XI и § 40 в главе X написаны доц. В. П. Сорокиным, а главы IV, VII, VIII, X и § 10 в главе III — проф. А. Ф. Лютцем.

При составлении программы книги и ее написании авторы консультировались с доц. Н. П. Кондаковым и работниками Управления Томской дороги В. Н. Гельфондом и М. Ф. Паниной и выражают им свою благодарность.

Авторы будут благодарны за все замечания и пожелания по улучшению книги и просят их направлять по адресу: Новосибирск, 23, НИИЖТ, кафедра Геодезии.

*Профессор А. Ф. ЛЮТЦ,
доцент В. П. СОРОКИН*

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. СОДЕРЖАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Геодезические работы в путевом хозяйстве весьма разнообразны. Производятся съемки плана и проф иля пути, полосы отвода, станций, больных и временных объектов железнодорожного пути, подлежащих оздоровлению или замене, площадей под застройку служебных и технических зданий, устройств водоснабжения и канализации при их ремонте; проводятся гидрологические и гидрометрические работы при обследовании искусственных сооружений; выполняются разбивочные работы по перенесению проектов на местность и при текущем содержании пути и ряд других.

Все эти работы делятся по периодам выполнения на подготовительные, полевые (основные) и камеральные.

Период подготовительных работ начинается обычно с момента получения задания и заканчивается выходом в поле для производства съемки или разбивки. В этот период производится: подбор и получение в необходимом количестве геодезических инструментов, принадлежностей и полевых журналов; оформление в необходимых случаях разрешения на право производства работ; сбор технической документации, необходимой для производства топографо-геодезических работ; комплектование штата рабочих; инструктаж по технике безопасности и должностным инструкциям и подготовка геодезического инструмента к производству работ.

Полевые геодезические работы выполняются непосредственно на местности и в зависимости от назначения в них входят: разбивка пикетажа; создание плановой основы; привязка геодезической основы участков съемки к пунктам государственной основы или ведомственных съемок; съемка подробностей ситуации, рельефа, профилей и отдельных объектов; разбивка по перенесению проекта на местность при капитальных работах и при текущем содержании пути; наблюдения за режимом рек и водоемов и ряд других видов геодезических работ.

При выполнении полевых работ ведется документация: пикетажные, нивелировочные, тахеометрические журналы, журналы углов поворота, абрисы и др.

В процессе камеральной обработки полевой документации производится: обработка угловых измерений, вычисление координат вершин полигонов и отметок точек, вычерчивание планов, профилей, графиков и ряд других работ.

§ 2. ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПРОСТЕЙШИЕ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

До начала полевых работ необходимо установить пригодность и исправность геодезических инструментов. Для этого выполняют полевые поверки инструментов и определяют их основные параметры.

Мерная лента

Мерная лента, предназначенная для производства полевых геодезических работ, должна иметь клеймо, удостоверяющее дату ее последней поверки Государственным институтом (палатой) мер и весов. В случае поломки и ремонта одной из лент ее необходимо

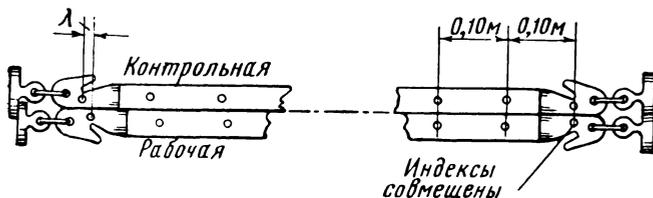


Рис. 1. Поверка рабочей ленты

сверить с другой (исправной) лентой нормальной длины или стальной 20-м рулеткой. Поверка отремонтированной ленты производится в этом случае следующим образом: на ровной поверхности (лучше на дороге или тропе) с небольшим натяжением укладывают обе ленты (т. е. ленту нормальной длины и ленту исправленную) так, чтобы индексы их на одном из концов совпали (рис. 1). Тогда положение индекса на другом конце отремонтированной ленты покажет соотношение ее длины с другой (исправной) лентой нормальной длины.

Если отремонтированная лента отличается от нормальной (20 м) более чем на ± 3 мм, она может быть использована для работы, но при этом в расчет длины измеренных расстояний должна вводиться поправка на неточность ленты. Поправка в длину линии за счет неточности ленты подсчитывается по формуле

$$\Delta L = \pm \frac{\lambda}{l_0} L, \quad (1.1)$$

где λ — величина, на которую отличается отремонтированная лента от нормальной;

l_0 — длина нормальной ленты;

L — длина линии, измеренной неточной лентой.

Знак поправки в длину линии принимают каждый раз в зависимости от вида работ. Если линия измеряется, знак поправки совпадает со знаком величины λ неточности ленты. При ведении пикетажа (отложении отрезков) знак поправки обратен знаку неточности ленты. Мерная лента имеет в комплекте 6 шт. шпилек.

Трос Лукерьяна

Трос Лукерьяна представлен на рис. 2. Проверка этого прибора производится так же, как и ленты. Сила натяжения прибора при проверке и работе с ним в поле должна быть равна 10 кг. Для обеспечения этого условия в комплект мерного прибора Лукерьяна, кроме шпилек, должен входить также и динамометр, по которому можно указанное выше натяжение измерять с точностью 0,2 кг.

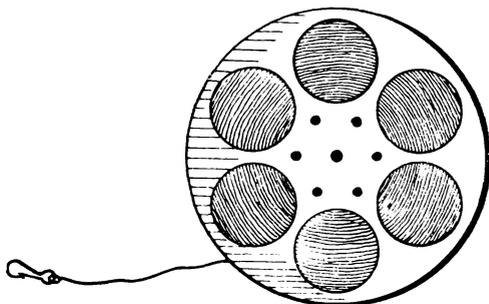


Рис. 2. Трос Лукерьяна

Нивелирные рейки

Нивелирные рейки должны удовлетворять следующим условиям: поверхность с делениями должна представлять собой плоскость; рейка должна быть прямолинейной, т. е. в раскрытом положении верхняя и нижняя части рейки не должны составлять угла при взгляде на нее спереди и сбоку;

оковка пятки должна быть плоской и перпендикулярной плоскости делений и ее продольной оси;

деления и цифры должны быть четкими на всем протяжении;

винты и шарниры у раздвижных и складных реек должны быть исправны;

общая длина рейки, а также отдельных дециметров должна быть верна. Ошибка в размерах отдельных шашек и всей длины не должна превышать $\pm 0,5$ мм;

раздвижная рейка должна иметь упор или метку, фиксирующие правильное положение верхней части рейки относительно нижней.

Эккеры

Эккеры могут быть отражательные (рис. 3) и с диоптрами (рис. 4).

В отражательном (двухзеркальном) эккере угол поворота лучей визирования, отраженных зеркалами, должен быть прямым.

Для проверки этого условия на ровной местности в точке C прямой AB (рис. 5) строят эккером сначала угол ACD_1 по вехе A ,

затем угол BCD_2 по вехе B . Если эккер верен, изображение в зеркале вехи B должно совпадать с направлением взгляда на веху D_1 . В противном случае в направлении изображения вехи B устанавливают веху D_2 . На середине расстояния $D_1—D_2$ устанавливается веха D . Затем исправительными винтами у одного из зеркал смещают последнее так, чтобы изображение вехи B совпало с направлением взгляда на веху D . Проверку эккера можно также сделать по прямому углу, отмеренному теодолитом.

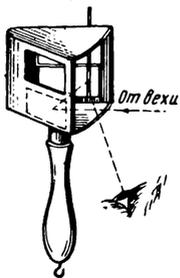


Рис. 3. Эккер отражательный

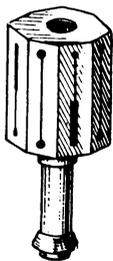


Рис. 4. Эккер с диоптрами

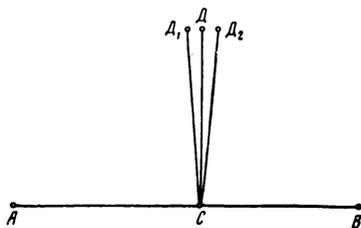


Рис. 5. Проверка эккера

В эккере с диоптрами визирные плоскости должны составлять между собой углы 45 и 90° .

Проверка этого эккера ведется так же, как и отражательного.

Теодолиты

Для производства полевых работ при съемке железнодорожных объектов применяются теодолиты с точностью отсчета в $1'$ или $30''$ (теодолиты: «Геодезия», «Геофизика», ТТ-2; ТТ-50; ТТ-5 и ТМ-1). При работе теодолит должен удовлетворять следующим условиям.

1. Оси уровней при алидаде горизонтального круга должны быть перпендикулярны вертикальной оси вращения инструмента.

Для проверки этого условия устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов и вращением последних пузырек уровня приводят на середину. Затем алидаду поворачивают на 90° и пузырек вновь приводят на середину при помощи третьего подъемного винта. Если при повороте алидады в ту же сторону еще на 90° пузырек уровня остается на середине (или имеет отклонение до двух делений), считают условие выполненным. При смещении пузырька уровня от середины на два деления и более производят исправление положения оси уровня, причем половина отклонения пузырька уровня от середины исправляется винтами при уровне, а вторая половина — винтами при подставке. Проверка должна быть повторена.

2. В рабочем положении инструмента вертикальная нить сетки должна лежать в отвесной плоскости, а горизонтальная нить должна быть перпендикулярна ей. Для проверки этого условия центр

сетки наводят на ясно видимую точку при горизонтальном положении трубы. Затем поочередно вращают микрометренными винтами лимб или алидаду и трубу инструмента. Если условие выполнено, то при вращении микрометренного винта лимба или алидады точка будет оставаться все время на горизонтальной нити, а при вращении микрометренного винта трубы — на вертикальной нити. При несоблюдении этого условия положение сетки исправляется путем поворота рамки с сеткой на нужный угол. Для поворота рамки с сеткой необходимо предварительно ослабить стопорный винт *a* (рис. 6). После поворота его нужно закрепить. Следует заметить, что поверку и исправление второго условия целесообразно проводить одновременно с поверкой и исправлением третьего условия.

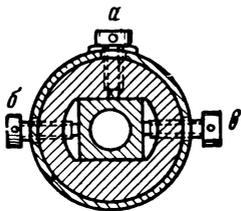


Рис. 6. Рамка сетки теодолита

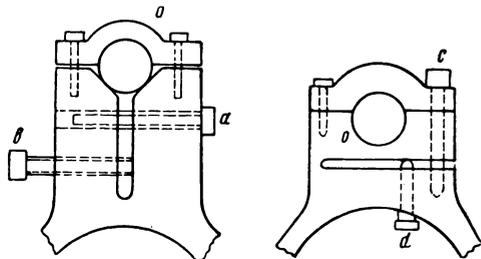


Рис. 7. Исправительные винты при подставке теодолита

3. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы. Поверка этого условия осуществляется при горизонтальном положении трубы путем наведения на какую-нибудь точку и взятия отсчета по горизонтальному лимбу и верньерам при различных положениях вертикального круга относительно трубы. Если условие выполнено, то разность отсчетов при различных положениях круга не должна отличаться от 180° на величину более двойной точности верньера (1—2').

При исправлении положения визирной оси сначала определяют из отсчетов при круге «право» и круге «лево» среднее значение минут, затем на этот отсчет устанавливают микрометренным винтом алидады нуль первого верньера. Сместившийся при этом центр сетки снова наводят на точку визирования посредством боковых исправительных винтов *b* и *в* (см. рис. 6) при сетке.

4. Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита.

Поверка этого условия может быть выполнена тремя способами: первый — при помощи отсчета на лимбе; второй — при помощи отсчета на горизонтально уложенной рейке и третий — по отвесу.

При поверке первым способом теодолит устанавливают в 20—25 м от какой-нибудь высокой точки и приводят его вертикальную ось в отвесное положение путем тщательной установки по уровням на алидаде. Затем наводят центр сетки на высокую точку, например,

при круге «право» и записывают отсчет P по лимбу. После этого трубу поворачивают через зенит и вновь наводят на эту же точку при круге «лево». Снова берут отсчет L на лимбе. Если разность отсчетов при круге «право» и круге «лево» отличается от 180° на величину не более двойной точности верньера, считают условие выполненным. В противном случае исправление ведут так: находят среднее значение из минут при P и L и на этот отсчет устанавливают нуль первого верньера. Центр сетки в этом случае сойдет с точки визирования. Тогда его снова устанавливают на визируемую точку с помощью исправительных винтов a , b или c , d (рис. 7) при подставке горизонтальной оси.

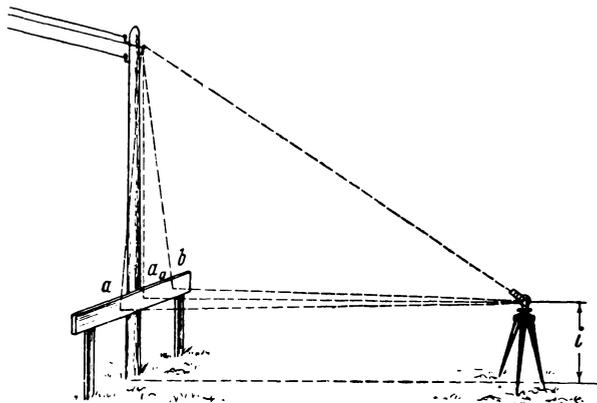


Рис. 8. Проверка перпендикулярности горизонтальной оси теодолита по рейке

При проверке правильности положения горизонтальной оси вторым способом отсчеты берут не на лимбе, а на горизонтально уложенной рейке под высокой точкой (на уровне оси вращения трубы) на расстоянии не ближе $5-7$ м от теодолита. Для получения отсчетов на рейке при различных положениях круга P и L наводят центр сетки на высокую точку и каждый раз затем поворачивают трубу до горизонтального положения. В этом положении по вертикальному волоску сетки берут отсчеты на рейке a и b (рис. 8). Если отсчеты a и b равны или отличаются один от другого на $1-2$ мм, исправлений никаких не делают, считая условие выполненным. При $a-b > 2$ мм определяют среднее значение отсчета a_0 на рейке и на него наводят центр сетки микрометренным винтом алидады. Затем, подняв трубу вверх, исправительными винтами при подставке устанавливают центр сетки на визируемую точку.

Третий способ проверки настоящего условия может быть выполнен только при хорошей, без ветра, погоде, чтобы нить отвеса не колебалась. При проверке этим способом сначала наводят центр сетки на нить отвеса, когда труба занимает горизонтальное положение. Затем, поворачивая трубу в вертикальной плоскости, наблюдают

за центром сетки и нитью отвеса. Если условие выполнено, центр сетки все время будет находиться на нити. В противном случае в крайнем высоком или низком положении трубы наводят центр сетки на визируемую точку исправительными винтами при подставке.

У теодолитов ТТ-2 и ТТ-50 четвертая поверка гарантируется заводом. Подставки исправительных винтов не имеют.

5. Коллимационная плоскость трубы должна проходить через диаметр $0—180^\circ$ кольца буссоли. Для проверки этого условия, если буссоль расположена под трубой, надевают на объектив трубы крышку с маленьким отверстием в центре и смотрят в трубу через это отверстие, наводя окуляр на кольцо буссоли. Штрихи 0° и соответственно 180° должны лежать в середине поля зрения трубы. При несоблюдении этого условия буссоль поворачивают в нужную сторону.

Если буссоль накладная (ТТ-2, ТТ-50, ТМ-1), то проверка этого условия производится так: снимают стекло буссоли, затем наносят капли воска на штрихи 0 и 180° . Установив отвесно с помощью воска иголки по диаметру $0—180^\circ$, центр сетки наводят на какую-нибудь точку. Если две иголки и визируемая точка лежат в одной плоскости, условие выполнено и никаких исправлений не делают. Исправление делают поворотом буссоли при помощи установочных винтов.

О п р е д е л е н и е к о э ф ф и ц и е н т а д а л ь н о м е р а т р у б ы производится по формуле

$$C = \frac{d - c}{n}, \quad (1.2)$$

где C — коэффициент дальномера;

d — расстояние от рейки до инструмента;

n — число делений рейки между верхней и нижней нитями дальномера;

c — постоянная величина, приближенно равная полуторному расстоянию трубы от объектива до сетки нитей (при установке трубы на бесконечность). У теодолитов ТТ-1, ТТ-2, ТТ-50, ТМ-1 и ТТ-5 c можно принять равной нулю.

Для определения коэффициента дальномера на ровном участке земли устанавливают теодолит и отмечают его центр отвесом. Затем от центра в сторону объектива отмеряют лентой расстояния 40, 60, 80, 100 и 120 м. Эти точки отмечают кольями. Ставя поочередно рейку на все пять точек, отсчитывают по ней число делений n между крайними нитями сетки (рис. 9). Коэффициент C определяется как среднее арифметическое из пяти определений при условии, что каждое отдельное его значение не отличается от среднего больше чем на 0,3%.

В тех случаях, когда коэффициент дальномера не равен 100, удобно составить таблицу расстояний $d = Cn$ при различных значениях n , начиная с 1 до 10, через единицу и от 10 до 200, через 10 делений.

Определение места нуля MO вертикального круга производится следующим порядком. Установив теодолит, наводят зрительную трубу последовательно на хорошо видимые 3—4 точки, расположенные выше и ниже теодолита. Каждый раз при двух положениях вертикального круга относительно трубы записывают отсчеты по обоим верньерам вертикального круга. Пузырек уровня при алидаде вертикального круга в момент отсчета должен быть на середине. Тогда

$$MO = \frac{\Pi + \Lambda}{2}. \quad (1.3)$$

Если место нуля MO окажется больше 5—8', его следует исправить.

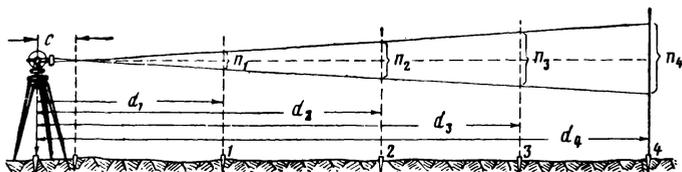


Рис. 9. Определение коэффициента дальномера трубы

Исправление MO производится следующим образом. Приводят пузырек уровня при алидаде вертикального круга на середину, затем устанавливают трубу так, чтобы отсчет по вертикальному кругу был равен MO . В этом случае визирная ось трубы будет горизонтальна. Закрепив трубу, вращением микрометрического винта у алидады добиваются отсчета на вертикальном круге, равного нулю. Пузырек уровня, который при этом уйдет из середины, вновь приводят на середину исправительными винтами при уровне.

Нивелиры

Нивелиры могут быть глухие, с перекладной трубой и уровнем при трубе и с перекладной трубой и уровнем при подставке. Проверки их несколько отличаются друг от друга.

Глухой нивелир *НГ*. Этот тип нивелира должен удовлетворять следующим условиям.

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения нивелира. Проверка и исправление этого условия производятся так же, как и первого условия теодолита.

2. Визирная ось трубы должна быть параллельна оси уровня.

Проверка второго условия может производиться двумя способами: а) нивелированием из середины и не из середины и б) двойным нивелированием вперед.

При первом способе проверки этого условия на слегка покатой местности забивают на равных расстояниях d (желательно 50 м)

друг от друга три колышка — *A, C, B* (рис. 10). Между колышками *B* и *C* забивают еще колышек *D* на расстоянии от *B* не менее 5 и не более 25 м. Расстояние между колышками нужно измерить с точностью до 10 см. Затем нивелир последовательно устанавливают в точках *C* и *D*, приводят каждый раз пузырек уровня на середину и делают отсчеты на рейках, поставленных отвесно в точках *A* и *B*. Если визируя ось трубы параллельна оси уровня, то разности $a - b$ и $a_1 - b_1$ отсчетов на рейках, полученные на каждой точке стояния инструмента, дадут одно и то же превышение точек *A* и *B*.

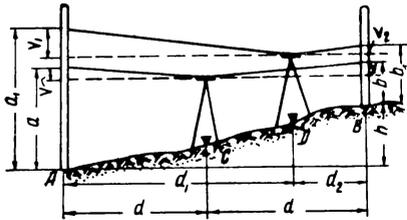


Рис. 10. Проверка параллельности визирной оси трубы к оси уровня (для нивелира НГ)

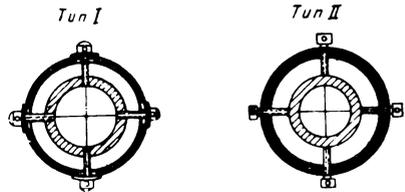


Рис. 11. Типы нивелирных сеток

В противном случае нужно вычислить ошибки отсчета v_1 и v_2 на рейках при установке нивелира в точке *D* и произвести исправление положения сетки трубы. Для вычисления ошибок отсчета пользуются формулами:

$$v_1 = \frac{(a_1 - b_1) - (a - b)}{d_1 - d_2} d_1 \quad (1.4)$$

и

$$v_2 = \frac{(a_1 - b_1) - (a - b)}{d_1 - d_2} d_2, \quad (1.5)$$

где a и b — отсчеты на рейках в точках *A* и *B* при установке нивелира в точке *C*;

a_1 и b_1 — то же при установке нивелира в точке *D*;

d_1 — расстояние от точки *D* до точки *A*;

d_2 — расстояние от точки *D* до точки *B*.

При исправлении положения сетки отсчеты a_1 и b_1 нужно уменьшать, если v_1 и v_2 оказались положительными, и увеличивать, если — отрицательными. Начинать исправление следует всегда по наиболее удаленной рейке (в точке *A*), все время следя за тем, чтобы пузырек уровня находился на середине. Если в расчетах и в регулировке сетки ошибок не было, то после исправления отсчета на удаленной рейке отсчет на рейке, расположенной ближе к инструменту (в точке *B*), должен быть равен $b_1 \pm v_2$.

При исправлении положения сетки следует обращать внимание на тип сетки, иначе может произойти порча исправительных винтов. Тип сетки нетрудно установить по внешнему расположению

исправительных винтов. На рис. 11 показаны два типа сеток, получивших свое применение в отечественных нивелирах.

Наряду с ошибками от непараллельности визирной оси уровня возможно появление ошибки от неправильного хода фокусирующей линзы или окулярного колена в момент изменения фокусировки. Поэтому для проверки второго условия целесообразно рекомендовать не первый, а второй способ — двойного нивелирования вперед. В этом случае ошибка в отсчете на рейке за счет изменения фокусировки трубы инструмента будет исключена. На рис. 12

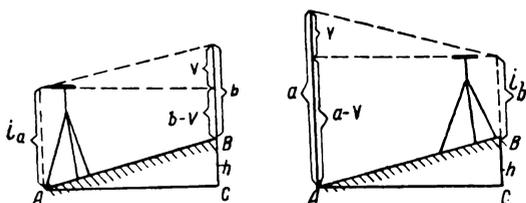


Рис. 12. Проверка второго условия нивелира *НГ* методом двойного нивелирования вперед

каждый раз точно на одной вертикали с указанными выше точками. Поскольку расстояние между точками *A* и *B* остается в процессе проверки постоянным, ошибки в отсчетах на рейке при различных установках инструмента будут одинаковы и равны величине

$$v = \frac{a + b}{2} - \frac{i_a + i_b}{2}, \quad (1.6)$$

где *a* и *b* — отсчеты на рейках;

i_a — высота центра окуляра при установке нивелира в точке *A*;

i_b — высота центра окуляра при установке нивелира в точке *B*.

Исправление отсчетов на величину *v* делают перемещением сетки, как это описано в первом способе, добываясь величины отсчета на рейке в точке *A*, равной $a \pm v$, смотря по знаку *v*.

3. Вертикальная нить сетки в рабочем положении нивелира должна быть отвесна, а горизонтальная нить к ней — перпендикулярна.

Для проверки этого условия нивелир устанавливают по уровню и метрах в 10 от него подвешивают на нити отвес. Затем наводят трубу нивелира на нить отвеса и убеждаются в совпадении на всем протяжении вертикальной нити сетки с нитью отвеса. Если такого совпадения нет, то, слегка ослабив все четыре винта у сетки, поворачивают ее в трубе до нужного положения вертикальной нити, после чего винты опять закрепляют. Это исправление сетки необходимо делать одновременно с ее исправлением во второй проверке.

4. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

После выверки цилиндрического уровня и приведения оси вращения нивелира в отвесное положение пузырек круглого уровня должен находиться на середине.

Глухие нивелиры типа НВ-1 и Харьковского завода. Эти типы нивелиров должны удовлетворять только трем условиям, последовательность которых следующая.

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Порядок поверки этого условия тот же, что и в четвертой поверке нивелира *НГ*. Исправительные винты у уровня имеются.

2. Ось уровня должна быть параллельна визирной оси. Эта поверка выполняется так же, как вторая поверка нивелира *НГ*. Получив расчетом величины ошибок v_1 и v_2 в отсчетах на рейках, вращением элевационного винта наводят горизонтальную нить сетки на исправленный (на соответствующую величину ошибки) отсчет по удаленной рейке. При этом пузырек уровня отойдет от середины, тогда его вновь приводят на середину исправительным винтом у уровня.

3. Вертикальная нить сетки в рабочем положении нивелира должна быть отвесна, а горизонтальная нить к ней перпендикулярна.

Третья поверка у глухих нивелиров НВ-1 и Харьковского завода выполняется так же, как и третья поверка *НГ*.

Нивелир с перекидной трубой и уровнем при трубе *НТ*. Для данного типа нивелира необходимо соблюдать следующие условия:

1. Ось уровня должна быть параллельна геометрической оси¹ трубы. Эта поверка состоит из двух частей:

а) ось уровня должна лежать в горизонтальной плоскости, параллельной геометрической оси трубы. Для поверки этого условия устанавливают пузырек уровня на середину. Затем, закрепив ось вращения нивелира зажимным винтом, перекидывают трубу в подставках. Если пузырек уровня остался на середине, условие выполнено. В противном случае, действуя исправительными винтами при уровне, пузырек перегоняют обратно в направлении к середине на половину отклонения. Вторую половину отклонения пузырька ликвидируют подъемными винтами при подставках;

б) ось уровня должна лежать в вертикальной плоскости, параллельной геометрической оси трубы. Поверка этого условия и исправление положения оси уровня производятся следующим образом. Нивелир устанавливают по направлению одного из подъемных винтов и закрепляют в этом положении зажимным винтом, затем приводят пузырек уровня на середину и трубу вместе с уровнем покачивают влево и вправо вокруг геометрической оси в неболь-

¹ Геометрической осью трубы называется линия, соединяющая центры сечения шеек трубы.

ших пределах (рис. 13). Если оси трубы и уровня непараллельны, пузырек уровня будет уходить от середины то в одну, то в другую сторону. Исправление положения оси уровня в этом случае производится на полную величину отклонения пузырька от середины боковыми исправительными винтами. У нивелира *НТ* эту часть поверки гарантирует завод, поэтому горизонтальных исправительных винтов уровень не имеет.

2. Ось уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения нивелира. Поверку этого условия производят так же,

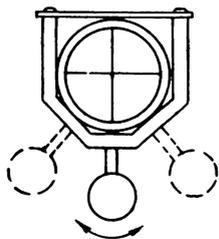


Рис. 13. Поверка второй части первого условия нивелира *НТ*

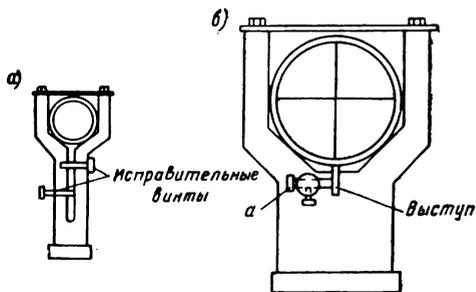


Рис. 14. Исправительные винты при подставке нивелира

как и первую поверку нивелира *НГ*. Исправление оси уровня делается винтами при подставке (рис. 14, *а*) путем изменения ее высоты до смещения пузырька уровня к середине на половину отклонения. Вторая половина отклонения исправляется подъемными

винтами при подставке *У* советского нивелира *НТ* эта поверка также гарантируется заводом и подставки исправительных винтов не имеют.

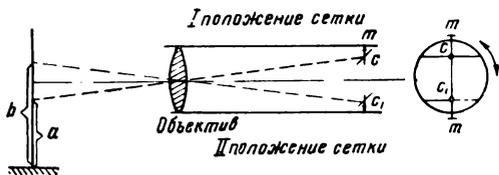


Рис. 15. Поверка третьего условия в нивелире *НТ*

положение и на рейке, неподвижно установленной на расстоянии 40—60 м от нивелира, делают отсчет *а* (рис. 15). Затем, повернув трубу вокруг геометрической оси на 180°, делают второй отсчет *б*. Если разность отсчетов *а—б* превышает 1—2 мм, вертикальными исправительными винтами при сетке передвигают ее так, чтобы по нити был получен средний отсчет.

4. В рабочем положении инструмента, когда выступ у трубы (рис. 14, *б*) прижат к упорному винту *а*, вертикальная нить сетки должна быть отвесна, а горизонтальная перпендикулярна ей

Проверка этого условия делается так же, как третья проверка нивелира *НГ*. Исправление производится путем ввинчивания или вывинчивания упорного винта *a* (рис. 14, б). Проверку этого условия необходимо выполнить в двух положениях трубы, т. е. до перекладки и после перекладки ее в подставках.

5. Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения инструмента. Проверяется это условие так же, как четвертая проверка нивелира *НГ*.

6. Диаметры шеек трубы должны быть равны и цилиндричны. Проверка этого условия производится так же, как вторая проверка нивелира *НГ*. Если окажется, что диаметры шеек трубы не равны и не цилиндричны, можно поступить так: инструмент забраковать и заменить другим, исправным;

инструмент при работе всегда устанавливать на середине между связующими точками нивелирного хода;

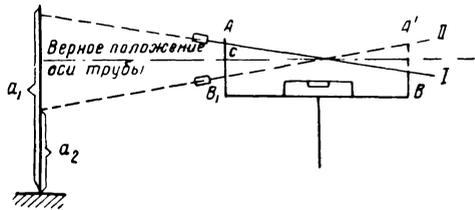


Рис. 16. Проверка третьего условия нивелира с перекладной трубой и уровнем при подставке

вычислив по вышеприведенным формулам величину ошибки *v* в отсчете на рейках и учтя ее знак, исправить положение визирной оси на величину этой ошибки путем передвижения сетки. При таком исправлении будет нарушено третье условие, поэтому трубу в подставке вращать вокруг геометрической оси нельзя.

Нивелир с перекладной трубой и уровнем при подставке. Для данного нивелира требуются следующие проверки:

1. Ось уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента (см. первую проверку нивелира *НГ*).

2. Визирная ось трубы должна совпадать с геометрической (см. третью проверку нивелира с перекладной трубой и уровнем при трубе).

3. Геометрическая ось трубы должна быть параллельна оси уровня. При проверке этого условия уровень нивелира устанавливают в горизонтальное положение и на рейке, неподвижно установленной на расстоянии 40—50 м от нивелира, берут отсчет a_1 . Затем, сделав перекладку трубы и поворот подставки на 180°, берут на той же рейке второй отсчет — a_2 (рис. 16). Если разность отсчетов превышает 2 мм, исправительными винтами при подставке меняют ее высоту так, чтобы получить на рейке отсчет, равный среднему из двух взятых.

4. В рабочем положении инструмента вертикальная нить сетки должна быть отвесна, а горизонтальная — перпендикулярна вертикальной. Проверку осуществляют так, как третью проверку

нивелира *НГ*, а исправление как при четвертой поверке нивелира с перекладной трубой и уровнем при трубе.

5. Диаметры шеек трубы должны быть равны и цилиндричны (см. вторую поверку нивелира *НГ*).

Простейшие исследования нивелира и теодолита

Под простейшими исследованиями нивелиров и теодолитов понимают определение их основных параметров:

увеличения трубы v (для теодолитов и нивелиров);

цены деления уровня τ (чаще только для нивелиров);

рабочего расстояния от инструмента до рейки (для теодолитов и нивелиров).

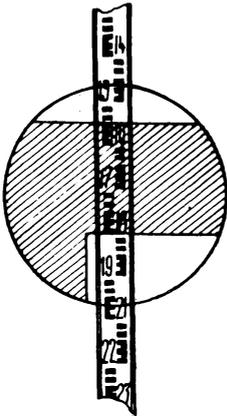


Рис. 17. Определение увеличения трубы

Нормально в технических нивелирах эти параметры находятся между собой в таких соотношениях, что их произведение лежит в пределах $550 \leq v\tau \leq 825$. Кроме того, они определяют, при заданной точности отсчета, величину нормального рабочего расстояния от инструмента до рейки. В новых инструментах отечественного производства все эти параметры указаны в паспортах, откуда всегда нетрудно их получить. Для инструментов, бывших в употреблении, часто паспортные данные отсутствуют либо полностью, либо частично. В этих случаях необходимо уметь определять v и τ .

Определение увеличения трубы по рейке. Для определения увеличения трубы v по рейке надо навести трубу на вертикально поставленную в 10—15 м от инструмента рейку и записать число делений n рейки, помещающихся в поле зрения трубы. Одновременно надо смотреть от окуляра невооруженным глазом на рейку и сосчитать число делений N рейки, закрываемых указанными выше делениями, как бы наложенными на рейку, видимую невооруженным глазом (рис. 17). Тогда

$$v = \frac{N}{n}. \quad (1.7)$$

Чтобы получить значение v точнее, необходимо повторить указанные действия несколько раз и взять из них среднее значение.

Определение цены деления уровня по рейке. Чтобы определить цену деления уровня τ , инструмент устанавливают на ровной местности в удалении 40—60 м от рейки. Расстояние между инструментом и рейкой должно быть измерено лентой. Штатив инструмента должен быть поставлен так, чтобы один подъемный винт был расположен по направлению к рейке. Трубу

наводят на рейку, затем подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину и производят на рейке отсчет a . После этого пузырек уровня перегоняют подъемным винтом на несколько делений от среднего положения и вновь делают отсчет b на рейке и по концам пузырька. Если число делений уровня, на которое был отклонен от середины его пузырек, оказалось равным n , а разность отсчетов на рейке $b-a$, то цена деления уровня будет равна

$$\tau = \frac{b-a}{dn} 206\,265'', \quad (1.8)$$

где d — расстояние между инструментом и рейкой;
 n — число делений отклонения пузырька уровня от середины;
 $206\,265$ — радиан в сек;
 a и b — отсчеты на рейке.

Следует эту работу повторить, перегнав пузырек уровня в другую сторону также на несколько делений. Полученное значение τ не должно отличаться от первого более чем на 2".

Определение рабочего расстояния от инструмента до рейки. В зависимости от масштаба съемки и основных параметров инструмента величина рабочего расстояния определяется при нивелирных работах по формуле

$$d_{\text{раб}} \leq \frac{1\,200K}{\tau} \text{ м}, \quad (1.9)$$

где K — точность отсчета по рейке, равная обычно 1—2 мм; при тахеометрических съемках по формуле

$$d_{\text{раб}} \leq \frac{mv}{550} \text{ м}, \quad (1.10)$$

где m — знаменатель численного масштаба съемки.

В действительности же эти расчетные рабочие расстояния использовать полностью не удастся. Их приходится сокращать, особенно при нивелировании, либо по причине сложности местности, либо по причине влияния рефракции. Последняя может существенно сказываться даже и не в очень жаркую, но солнечную погоду на затяжных подъемах или спусках железнодорожного пути. Чтобы уменьшить влияние ошибки от рефракции на результаты работ, целесообразно в таких случаях, если даже и нет ограничения по рейке, длину плеч брать не более 100—50 м в зависимости от четливости изображения.

Г Л А В А II

СЪЕМКА ПОЛОСЫ ОТВОДА, ПЛАНА И ПРОФИЛЯ ПУТИ ПРИ НАТУРНОЙ ПРОВЕРКЕ И ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО И СРЕДНЕГО РЕМОНТА ПУТИ

Геодезические работы по съемке полосы отвода, плана и профиля линии производятся при очередных натуральных проверках, а также внеочередных для составления проектов капитального и среднего ремонта пути. Сроки инструментальной проверки пути в плане и профиле устанавливаются приказом начальника дороги согласно Правилам технической эксплуатации железных дорог Союза ССР, в которых сказано, что:

«Участки, на которых производятся реконструкция пути или другие работы, вызывающие изменение плана и профиля, проверяются по окончании работ. Продольные профили сортировочных горок, полугорок, подгорочных путей и вытяжек на сортировочных, участковых и крупных грузовых станциях проверяются не реже одного раза в два года; профиль пути на остальном протяжении проверяется не реже одного раза в 10 лет.

§ 3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При выезде в поле каждый руководитель работ должен иметь в зависимости от характера работ следующую техническую документацию:

для съемки полосы отвода — писанный профиль с указанием привязки к пикетажу искусственных сооружений, отдельных пунктов, линейно-путевых зданий, сигнальных и путевых знаков; профильный план линии с нанесенными элементами кривых; выкопировки из планов землепользований, смежных с полосой отвода железной дороги (колхозов, совхозов, лесодач и др.); описания местонахождений граничных знаков землепользований или абрис их привязок; сведения о наличии и расположении пунктов государственной геодезической сети (пунктов триангуляции или полигонометрии); координаты этих пунктов в виде официальной справки от местного отдела Госгеонадзора УМВД; данные о развитии отдельных пунктов, промышленном и гражданском строительстве в зоне дороги, о посадках снегозащитных лесных полос и т. д. согласно перспективному плану развития дороги;

для натурной проверки плана и профиля — схематический план линии с указанием мест расположения «резанных» пикетов, сведения о наличии реперов и марок государственного и ведомственного нивелирования, отметки реперов и марок;

для съемки пути в целях составления проектов капитального и среднего ремонтов документация должна быть та же, что и для натурной проверки плана и профиля.

§ 4. ПИКЕТАЖ

Разбивка пикетажа — одна из трудоемких работ при съемке существующего пути.

Пикетаж при съемке полосы отвода, натурной проверке плана и профиля, при съемке пути для составления проектов капитального и среднего ремонтов ведется, как правило, по оси пути. Для разбивки пикетажа пользуются стальной 20-м лентой или мерным прибором (тросом) Лукерьяна.

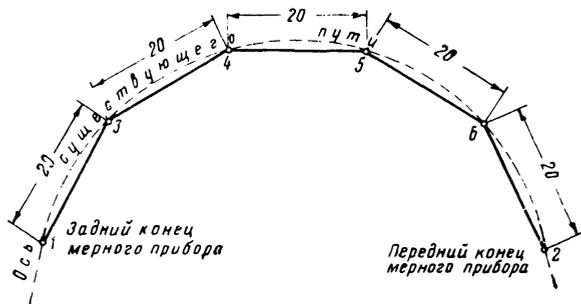


Рис. 18. Промер кривой тросом Лукерьяна

При работе с тросом Лукерьяна, особенно в кривых частях пути, шпильки на оси пути должны быть установлены не только по концам его, но и в точках 3, 4, 5, 6 через 20 м (рис. 18). Положение точек 3, 4, 5, 6 легко определить по имеющимся на тросе метровым делениям. Работа по разбивке пикетажа производится, как правило, двумя мерными приборами. Первый промер, выполняемый пикетажистом, является основным, второй, ведущийся вслед за первым, — контрольным. Работой второго мерного прибора руководит, как правило, инженер, которому подчинены оба звена. Пикетажист сверяет результаты промеров на каждом пикете и производит запись результатов промера в пикетажном журнале. На рис. 19 приведен образец ведения пикетажного журнала.

Разность между результатами первого и второго промеров считается допустимой, если она равна или меньше 1 : 2 000 измеренной длины. При получении невязки больше допустимой пикетажист повторяет измерение и результат этого измерения принимает за окончательный, если вновь полученная невязка допустима. Закреп-

ление точек пикетажа при разбивке последнего по оси пути производится путем нанесения вертикальной черты на левой или правой рельсовой нити с внутренней стороны рельса. На однопутном участке за основную рельсовую нить принимают обычно левую по ходу километров. На двухпутном участке, если пикетаж ведется по левому пути, основной нитью считается правая, а если по правому пути — левая.

Сначала черта наносится мелом (после первого промера), затем после второго промера, убедившись в том, что нет грубых ошибок, закрепляют черту масляной краской белого цвета. В местах нанесения точек пикетажа масляной краской рельс должен быть очищен от грязи и ржавчины скребком или металлической щеткой. Рядом с вертикальной чертой масляной краской наносится также номер пикета (ПК) или расстояние от пикета до данной плюсовой точки.

Разбивку пикетажа целесообразно начинать всегда от оси какого-нибудь постоянного сооружения и заканчивать у знаков

границ ПЧ (дистанций пути), ПД (околотков) или ПДБ (рабочих отделений), сосредоточивая «резаные» пикеты по возможности возле этих границ. В тех случаях, когда разбивка пикетажа начинается от километрового столба, необходимо убедиться, что данный километровый столб расположен правильно относительно ближайших постоянных знаков пути (осей пассажирских зданий, искусственных сооружений и т. д.), затем вести пикетаж. Вынос оси постоянного сооружения на ось пути производится с точностью до 1—2 см. Такой точности нетрудно добиться с помощью теодолита. Установив теодолит в точке *B* на оси пути, а в точке *M* шпильку (рис. 20), отбивают прямой угол *MBD*, фиксируя положение точки *D* установкой шпильки. Если измерить отрезок *DK* и отложить его от точки *B* по направлению оси пути, то и будет получена точка *O* пересечения оси пути с осью сооружения.

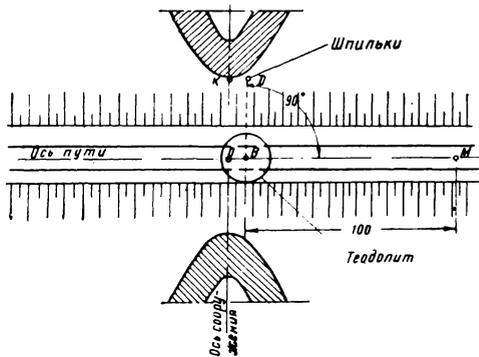


Рис. 20. Вынос оси сооружения на путь

При расположении сооружения на кривой вынос его оси на ось пути производится также с помощью теодолита, но установка последнего производится не на оси пути, а в одной из точек створа на оси сооружения, предварительно разбитого по тальвегу лога. Точку установки теодолита в этом случае выбирают так, чтобы с нее удобно было сделать вынос направления створа на ось пути.

В момент разбивки пикетажа по оси пути пикетажист устанавливает места плюсовых точек и систематически следит за совпаде-

нием точек нового пикетажа с точками существующего. При расхождении в пикетаже более 2 м назначают «резаный» пикет у километрового знака. Длины «резаных» пикетов, а также положение осей существующих сооружений по пикетажу определяются и записываются в пикетажную книжку с точностью до 0,01 м.

В пикетажную книжку должно заноситься с привязкой к пикетажу (плюсовкой) и отметкой на рельсе масляной краской следующее:

- переломы профиля земли;
- оси искусственных сооружений;
- начало и конец мостов (по задним граням устоев);
- уклоноуказательные знаки;
- оси пассажирских зданий¹;
- примыкания ветвей на перегонах;
- семафоры, светофоры и прочие постоянные сигнальные знаки;
- места переходов насыпи в выемку и обратно (нулевые места), оси переездов и путепроводов;
- разметка «двадцаток» в кривых участках пути;
- места сплывов и оползней откосов насыпей и выемок;
- места осадок и расползания насыпей, сдвига и подмыва их;
- места обвалов и осыпей откосов выемок;
- места расположения балластных корыт, лож и грязевых мешков;
- входные и выходные стрелки на главных путях;
- существующие знаки начала и конца кривых;
- начало и конец тоннелей;
- предельные столбики;
- гидроколонны, прилегающие к главным путям;
- смотровые колодцы водоснабжения и канализации у главных путей;
- начало и конец лотков в выемках;
- места установки опор контактной сети;
- начало и конец пассажирских платформ, прилегающих к главному пути, и т. д.

Кроме указанных точек путевой ситуации, при съемке полосы отвода, натурной проверке плана и профиля, «плюсовке» с зарисовкой в пикетажном журнале подлежат также:

- границы грунтов и границы угодий;
- резервы, кавальеры, дренажи, нагорные и водоотводные каналы и вообще все сооружения, обеспечивающие устойчивость земляного полотна;

снегозащитные посадки с указанием ширины, высоты, названия (хвойные, лиственные), возраста и постоянные снегозащитные заборы;

¹ Закрепление оси пассажирского здания производится обычно нанесением черты масляной краской на фасаде здания и забивкой вблизи (по обе стороны) первого главного пути двух металлических штырей или рельсовых рубок длиной не менее 1,0 м.

реперы и марки с указанием расстояния от оси пути, материала, формы и номера репера, а также наименования ведомства, установившего репер, и года установки;

оси линейно-путевых, служебно-технических, водоемных и других зданий;

места пересечения железной дороги линиями высокого напряжения с указанием угла пересечения, высоты подвески проводов над головкой рельса, откуда и куда идет линия передачи и числа проводов;

расположение линий связи, принадлежность их, количество проводов;

расположение станционных путей и стрелок, прилегающих к главному пути.

Нумерация пикетажа ведется в соответствии с нумерацией километровых столбов.

При ведении пикетажного журнала должны соблюдаться следующие основные правила.

Пикетажный журнал составляется в масштабе 1 : 2 000 от руки, простым карандашом, твердость которого подбирается в зависимости от качества и цвета бумаги. Листы стандартных пикетажных журналов имеют двухмиллиметровую разграфку (сетку). Заполнение журнала начинается, как правило, с нанесения оси главного пути по середине страницы (снизу вверх) в виде прямой линии. Затем справа и слева от нее наносят ситуацию, расположенную в пределах полосы отвода.

Положение точек пикетажа в журнале указывается поперечными черточками длиной 2 мм для пикетажных точек и 1 мм для плюсовых точек. Номера пикетов, а также положение плюсовых точек профиля по пикетажу указываются в журнале с правой стороны оси пути. Пикетаж точек ситуации выписывается в журнале в зависимости от расположения предмета. Если, например, лесопосадка располагается справа от оси пути, то и запись пикетажного положения ее (точек начала и конца) делается также справа рядом с точками ситуации. Расстояния по перпендикуляру от оси пути до характерных точек ситуации указываются в той последовательности, как располагаются точки относительно оси пути, и выписываются под углом 90° к направлению оси пути. В пикетажном журнале указываются также точки начала и конца полевых замеров при съемке кривых, номер кривой и направление ее поворота.

Чтобы предметы ситуации не затемняли журнала и не получалось нагромождения записей, в местах большого количества предметов ситуации (особенно на застроенных территориях) целесообразно иметь, кроме пикетажного журнала, абрис, в котором в увеличенном масштабе указывают все пояснительные записи. Абрис в этом случае является документом, дополняющим пикетажную книжку, а не заменяющим ее.

Положение предметов, изображенных в абрисе, должно быть указано также и в пикетажном журнале, но в уменьшенном виде со ссылкой на абрис.

Записи цифр и слов должны быть четкими, разборчивыми и без помарок. В случае просчета измерения должны повторяться, а результаты их записываться вновь.

Неверные записи отсчетов (просчеты) зачеркиваются одной чертой так, чтобы отчетливо было видно зачеркнутое число (слово).

Применение резинки для исправления неверных записей категорически запрещается. Журналы с обнаруженными подтертовыми резинкой бракуются и не подлежат приемке.

Пикетажные журналы должны иметь порядковые номера, нумерацию страниц и оглавление. Нумерация пикетажных журналов устанавливается обычно отдельно по каждому виду съемок (работ) в порядке последовательного их заполнения. Порядковые номера страниц журнала ведутся независимо от порядкового номера журнала. На каждом журнале должно быть указано название организации, выполнявшей данные работы, и ее адрес.

§ 5. СЪЕМКА ПОЛОСЫ ОТВОДА.

Плановое рабочее обоснование и привязка его к пунктам государственной геодезической сети

Рабочей основой для съемки полосы отвода в масштабе 1 : 5 000 служит теодолитный ход, укладываемый вдоль оси пути. Если точек теодолитного хода, расположенного вдоль оси пути, недостаточно, рабочую основу развивают путем прокладки дополнительной сети съёмочных теодолитных ходов, опирающихся своими концами на теодолитный ход вдоль оси пути (рис. 21).

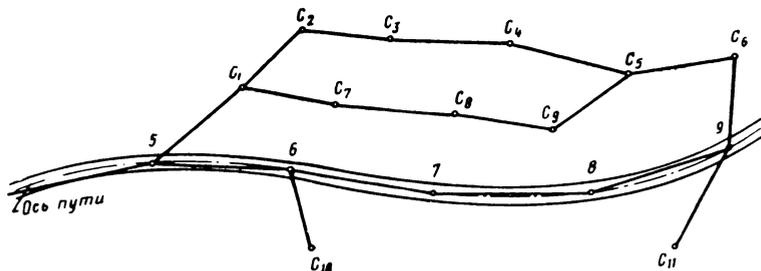


Рис. 21. Рабочая основа плановой съемки полосы отвода

Последнее равным образом относится к съемке полосы отвода как в пределах перегона, так и в пределах сортировочных, участковых и других станций, территория которых имеет застройку жилыми, служебно-техническими и производственными зданиями.

Съёмочные теодолитные ходы в пределах населенного пункта должны прокладываться по проездам с таким расчетом, чтобы они проходили от линии фасадов зданий не далее 5 м для масштабов

съемки 1 : 1 000 и не далее 6 м для масштабов съемки 1 : 2 000. Одновременно с прокладкой съемочных теодолитных ходов по проездам намечаются места положения створных точек против мест прохода (ворота, проходы между огородами и т. д.), к которым в дальнейшем будут примыкать ходы рабочего обоснования для съемки внутриквартальной ситуации. Съемочные рабочие ходы для съемки внутриквартальной ситуации назначаются с таким расчетом, чтобы с них можно было снимать не менее трех углов каждого капитального сооружения (здания). Внутриквартальные ходы вместе с ходами по проездам должны образовывать систему сомкнутых полигонов. В исключительных случаях, когда не представляется возможным проложить сомкнутого внутриквартального хода, может быть допущен висячий ход. Длина висячего хода при трех углах поворота должна быть не более 250 м для масштаба съемки 1 : 5 000 и 150 м для масштаба съемки 1 : 2 000.

При укладке съемочных теодолитных ходов по двум сторонам проезда необходимо произвести связку их между собой линейными промерами по диагоналям перекрестка улиц и не реже чем через 400—500 м. Длины сторон теодолитного хода, расположенного вдоль оси пути, и съемочных теодолитных ходов на перегоне не должны быть более полуторной величины рабочего расстояния, определяемого формулой (1. 10). Длины сторон ходов в пределах населенного пункта могут назначаться от 20 до 350 м, исходя из удобств линейных и угловых измерений. Наиболее удобной для теодолитных ходов рабочего обоснования является длина 250 м.

Закрепление точек опорной сети на оси пути производится забивкой костылей в шпалы или обрезков труб длиной 1 м в балласт, а в пределах полосы отвода обычным способом, т. е. установкой точек, вбиваемых вровень с поверхностью земли, и сторожка. Для точек могут использоваться также обрезки труб, металлические стержни или деревянные колья длиной 0,3—0,5 м. На сторожке каждой вершины (опорной точки) хода указывается ее номер.

Измерение горизонтальных углов теодолитных ходов производится теодолитом минутной или 30" точности одним полным приемом со сдвижкой лимба между полуприемами на 90°.

Результаты измерений горизонтальных углов заносятся в угломерный журнал, форма которого приведена в табл. 1. Заполнение угломерного журнала начинается с записи точки стояния инструмента (номер вершины, *ПК*, плюс) и точек визирования (номер вершины, *ПК*, плюс). Затем для каждого направления в соответствующих графах журнала производят запись отсчетов по лимбу.

Поскольку при измерении горизонтальных углов измеряется всегда правый по ходу угол, величина последнего в каждом полуприеме *П* и *Л* вычисляется по формуле

$$\beta = Z - П, \quad (II.1)$$

где *Z* — отсчет на лимбе, соответствующий наведению на заднюю по ходу вершину угла;

Таблица I

Форма и пример заполнения угломерного журнала

Погода ясно
 Видимость хорошая
 Температура t° = +16

Наблюдатель Петров
 Дата 17.07.56 г.

Станция, пикет и линос	№ точек		Визирование	Положение крута		Верньеры		Среднее из отчетов по верньерам		Угол из 1-го и 2-го полу- приема		Среднее из углов		Длина линии		Угол наклона линии	А б р и с
	I	II		I	II	°	'	°	'	°	'	°	'	измеренная	средняя		
ВУ13	ВУ12	238	17	16	238	16,5	137	59	238,60	238,59	238,59	0	238,58	238,59	238,59		
	ВУ14	100	18	17	100	17,5	137	59	137	59,5							
ВУ13	ВУ14	190	36	35	190	35,5	138	00	328	35,5							
	ВУ12	328	35	36	328	35,5	138	00	138	00							

Π — отсчет на лимбе, соответствующий направлению на перпендикулярную по ходу вершину угла.

Если расхождение в значениях угла между полуприемами не более двойной точности верньера, измерение угла считают правильным и угол определяют как среднее из двух значений. Далее с помощью вертикального круга теодолита определяют угол наклона сторон теодолитного хода, записывают его в соответствующую графу журнала и переходят на новую станцию, если измерение горизонтальных углов ведется отдельно от съемки подробностей. В графе журнала «абрис» указываются схема измеряемого угла и его номер. Журнал полностью заполняется в поле.

Длины сторон теодолитных ходов измеряются лентой в прямом и обратном направлениях. Линейная невязка съёмочных теодолитных ходов, опирающихся на теодолитный ход вдоль оси пути, или теодолитного хода вдоль оси пути, опирающегося своими концами на пункты государственной плановой основы, не должна быть более 1:2000. Угловая невязка должна быть не более $\pm 1,5t\sqrt{n}$, где t — точность верньера; n — число углов хода.

Чтобы обеспечить контроль за качеством полевых работ, а также возможность использования результатов съемки для целей государственной картографии и последующих съемок, теодолитный ход, расположенный вдоль оси пути, должен быть привязан к пунктам плановой государственной основы, расположенным в пределах полосы отвода или вблизи нее. При удалении пункта государственной основы от железной дороги до 5 км привязка теодолитного хода производится не реже чем через 50 км, а при удалении более чем на 5 км — по истинному азимуту через 20 км*. Плановая привязка теодолитного хода к пунктам государственной основы может выполняться: либо путем прокладки теодолитного хода от какой-нибудь точки теодолитного хода, расположенного на оси пути, к закладному центру государственного знака, либо путем засечек пунктов основы с точек теодолитного хода, расположенного на оси пути. В случае привязки теодолитного хода к пункту основы первым способом закладной центр его вскрывают, соблюдая осторожность, чтобы не повредить и не сдвинуть с места, и, кроме того, извещают о производстве работ по вскрытию ту организацию под охрану которой был сдан центр.

После привязки центр знака снова зарывают и возобновляют наружное оформление его.

Сведения о положении закладного центра знака государственной плановой основы могут быть получены исполнителем работ одновременно с получением координат пункта государственной основы в местных органах государственного геодезического надзора.

* Нормы для плановой привязки теодолитного хода указаны применительно к п. 10 «Указаний по производству топографо-геодезических работ при изысканиях железных дорог», изд. Главтранспроект МПС, 1952 и дополнений к ним 1959 г.

Выбор способа привязки теодолитного хода зависит от условий местности, видимости и дальности расположения пунктов основы. Ниже рассматриваются два наиболее характерных и чаще всего встречающихся случая привязок.

1. Привязка точки M к одной точке P с твердыми координатами путем прокладки теодолитного хода (рис. 22).

Привязочные действия в этом случае состоят из определения расстояния d от точки M до точки P , дирекционного¹ угла T стороны PM и примычного угла β .

Расстояние d определяется, как правило, непосредственными измерениями или вычислениями в случае неприступности.

Дирекционный угол T стороны PM определяется по истинному азимуту A и углу сближения меридианов в точке P .

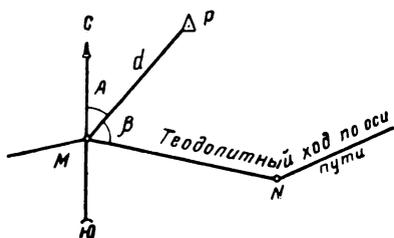


Рис. 22. Привязка путем прокладки теодолитного хода

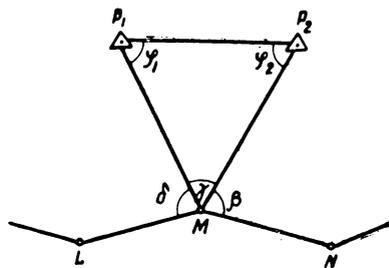


Рис. 23. Привязка точки M к двум пунктам государственной основы

Истинный азимут стороны PM определяют чаще всего по наблюдениям на Полярную звезду². Для определения угла сближения пользуются общеизвестной формулой

$$\pm \gamma = (\lambda_p - \lambda_0) \sin \varphi, \quad (II.2)$$

где λ_p — долгота точки P ;

λ_0 — долгота осевого меридиана зоны, в которой лежит точка P ;

φ — широта точки P .

Долгота и широта точки P определяются с карты масштаба не мельче 1 : 1 000 000.

При шестиградусных зонах долгота осевого меридиана может быть подсчитана как

$$\lambda_0 = 6N - 3, \quad (II.3)$$

где N — номер зоны, в которой лежит точка P .

¹ Дирекционным углом называется угол, образованный направлениями северного конца осевого меридиана зоны и горизонтальной проекцией направления стороны на заданную точку. Дирекционный угол исчисляется от 0 до 360° по направлению хода часовой стрелки, считая от северного конца меридиана.

² Способ определения истинного азимута по Полярной звезде привр- дится в курсах геодезии.

После того как будут определены γ , A_{PM} и измерен угол β , дирекционный угол T стороны MN , согласно рис. 22, будет равен

$$T_{MN} = A_{PM} + 180^\circ \pm \gamma + \beta. \quad (11.4)$$

Зная исходные координаты $(x_P; y_P)$ точки P , координаты точки M можно определить как:

$$\left. \begin{aligned} x_M &= x_P + d \cos(A \pm \gamma); \\ y_M &= y_P + d \sin(A \pm \gamma). \end{aligned} \right\} \quad (11.5)$$

2. Привязка точки M к двум точкам P_1 и P_2 с твердыми координатами (рис. 23). Для получения координат точки M задачу можно решать двумя методами: способом треугольника и способом снесения координат.

Если задача привязки решается способом треугольника, для передачи координат измеряют углы φ_1 ; φ_2 и γ в треугольнике MP_1P_2 и углы β и δ , прилегающие (примычные) к сторонам хода.

По известному значению координат пунктов P_1 и P_2 определяют длину $d_{P_1P_2}$ стороны P_1P_2 и ее направление $T_{P_1P_2}$ по формулам

$$d_{P_1P_2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (11.6)$$

и

$$\operatorname{tg} T_{P_1P_2} = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (11.7)$$

где Δx и Δy — разность координат точек P_1 и P_2 ;

$T_{P_1P_2}$ — дирекционный угол стороны P_1P_2 .

Пользуясь полученными значениями длины стороны $d_{P_1P_2}$, дирекционного угла $T_{P_1P_2}$ и измеренными углами φ_1 и φ_2 , определяют длины сторон P_1M и P_2M и их направления. Согласно теореме синусов длины сторон треугольника будут равны

$$d_{P_1M} = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \gamma} d_{P_1P_2}, \quad (11.8)$$

и

$$d_{P_2M} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \gamma} d_{P_1P_2}. \quad (11.9)$$

Направление для каждой из указанных выше сторон определяется как

$$T_{P_1M} = T_{P_1P_2} + \varphi_1 \quad (11.10)$$

и

$$T_{P_2M} = T_{P_2P_1} - \varphi_2 = (T_{P_1P_2} + 180^\circ) - \varphi_2. \quad (11.11)$$

Для контроля правильности вычислений дирекционных углов пользуются значениями измеренных углов β , γ и δ .

Координаты точки M определяют в этом случае по двум значениям сторон (P_1M и P_2M) треугольника, пользуясь формулами:

$$\left. \begin{aligned} x_M &= x_{P_1} + d_{P_1M} \cos(T_{P_1M}) = x_{P_2} + d_{P_2M} \cos(T_{P_2M}); \\ y_M &= y_{P_1} + d_{P_1M} \sin(T_{P_1M}) = y_{P_2} + d_{P_2M} \sin(T_{P_2M}). \end{aligned} \right\} \quad (11.12)$$

За окончательное значение координат принимают среднее из двух значений, если они различаются в пределах точности измерений.

При решении задачи способом снесения координат углы φ_1 и φ_2 можно не измерять. Вместо них измеряют непосредственно длину стороны MP_1 или MP_2 . Затем, решив обратную геодезическую задачу, согласно формулам (11.6) и (11.7) находят значения углов φ_1 и φ_2 . Из треугольника MP_1P_2 имеем

$$\frac{\sin \varphi_2}{d_{MP_1}} = \frac{\sin \gamma}{d_{P_1P_2}},$$

откуда

$$\sin \varphi_2 = \frac{d_{MP_1}}{d_{P_1P_2}} \sin \gamma. \quad (11.13)$$

Тогда угол φ_1 будет равен

$$\varphi_1 = 180^\circ - (\varphi_2 + \gamma). \quad (11.14)$$

Для контроля вычислений значение угла φ_1 получают второй раз, пользуясь значениями $T_{P_1P_2}$, φ_2 и γ .

Дальнейший расчет по передаче координат и направлений не составляет трудности и может быть осуществлен указанными выше методами.

Привязка границ смежных землепользований

К числу границ смежного землепользования, наносимых на план полосы отвода, относятся:

границы административно-территориального деления СССР (республик, краев, областей, районов и сельских советов);

границы землепользования колхозов, совхозов и отдельных угодий;

границы земель, занятых государственными лесами и водами;

границы земель государственного запаса;

границы городских земель.

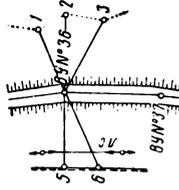
Положение всех этих границ на местности закрепляется обычно межевыми столбами, устанавливаемыми в вершинах углов поворота. При отсутствии межевых столбов вблизи полосы отвода на-

Форма и пример заполнения журнала тахеометрической съемки

№ точек наблюдения	Отсчеты по рейке	Читанные расстояния	Отсчеты по горизонтальному кругу	Отсчеты по вертикальному кругу	Угол наклона α	Расстояния D	$h' = D \operatorname{tg} \alpha$	Высота на- водки v	Превышение $h = h' + i - v$	Отметки H	Примечание	Крюки
-----------------------	---------------------	------------------------	--	--------------------------------------	-----------------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------------------	--------------------------------	----------------	------------	-------

Ст. ВУ № 36; инстр. ориентир. на ст. ВУ № 37; МО = 02; $i = 1,54$; $C = 100$; «П» Нст = 138,17

1	36,5	36,5	263°17'	359°17'	-0°45'	36,5	-	-	-	-	Граница леса	
2	38,6	38,6	287°11'	359°26'	-0°36'	38,6	-	-	-	-	Граница леса	
3	87,6	87,6	326°18'	359°18'	-0°44'	87,6	-	-	-	-	Граница леса	
4	83,4	83,4	27°13'	359°11'	-0°51'	83,4	-	-	-	-	Средина дороги	
5	34,2	34,2	67°15'	358°13'	-0°49'	34,2	-	-	-	-	Средина дороги	
и. т. д.												



правление границы смежного землепользования и ее положение устанавливаются путем восстановления последней по местным предметам (ориентирам), указанным на плане полосы отвода, составленному по материалам ранее производившихся съемок. В целях недопущения грубых ошибок в определении местоположения границ, смежных с полосой отвода землепользований, восстановление последних целесообразно вести (на землях негородского подчинения) с участием представителей заинтересованных сторон (колхозов, совхозов, сельских советов, райисполкомов и т. д.). В городах и рабочих поселках (городского подчинения) эти границы устанавливаются в присутствии представителя главного архитектора города или отдела коммунального хозяйства. По отношению к оси пути границы смежных землепользований могут занимать различные положения, из них наиболее характерными являются два случая: первый — граница смежного землепользования пересекается с осью существующего пути; второй — граница смежного землепользования проходит в непосредственной близости к полосе отвода.

Как в первом, так и во втором случае привязку границ смежных землепользований осуществляют съемкой планового положения межевых столбов. В зависимости от расстояния от межевых столбов до рабочей основы плановой съемки полосы отвода съемка их может производиться способом угловых засечек, полярным способом и способом ординат.

Если съемка ведется способом угловых засечек, то засечки следует производить теодолитом с тех точек съемочной основы, которые обеспечивают угол пересечения лучей при засекаемой точке не менее 50 и не более 130°. Желательно иметь угол от 60 до 110°, так как при этих значениях угла получается наиболее надежная засечка. Длина лучей, определяющих точку угловой засечкой, не должна быть более 200 м.

Предельная длина радиуса вектора при съемке межевых столбов полярным способом должна быть не более 100 м, а длина перпендикуляров, если съемка ведется способом ординат, не более 20 м. Результаты полевых работ по привязке границ смежных землепользований заносятся в абрис или журнал тахеометрической съемки (табл. 2).

Съемка подробностей ситуации

Способы съемки подробностей ситуации в пределах полосы отвода остаются в основном те же самые, что и при съемке межевых столбов. Кроме этого, для съемки контуров правильной формы (жилые дома, служебно-технические сооружения и т. д.) могут быть использованы способ линейных засечек (рис. 24) и способ створов (рис. 25).

Для съемки плана линий в кривых участках пути пользуются методом И. В. Гоникберга или методом стрел изгиба, сущность которых излагается в главе III.

При съемке подробностей ситуации методом линейных засечек длину последних (a , b , c) следует брать не более 20 м.

Съемка подробностей ситуации в пределах застроенных участков полосы отвода состоит из съемки проездов улиц, переулков и т. д. и съемки внутри кварталов.

Начинают обычно со съемки проездов, затем ведут съемку внутри кварталов.

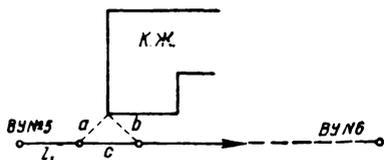


Рис. 24. Съемка точек ситуации методом линейных засечек

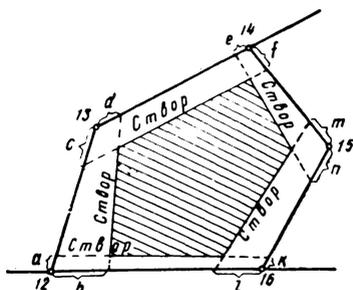


Рис. 25. Съемка точек ситуации методом створов

§ 6. ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ И СЪЕМКА ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Продольное нивелирование для целей натурной проверки профиля или составления проектов капитального и среднего ремонта пути должно начинаться и заканчиваться на реперах или марках государственного или ведомственного нивелирования с привязкой нивелирного хода ко всем расположенным в пределах полосы отвода или вблизи нее постоянным и временным нивелирным знакам.

Привязочный нивелирный ход выполняется теми же инструментами и при тех же длинах плеч, какие приняты для нивелирования пути. Нивелирование привязочного хода ведется без пикетажа по кратчайшему направлению между реперами и осью существующего пути. Установка нивелирных реек производится в этих случаях на башмаки, костыли или «икс» — колы, забиваемые в землю и переносимые реечниками в момент перехода с одной связующей на другую.

Продольное нивелирование пути ведется по головке рельса, как правило, двумя нивелирами. Если нивелировка пути ведется одним нивелиром, то нивелирный ход должен быть сделан в прямом и обратном направлениях.

Нивелировка пути ведется по пикетам и плюсам пикетажа, указанного на рельсах. Кроме того, в пределах искусственных сооружений должны быть определены отметки: 1) верха подферменных камней, подферменной площадки и низа пролетного стрессения; 2) низа лотка с обеих сторон каменных или железобетонных труб. Все пикеты и плюсы нивелируются каждым нивелиром, причем второй нивелир берет также отметки второго (соседнего) пути, если работы ведутся на двухпутном участке.

В кривых участках пути нивелировка ведется по внутреннему рельсу. Переход речника с наружной нити кривой на внутреннюю должен быть сделан на прямом участке пути до начала переходной кривой.

Чтобы на результаты нивелирования не могли влиять ошибки за счет остающихся неточностей в регулировке инструмента, нивелирование пути должно производиться методом «из середины» при нормальных расстояниях до реек на связующих точках 100 м. Связующие точки должны быть, как правило, на четных пикетах.

Запись номеров точек и отсчетов по рейке ведется в нивелировочном журнале (табл. 3) в той последовательности, как они указаны в пикетажном журнале. Отсчеты по рейкам на связующих точках нивелирного хода берутся с перекладкой трубы дважды, а на промежуточных точках один раз. Чтобы удобно было производить постраничный контроль, каждую страницу нивелировочного журнала следует заканчивать записью отсчета на переднюю связующую. При переходе на новую страницу журнала переносится только номер точки последней связующей (передней) и ее отметка. Отсчет по рейке в этой точке берут с новой станции и записывают в графу задней связующей. Все вычисления отметок в журнале производят в поле в процессе нивелирования. Отметки связующих и промежуточных точек вычисляют по горизонту инструмента. Кроме того, чтобы не допустить ошибки в подсчете последующих отметок точек, на каждой странице журнала производят постраничный контроль, пользуясь формулой

$$\sum a - \sum b = H_2 - H_1, \quad (11.15)$$

где $\sum a$ — сумма отсчетов на задних связующих;

$\sum b$ — сумма отсчетов на передних связующих;

H_2 — отметка передней связующей, расположенной на нижней строчке журнала данной страницы;

H_1 — отметка задней связующей, расположенной на верхней строчке журнала данной страницы.

Результаты нивелирования ежедневно в конце рабочего дня сличаются и выписываются из нивелировочного журнала в сравнительную ведомость, форма которой приведена в табл. 4. Расхождение в суммах превышений между прямой и обратной нивелировками или первым и вторым нивелирами допускается в пределах

$$\Delta h = \pm 30 \sqrt{L} \text{ мм}, \quad (11.16)$$

где L — длина нивелирного хода в км.

Допустимая невязка в ходах, опирающихся обоими концами на реперы или марки государственного нивелирования, определяется по формуле

$$\Delta h = \pm 20 \sqrt{L}. \quad (11.17)$$

Форма и пример заполнения нивелировочного журнала

№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейке						Горизонт инструмента	Отметки			Примечание
	Читанные			Средние				Условные	Исправленные условные	Абсолютные	
	Задние	Промежуточные	Передние	Задние	Передние	Передние					
136	856			856			128,130	127,274			
	855							127,027			
137	727	1 103	1 326								
	724		1 324	726	1 325		127,531	126,805			
+76		901						126,630			
139		957	1 217					126,574			
140			1 215		1 216			126,315			
				1 582	2 541						
					-0,959						
								-127,274			
								-0,959			

Форма ведомости отметок реперов и точек хода

№ реперов и точек хода	Отметки реперов и точек хода по результатам нивелирования		Величина невязки ($H_I - H_{II}$) в мм
	I нивелир	II нивелир	

Руководитель работ (подпись)

Исполнитель (подпись)

Для наглядного представления о величине невязки и суждения о ее допустимости составляется график невязок (рис. 26). Удобно вычерчивать такой график на миллиметровой бумаге. На горизонтальной оси графика наносится километраж линии и реперы (временные и постоянные), расположенные вдоль железной дороги, а на вертикальной — величина невязок, т. е. разность между первым и вторым нивелирами в миллиметрах.

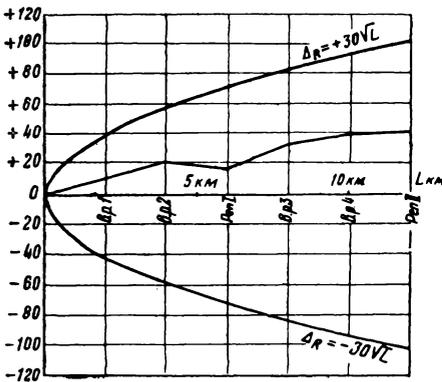


Рис. 26. График невязок

Между каждой парой смежных постоянных реперов вычерчивается парабола по формуле (II. 16) или (II. 17). Кривая расхождений отметок между первым и вторым нивелирами составляется путем соединения прямыми линиями точек, соответствующих

расхождениям двух нивелиров на всех временных и постоянных реперах. Положительные разности отметок между основной и контрольной (второй) нивелировками откладываются вверх от оси параболы, а отрицательные — вниз.

Построенная таким образом кривая невязок позволяет судить о качестве нивелировки. Если все точки кривой ложатся внутри параболы, невязку считают допустимой и, наоборот, если точки фактических невязок выходят за пределы очертания параболы, невязка недопустима и нивелирование необходимо проверить. Проверка допустимости невязки должна быть произведена на каждом промежуточном временном репере, где возникает сомнение, не выходит ли невязка за пределы допустимой. С этой целью параболу, соот-

ветствующую формуле (II. 16), вычерчивают отдельно на всковке. Тогда для установления допустимости невязки совмещают вершину параболы с точкой, отвечающей невязке начального для проверяемого участка репера, а ось параболы направляют параллельно горизонтальной оси графика невязок.

Съемка поперечных профилей земляного полотна производится на всех пикетах и плюсах, указанных пикетажем при натурной проверке плана и профиля и съемках для капитального и среднего ремонта пути, а также при обследовании земляного полотна и водоотводных сооружений на участках бльных мест. Основой для съемки поперечников служит пикетаж по оси пути и отметки головок рельсов в точках разбивки их. Разбивка поперечников производится, как правило, под углом 90° к оси пути. В кривых участках пути положение поперечника определяется как перпендикуляр к середине хорды. За ось поперечника, т. е. за начало промеров, принимается ось существующего пути. Длина поперечника в каждую сторону от оси пути должна быть такой, чтобы последняя точка его находилась за полевой гранью последнего водоотводного сооружения земляного полотна не ближе 5 м и во всяком случае не менее 20 м от подошвы насыпи или бровки выемки. Для разбивки поперечников на перегоне применяются обычно простейшие угломерные инструменты — гониометр или эккер. Поперечники длиной более 50 м на перегоне и на станции разбивают теодолитом. Для измерения расстояний применяется стальная 20-м лента, а на линиях с автоблокировкой — тесьмаяная рулетка или трос Лукерьяна.

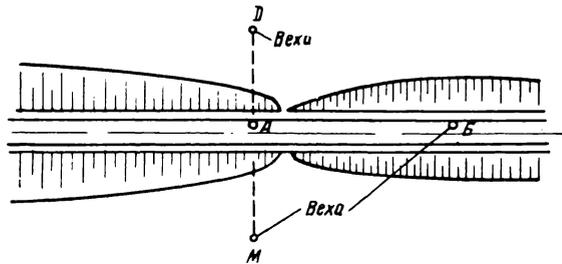


Рис. 27. Разбивка прямого угла эккером

При разбивке поперечника эккером сначала в точке А (рис. 27) строят прямой угол (см. § 2) и вешат линию AD с одной стороны оси пути, а затем тем же порядком — линию AM с другой стороны. Если разбивка поперечника производится гониометром или теодолитом, то ориентируют инструмент по внутренней грани головки рельса, затем, повернув алидаду на 90° , устанавливают вешки в створе коллимационной плоскости гониометра или визирной оси трубы теодолита.

Для разбивки створа на другой стороне пути достаточно повернуть алидаду инструмента на 180° или трубу теодолита через зенит. Вешение линии ведется таким же образом, как и при разбивке створа эккером. Промер расстояний между характерными точками поперечника и нивелировку их производят одновременно, поскольку

промежуточные точки поперечника ничем не закрепляются. Закрепление точками и сторожками производят только конечных точек поперечника. Кроме того, для восстановления направления створа устанавливают еще один сторожок на расстоянии 5 м от каждой крайней точки поперечника. Съёмку точек поперечника (промер расстояний и нивелировку) производят следующим образом. Воткнув шпильку в шпалу или балласт на оси пути, надевают на нее конец ленты и укладывают последнюю по направлению разбитого створа так, чтобы она была хорошо натянута и горизонтальной. В это время пикетажист определяет расстояние по ленте (с точностью до 0,1 м) от оси пути до характерной точки, указывает реечнику место установки рейки и записывает в пикетажном журнале¹, где расположена точка и расстояние до нее от оси пути.

Одновременно с пикетажистом нивелировщик записывает в нивелировочном журнале (табл. 5) те же характерные точки поперечника и отсчеты по рейке в этих точках, пользуясь следующими сокращенными обозначениями:

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Головка рельса | .ГР |
| 2. Бровка балластной призмы | .ББ |
| 3. Подошва балластной призмы | .ПБ |
| 4. Бровка полотна | .БП |
| 5. Точка перелома откоса насыпи или
выемки (при его наличии) | .О _{1; 2} |
| 6. Подошва насыпи | .ПН |
| 7. Бровка выемки | .БВ |
| 8. Бровка резерва | .БР |
| 9. Дно резерва | .ДР |
| 10. Бровка канавы | .БК |
| 11. Дно канавы или кювета | .ДК |
| 12. Подошва кавальера | .ПК |
| 13. Верх кавальера | .ВК |
| 14. Линия связи | .ЛС |
| 15. Характерные по рельефу точки земли | .Т |
| 16. Конец поперечника | .КП |

В нивелировочном журнале указывают также номер пикета и плюса для каждого снимаемого поперечника и сторонность его относительно оси пути.

При нивелировании точек поперечника рейку устанавливают везде на грунт, за исключением головки рельса и крайней закрепленной точки. Съёмка поперечных профилей на станциях принципиально ничем не отличается от съёмки их на перегоне. Разница состоит лишь в том, что в этом случае уделяется больше внимания точному замеру междупутий (до 0,01 м) и берутся отметки головок рельсов всех путей.

¹ Пикетажный журнал для съёмки поперечников составляется только при съёмке больших объектов земляного полотна.

Пример записи при нивелировании поперечника

№ пикетов, ре- перов и проме- жуточных точек	Отсчеты по рейке					Горизонт инструмента	Отметка			Примечание
	Читанные			Средние			Условные	Исправлен- ные услов- ные	Абсолютные	
	Задние	Проме- жуточ- ные	Передние	Задние	Передние					
Поперечник ПК4 (право)										
ГР	786/788	—	—	787	—	139,513	138,726	—	—	
ББ	—	963	—	—	—	—	138,550	—	—	
ПБ	—	1 384	—	—	—	—	138,129	—	—	
БП	—	1 397	—	—	—	—	138,116	—	—	
ПН	—	2 311	—	—	—	—	137,202	—	—	
КП	—	2 127	—	—	—	—	137,386	—	—	

Поперечник ПК4 (лево)

КП	—	2 011	—	—	—	—	137,502	—	—	
ПН	—	1 976	—	—	—	—	137,537	—	—	
БП	—	1 213	—	—	—	—	138,300	—	—	
ПБ	—	1 183	—	—	—	—	138,330	—	—	
ББ	—	698	—	—	—	—	138,815	—	—	
ГР	—	—	526/523	—	524	—	138,989	—	—	
				787—524			—138,726			
				+0,263			+0,263			

§ 7. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПОЛОСЫ ОТВОДА

Составление плана полосы отвода включает следующие виды камеральных работ: обработка угловых измерений; вычисление дирекционных углов; вычисление координат вершин полигонов; построение координатной сетки; накладка на план точек опорной сети; накладка на план подробностей ситуации и отделка плана.

Обработка угловых измерений имеет своей целью привести измеренные углы к условиям, для которых соблюдалось бы равенство:

в разомкнутых ходах

$$T_2 - T_1 = 180^\circ (n - 1) - \sum \beta \pm |\Delta Q|$$

и в сомкнутых ходах

$$\sum \beta - 180^\circ (n - 2) \leq \pm |\Delta Q|,$$

где

T_2 — дирекционный угол по привязке к последующему пункту государственной основы;

T_1 — дирекционный угол по привязке к первоначальному пункту государственной основы;

n — число сторон хода;

$\sum \beta$ — сумма измеренных углов;

$|\Delta Q| = \pm 1,5t \sqrt{n}$ — допустимая угловая невязка при точности верньера t .

Чтобы измеренные углы удовлетворяли этим условиям, сначала определяют величину действительной угловой невязки ΔQ_d ; затем, сравнив с допустимой, распределяют ее на измеренные углы со знаком, обратным знаку невязки.

Распределение допустимой угловой невязки, полученной по формуле

$$\pm \Delta Q = T_1 + 180^\circ (n - 1) - \sum \beta - T_2, \quad (11.18)$$

в разомкнутых ходах или

$$\pm \Delta Q = \sum \beta - 180^\circ (n - 2) \quad (11.19)$$

в сомкнутых ходах, без внутренних диагональных ходов, производится, как правило, на углы, образованные меньшими сторонами, и поровну (с округлением до 0,1 мин) на все углы, если длины сто-

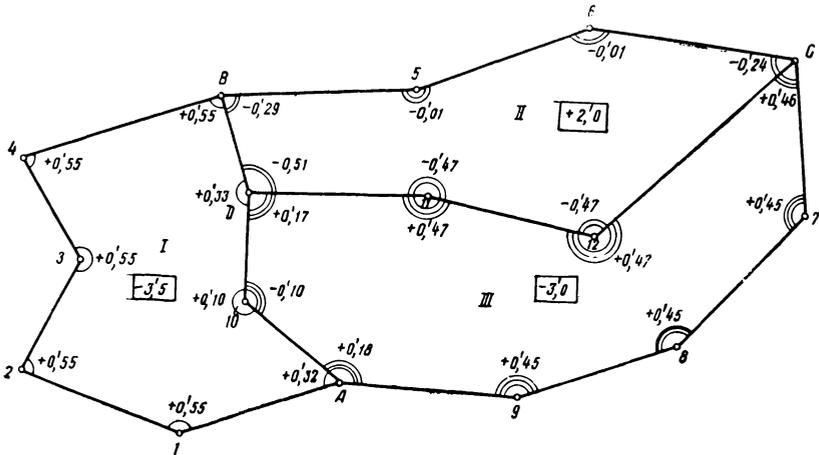


Рис. 28. Схема взаимно связанных теодолитных ходов

рон хода одинаковы, а полученные значения невязок равны или близки к значениям допустимых. Так же поступают и в том случае, если сомкнутый многоугольник с диагоналями — вытянутый и большинство сторон его расположено вдоль станции на небольшом расстоянии друг от друга, так что диагонали представляют собой прямолинейные перемычки длиной 40—60 м. Но распределение угловой невязки в этом случае производится только на углы основного многоугольника без учета диагоналей.

Теодолитные ходы в виде взаимно связанных двух или нескольких сомкнутых полигонов удобно уравнивать по методу акад. В. В. Попова. Пусть на рис. 28 дана схема теодолитного хода в виде трех взаимно связанных сомкнутых полигонов. Обозначим поправку, приходящуюся на каждый из равноточных углов в полигоне I, через K_1 ; в полигоне II — через K_2 и в полигоне III — через K_3 . Число сторон, входящих в звено сети для каждого полигона, обозна-

чим через n . Тогда, применительно к рис. 28, получим: по звену $AB—n_1 = 5$; по звену $BC—n_{II} = 3$; по звену $CD—n_{III—II} = 3$ и т. д.

Условию устранения угловой невязки для каждого полигона будет соответствовать линейное уравнение вида:

$$\left. \begin{aligned} \text{I полигон } (n_1 + n_{1-II} + n_{1-III})K_1 - n_{1-II}K_2 - \\ - n_{1-III}K_3 + v_I = 0; \\ \text{II полигон } (n_{II} + n_{II-III} + n_{1-II})K_2 - n_{II-1}K_1 - \\ - n_{II-III}K_3 + v_{II} = 0; \\ \text{III полигон } (n_{III} + n_{III-II} + n_{III-1})K_3 - n_{III-1}K_1 - \\ - n_{III-II}K_2 + v_{III} = 0. \end{aligned} \right\} \quad (\text{a})$$

Заменив в системе линейных уравнений значения n их величинами, указанными выше, получим:

$$\left. \begin{aligned} 8K_1 - 1K_2 - 2K_3 + v_I = 0; \\ K_1 + 7K_2 - 3K_3 + v_{II} = 0; \\ -2K_1 - 3K_2 + 9K_3 + v_{III} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (\text{б})$$

где v_I ; v_{II} и v_{III} — угловые невязки каждого полигона.

Решив систему уравнений (б), получим все неизвестные K , т. е. поправки, приходящиеся на каждый угол, прилегающий к звеньям AB , BC и CA .

Поправки к углам, прилегающим к звеньям смежных полигонов, определяются как разность поправок для углов смежных полигонов. Так, например, по линии AD , лежащей между полигонами I и III и взятой по ходу полигона I, правый угол β должен получить поправку $K_1 - K_2$, а левый $K_2 - K_1$.

Аналогично для звена CD , взятого по ходу полигона III, поправка на каждый правый угол будет равна

$$K_3 - K_2.$$

Поправки на углы (β_A ; β_B ; β_C) при угловых точках A , B , C получают так:

$$\left. \begin{aligned} (\beta_A) &= K_1 - \frac{1}{2} K_3; \\ (\beta_B) &= K_1 - \frac{1}{2} K_2 \\ \text{и} \\ (\beta_C) &= K_2 - \frac{1}{2} K_3. \end{aligned} \right\} \quad (\text{в})$$

В точке D поправка для правого угла, взятого по ходу полигона I, будет

$$K_1 - \frac{1}{2} K_2 - \frac{1}{2} K_3. \quad (\text{г})$$

Чтобы лучше представить процесс уравнивания углов теодолитного хода, обратимся к примеру.

Пример. Сделаем уравнивание углов сети, изображенной на рис. 28. Угловые невязки показаны внутри каждого полигона в прямоугольных рамках.

Подставив значения этих невязок в равенство (б), получим:

$$\begin{aligned} 8K_1 - K_2 - 2K_3 - 3,5 &= 0; \\ -K_1 + 7K_2 - 3K_3 + 2,0 &= 0; \\ -2K_1 - 3K_2 + 9K_3 - 3,0 &= 0. \end{aligned}$$

Решаем систему линейных уравнений методом подстановки.

Подставив из 2-го уравнения значение $K_1 = 7K_2 - 3K_3 + 2,0$, в уравнения 1-е и 3-е, получим:

$$\left. \begin{aligned} 55K_2 - 26K_3 + 12,5 &= 0; \\ -17K_2 + 15K_3 - 7,0 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (\text{д})$$

Исключив K_2 из системы уравнений с двумя неизвестными, получим

$$383K_3 - 172,5 = 0,$$

или

$$K_3 = 0',45.$$

Подставив значение K_3 в одно из уравнений системы (д), получим

$$K_2 = -0',015.$$

Поправка $K_1 = 7(-0',015) - 3(0',45) + 2,0 = +0',545 = 0',55$.

Полученные значения поправок вносим в углы полигона. Далее подсчитываем поправки в углы, прилегающие к сторонам CD и AD . Для угла 10 (полигон I) поправка будет равна

$$K_1 - K_3 = 0',55 - 0',45 = +0',10.$$

В полигоне III поправка в этот угол будет

$$K_3 - K_1 = 0',45 - 0',55 = -0',10.$$

Для углов при вершинах 11 и 12 поправки будут:

$$K_3 - K_2 = 0',45 - (-0',015) = +0',47$$

и

$$K_2 - K_3 = -0',015 - 0',45 = -0',47.$$

Поправки в углы при узлах A, B, C, D подсчитываются по формулам группы (в).

Так, например, поправка для правого по ходу I полигона угла в точке A равна

$$K_1 - \frac{1}{2} K_3 = 0',55 - \frac{1}{2} 0',45 = +0',325 = +0',32;$$

в точк B равна

$$K_1 - \frac{1}{2} K_2 = 0',55 - \frac{1}{2} (-0',015) = +0',55.$$

Аналогичным образом подсчитаны поправки в углы при узлах C и D . Значения этих поправок приведены на рис. 28.

Уравнивание углов в теодолитных ходах можно произвести достаточно точно и без составления нормальных уравнений, если диагональные ходы длинные и стороны их по длине близки к длине сторон основного опорного хода. В этом случае поступают следующим образом.

Подсчитывают угловую невязку в каждом из многоугольников. Сумма угловых невязок всех полигонов должна быть не больше допустимой угловой невязки для основного полигона.

Если невязки в отдельных полигонах одного знака и близки к предельным для каждого из них, то невязки распределяют в каждом многоугольнике преимущественно на стороны основного полигона, по возможности не исправляя углов диагональных ходов.

Если невязки хотя и одного знака, но в одних полигонах близки к предельным, а в других — малы, то большую невязку распределяют преимущественно на углы диагональных ходов.

Если невязки имеют в смежных полигонах различные знаки, то в первую очередь их распределяют по углам диагональных ходов.

После распределения угловых невязок подсчитывают дирекционные углы для каждой стороны хода. Сначала вычисляют дирекционные углы внешнего полигона, затем переходят к вычислению дирекционных углов внутренних ходов.

Вычисление дирекционных углов T производится по общеизвестной формуле

$$T_n = T_{n-1} + 180^\circ - \beta_n, \quad (II.20)$$

где T_{n-1} — дирекционный угол предыдущей стороны;

β_n — угол (правый по ходу) между предыдущей и последующей сторонами.

Контролем правильности вычислений дирекционных углов служит вторичное получение исходного дирекционного угла в замкнутом полигоне или значение дирекционного угла, полученного в результате привязки разомкнутого (вытянутого) хода ко второму (последующему) пункту государственной плановой сети.

Вычисление координат вершин теодолитных ходов (полигонов) ведется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_n &= X_{n-1} \pm \Delta X; \\ Y_n &= Y_{n-1} \pm \Delta Y, \end{aligned} \right\} \quad (II.21)$$

где X_{n-1} и Y_{n-1} — координаты предыдущей (или начальной) точки;

ΔX и ΔY — приращения координат для рассматриваемой стороны хода.

Координаты начальной точки получают обычно из каталога государственных геодезических координат или принимают условно, если теодолитные ходы не привязаны к пунктам государственной плановой сети.

Для подсчета приращений координат от каждой стороны хода пользуются формулами:

$$\Delta X = d \cos T_{AB}; \quad (II.22)$$

$$\Delta Y = d \sin T_{AB}, \quad (II.23)$$

где d — длина стороны AB хода в m ;

T_{AB} — дирекционный угол стороны хода.

Если плановое положение вершин полигонов определяется по требованию Госгеонадзора в системе плоских прямоугольных зональных координат, длины d сторон хода в формулах (II.22) и (II.23) приводятся к плоскости в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции. С этой целью в длину каждой стороны хода вводят всегда со знаком плюс поправку, величина которой определяется по формуле

$$\delta i = \frac{y^2}{2R^2} d_i, \quad (II.24)$$

где y — ордината или расстояние от осевого меридиана зоны до середины хода в $км$;

R — радиус земли, среднее значение которого при указанной выше точности измерения длин может быть принято равным $6371 км$;

d_i — длина стороны хода, для которой определяется поправка.

После подсчета приращений координат находят их сумму, отдельно по оси X и оси Y , и определяют величину невязки с пунктами государственной основы. Если обозначить координаты начального пункта этой основы через X_1, Y_1 , а конечного — через X_2, Y_2 , величина невязок по направлениям осей координат определится как

$$f_x = \sum \Delta X - (X_2 - X_1)$$

и

$$f_y = \sum \Delta Y - (Y_2 - Y_1).$$

Тогда суммарная величина невязки будет равна

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Величина невязки ΔP считается допустимой, если

$$\frac{\Delta P}{P} \leq \frac{1}{2000},$$

где P — периметр (длина) хода между двумя пунктами государственной основы или длина замкнутого полигона.

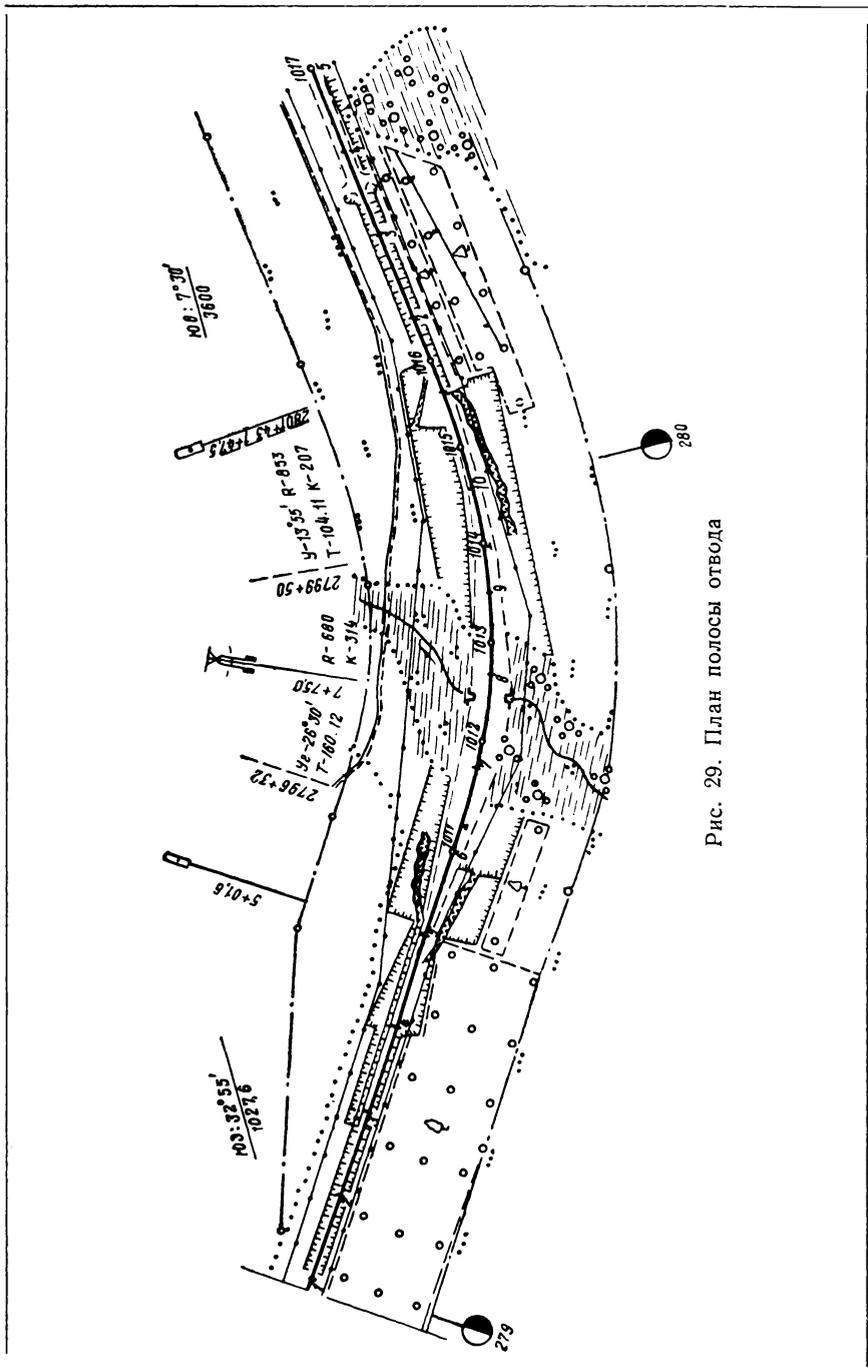


Рис. 29. План полосы отвода

Убедившись в том, что невязка ΔP допустима, производят увязку (уравнивание) приращений и вычисление координат.

Простейший способ уравнивания приращений состоит в том, что полученные невязки f_x и f_y распределяют на все вычисленные приращения пропорционально длинам сторон сомкнутого (без диагональных ходов) или разомкнутого полигона. Соответствующие поправки вводят в приращения со знаком, обратным знаку невязки. Если опорная сеть представляет собой серию взаимосвязанных замкнутых полигонов, уравнивание приращений ведется также по методу акад. В. В. Попова, как указано выше.

Координаты вершин полигона вычисляют по увязанным приращениям, пользуясь формулами равенства (II.21).

Накладка на план точек опорной сети и подробностей ситуации производится в масштабе 1 : 5 000. Контроль за правильностью нанесения каждой точки на план осуществляется по расстояниям между точками, которые известны из измерений в натуре.

После нанесения на план опорных пунктов производят накладку ситуации по данным полевых журналов. На план полосы отвода наносят: оси главных путей с показанием километров, пикетов и элементов кривых; контуры насыпей и выемок, водоотводных устройств, банкетов и кавальеров; сооружений отдельных пунктов и жилых поселков, прилегающих к ним; линейно-путевых зданий; снегозащитных полос (естественных) и искусственных посадок, постоянных снегозащитных заборов и т. д.; контуры пашни, лугов, заболоченных мест и др.; границы смежных землепользований, административно-территориального деления, полосы отвода, особых зон и места установки межевых столбов.

Отделка плана производится тушью.

Общий вид плана полосы отвода приведен на рис. 29.

§ 8. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

По результатам съемок в целях натурной проверки плана и профиля, разработки проектов капитального и среднего ремонтов пути составляются следующие типы профилей:

- подробный продольный профиль;
- утрированный продольный профиль и поперечные профили.

Подробный продольный профиль (рис. 30) составляется в масштабе 1 : 10 000 для горизонтальных расстояний и 1 : 1 000 для вертикальных расстояний. Составление подробного продольного профиля начинается с вычерчивания сетки и заполнения ее граф данными, указанными в пикетажном журнале, журнале продольного и поперечного нивелирования, ведомости реперов и ведомости подбора элементов существующих кривых. После составления сетки и заполнения ее граф производится накладка профиля. Подробный продольный профиль является основным документом, характеризующим состояние плана и профиля существующего пути.

Утрированный продольный профиль (рис. 31) составляется в масштабах 1 : 100 для вертикальных расстояний и 1 : 10 000 для

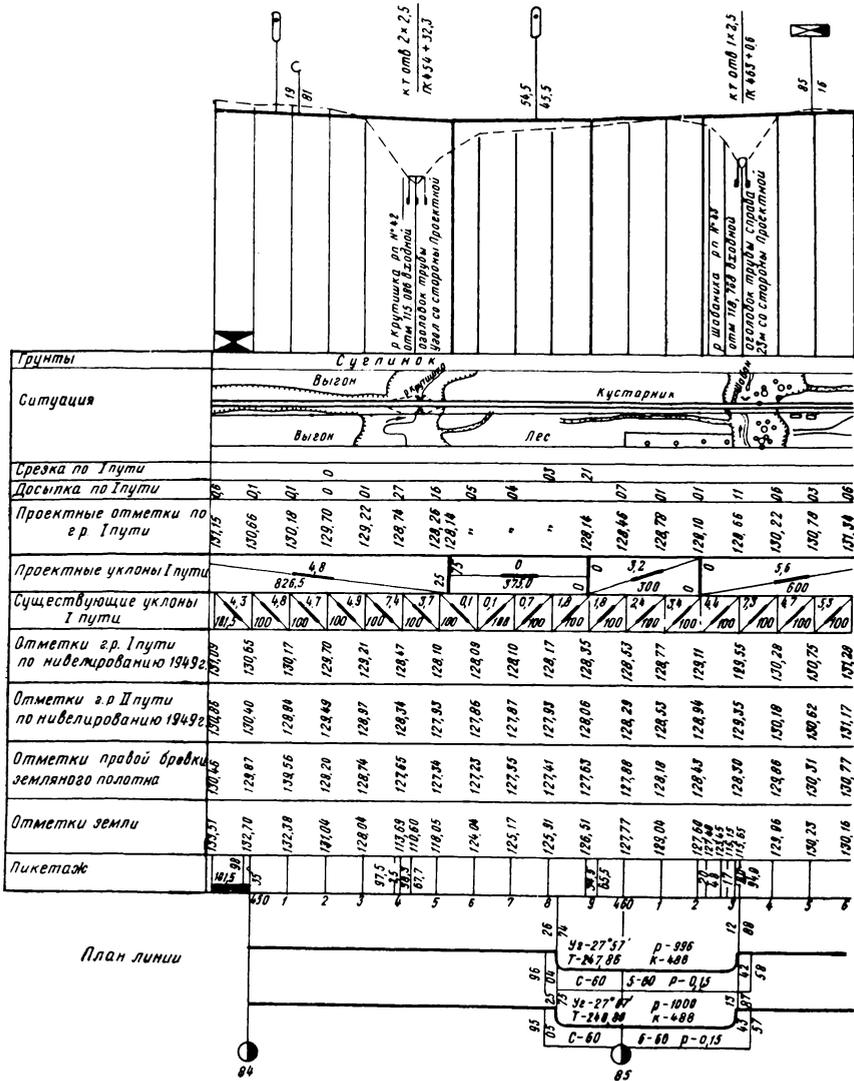


Рис. 30. Подробный продольный профиль

горизонтальных расстояний. Этот профиль является основным документом при разработке проектов капитального и среднего ремонта пути.

Порядок работ по составлению утрированного продольного профиля остается тот же самый, что и при составлении подробного профиля.

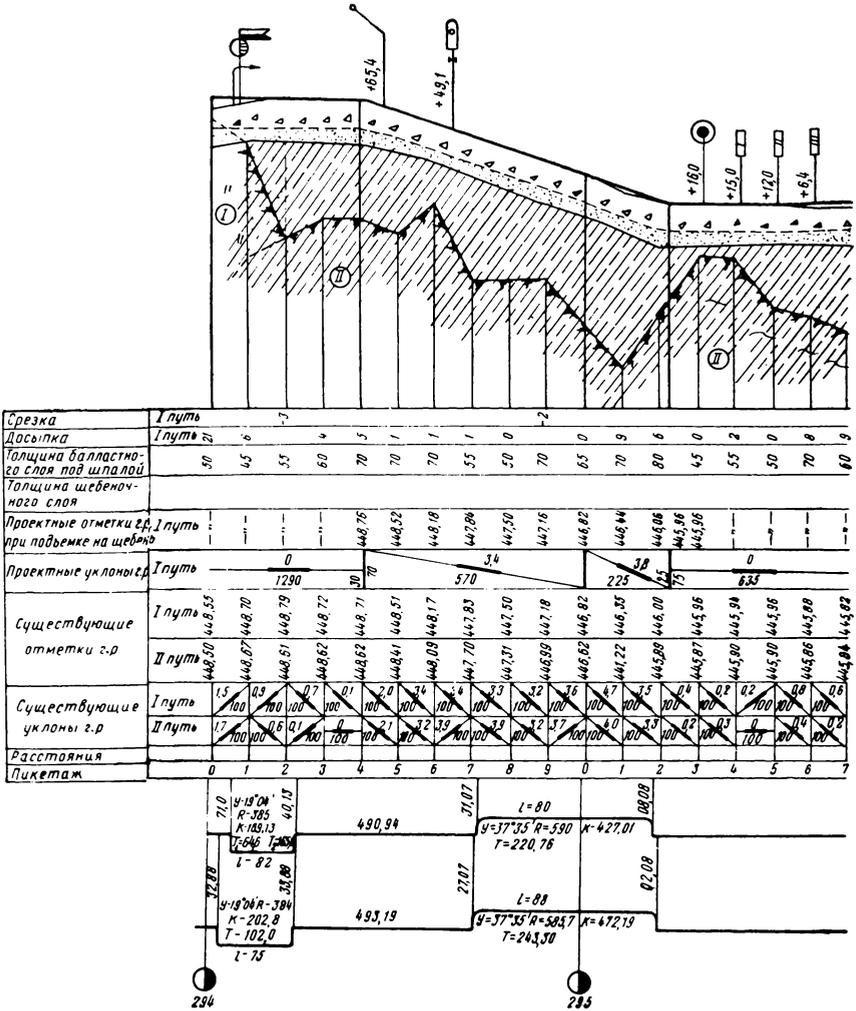


Рис. 31. Утрированный продольный профиль

Основными документами для составления утрированного продольного профиля служат: пикетажный журнал, журналы продольного и поперечного нивелирования, ведомость подбора элементов существующих кривых, ведомость промера толщины балластного слоя, ведомость больших мест земляного полотна и журнал геологического обследования больших мест земляного полотна.

Геологические данные наносят на профиль выше сетки с целью характеризовать большое место земляного полотна в продольном направлении.

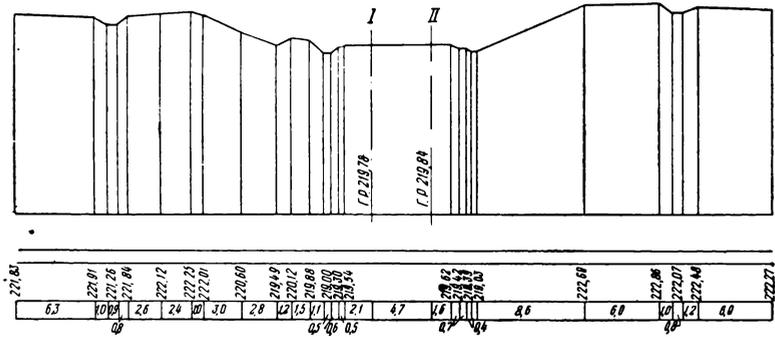


Рис. 32. Поперечный профиль

Поперечные профили земляного полотна (рис. 32) составляют обычно в масштабе 1 : 100 или 1 : 200. Они характеризуют существующие форму и состояние земляного полотна в поперечном разрезе и являются одним из основных документов для разработки проектов лечения его и подсчета объемов работ.

ГЛАВА III

СЪЕМКА И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ КРИВЫХ

§ 9. СЪЕМКА КРИВЫХ

Целью съемки плана оси пути в кривых является получение данных для:

точного нанесения на план полосы отвода существующего положения пути;

подбора элементов кривых при натурной проверке плана и профиля;

расчета выправки (рихтовки) кривой при текущем содержании или определения величин ее сдвижек при разработке проектов капитального и среднего ремонта пути и проектов сооружения второго пути.

Этим задачам удовлетворяет метод инструментальной съемки И. В. Гоникберга, который считают в настоящее время наиболее точным, и метод стрел изгиба, применяемый на всей сети дорог. Как по первому, так и по второму методу съемки определяются в конечном счете углы поворота равных отрезков кривой (хорд «двадцаток» или «десяток») в радианах относительно исходной прямой. Эти углы лежат в основе всех расчетов существующих кривых.

Инструментальная съемка кривых методом И. В. Гоникберга

Съемка железнодорожных кривых по методу И. В. Гоникберга производится при помощи стальной 20-м ленты; теодолита (с точностью отсчета по верньерам вертикального и горизонтального кругов 1' или 30"); двух башмаков, устанавливаемых в вершины углов на головку рельса для визирования (рис. 33, б); специально оборудованной нивелирной рейки, обычно 3-м длины (рис. 33, а и в). Чтобы снять положение кривой в плане, последнюю предварительно разбивают стальной лентой на отрезки по 20 м («двадцатки»)¹. При разбивке кривой на «двадцатки» ленту укладывают вдоль оси пути на расстоянии 762 мм от рабочей грани головки рельса упор-

¹ Разбивка кривых на «двадцатки» при натурной проверке плана и профиля и съемке для составления проектов капитального и среднего ремонта пути ведется, как правило, одновременно с разбивкой пикетажа.

ной нити кривой. Концы этих отрезков («двадцаток») закрепляют вертикальной чертой, наносимой мелом или масляной краской, с внутренней стороны рельса упорной нити кривой. Разбивку пути на «двадцатки» необходимо начинать и заканчивать на прямых участках на расстоянии не менее 40—60 м от видимого начала или

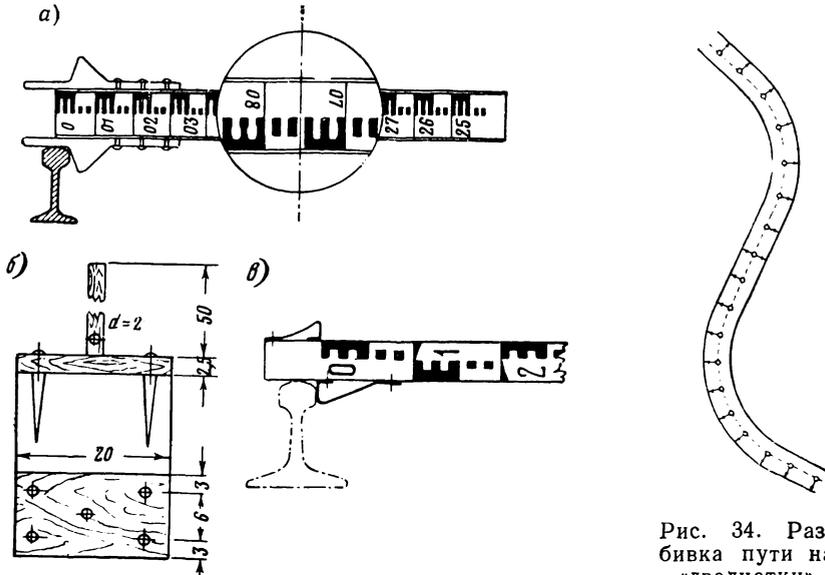


Рис. 33. Башмак и рейка для съемки кривых: а—приспособление 3-м нивелировочной рейки для чтения стрел f (положение при съемке левой кривой); б—башмак для визирования (изготавливается из дерева); металлические башмаки не допускаются (по условиям безопасности движения поездов); в—приспособление рейки для съемки ординат от секущих

Рис. 34. Разбивка пути на «двадцатки» при коротких вставках между смежными кривыми

конца кривой. Короткие прямые вставки (до 100—120 м) между смежными кривыми разбивают на «двадцатки» непрерывно на всем их протяжении (рис. 34).

Пикет на «двадцатках» обычно не указывается, так как он легко может быть установлен по ближайшему пикетному знаку. После разбивки кривой на «двадцатки» в точках I, II, III и т. д. (рис. 35) назначают на оси головок рельсов упорной нити вершины углов поворота хорд, от которых производят съемку кривой. В зависимости от величины радиуса существующей кривой расстояние между вершинами углов поворота целесообразно назначать в соответствии с табл. 6.

Таблица 6*
Расстояние между вершинами углов поворота

Радиус кривой в м	Расстояние в м
200— 300	60
300— 400	80
400—2 000	100

* См. «Руководство по проектированию вторых путей». Трансжелдориздат, 1948, стр. 87.

Чтобы вершины углов поворота могли сохранять плановое положение в течение длительного времени, необходимо сделать вынос их на обочину земляного полотна и закрепить рельсовыми рубками или металлическими штырями.

При съемке кривой выполняют следующие виды работ: измерение горизонтальных углов и стрел изгиба и привязку подробностей путевой ситуации к оси пути.

Для измерения горизонтальных углов и стрел изгиба кривой теодолит устанавливают сначала в вершине угла I , тщательно центрируя его над серединой головки рельса. Затем измеряют угол β_1 одним полным приемом, т. е. двукратным измерением угла при положении вертикального круга справа (Π) и слева (\mathcal{L}) относительно трубы.

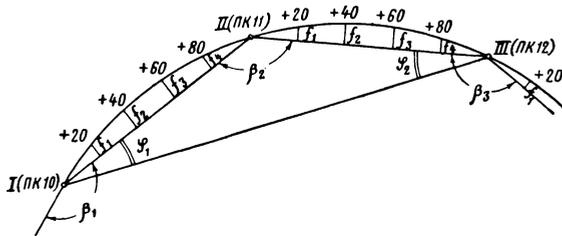


Рис. 35. Съёмка кривой по методу Гоникберга

Измерение угла одним приемом ведется следующим образом:

1) при круге Π наводят центр сетки трубы теодолита на низ башмака, установленного на головку рельса в точке $ПК9$ (на прямой). В этом положении инструмента берут отсчеты по обоим верньерам горизонтального круга (лимба) и записывают их в журнал для съемки кривых (табл. 7). По первому верньеру берут обычно градусы, минуты и секунды, а по второму — только минуты и секунды;

2) укрепив алидаду, трубу теодолита наводят на башмак в точке II ($ПК11$) сначала грубо, рукой, затем точно микрометренным винтом алидады и вновь производят отсчеты, как указано выше;

3) вычисляют среднее из числа минут по обоим верньерам;

4) вычисляют угол β_1 как разность отсчетов двух направлений по формуле (II. 1);

5) для уменьшения влияния систематической ошибки инструмента производят сдвижку лимба примерно на 90° , трубу переводят через зенит и повторяют измерение угла при круге \mathcal{L} ;

6) вычисляют величину угла при круге \mathcal{L} , т. е. во втором приеме;

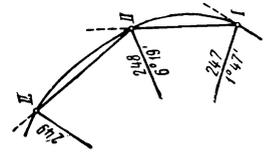
7) если результаты двойного измерения угла отличаются на величину не более двойной точности верньера, вычисляют среднее арифметическое, в противном случае все измерения повторяют.

Форма и пример заполнения журнала для съемки кривых

Состояние погоды: ясно, ветер, $t = +18^{\circ}\text{C}$

Наименование точек (пикет плюс)	Отсчеты по верньерам		Среднее из отсчетов	Углы при круге П и Л	Средний угол		Угол поворота	Пикет плюс	Стрелы в м		Средние в км	Между в км	Абрис и примечания
	I	II			°	'			вперед	назад			
246	143	26	25,5	178	12			247	0,000	0,000	0,000	4,17	
248	325	13	13,5					+20	0,000	0,000	0,000	4,15	
247	55	36	37	178	14			+40	0,585	0,587	0,586	4,20	
248	233	52	51					+60	0,880	0,884	0,882	4,20	
247	241	39	39	178	14			+80	0,704	0,706	0,705	4,17	
249	67	59	58					248	0,000	0,000	0,000	4,15	
249	157	35	35,5					+20	1,042	1,044	1,043	4,12	
247	331	16	16,5	173	41	6	19	+40	1,592	1,596	1,594	4,15	
				173	41			+60	1,612	1,608	1,610	4,17	
								+80	1,093	1,097	1,095	4,15	
								249	0,000	0,000	0,000	4,17	

Дистанция № Перегон км 24 — 25; кривая № 16; угол лево



Съемку произвел: Петров 12.VI.1956 г.

И. Т. Д.

Значение угла, соответствующего повороту каждого последующего визирного луча по отношению к предыдущему, определяется по формуле

$$\alpha_1 = 180^\circ - \beta_1, \quad (III.1)$$

или

$$\alpha_1 = \beta_1 - 180^\circ \text{ (если } \beta_1 > 180^\circ \text{)}. \quad (III.2)$$

Для контроля измерений горизонтальных углов необходимо делать замыкание кривой, т. е. измерять углы φ_1 и φ_2 , как указано на рис. 35.

Определив значение α_1 , измеряют и записывают в журнал детальной съемки кривых величины стрел изгиба (f_1, f_2 и т. д.) кривой по направлению луча I—II. Запись отсчетов по рейке при измерении стрел изгиба кривой с каждой станции производится дважды, т. е. в прямом и обратном направлениях. За окончательное значение стрелы изгиба кривой в каждой точке принимается среднее из двух измерений.

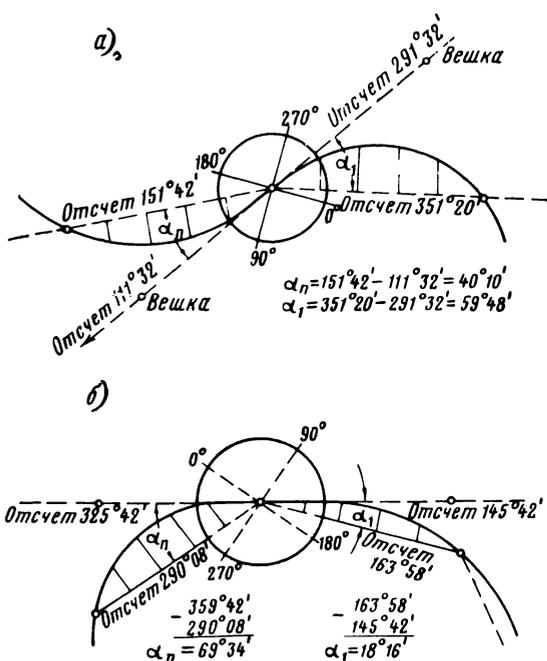


Рис. 36. Съемка кривых S-образной формы и направленных в одну сторону

направлению луча I—II. Запись отсчетов по рейке при измерении стрел изгиба кривой с каждой станции производится дважды, т. е. в прямом и обратном направлениях. За окончательное значение стрелы изгиба кривой в каждой точке принимается среднее из двух измерений.

Для измерения стрел последовательно в каждой точке (т. е. «двадцатке») кривой укладывают горизонтально нивелирную рейку на головку рельса и по ней (при покачивании ее в горизонтальной плоскости), пользуясь вертикальным волоском сетки нитей

трубы теодолита, берут наименьший отсчет — стрелу изгиба кривой (см. рис. 33, а).

Закончив работу в точке I, теодолит переносят в точку II, а башмаки — в точки I и III. В точке II указанные действия снова повторяют, т. е. измеряют угол β_2 , определяют α_2 и производят запись стрел кривой по направлениям лучей II—I (назад) и II—III (вперед). Так ведут съемку всей кривой. Кроме длинных одиночных кривых, в практике съемочных работ могут встретиться случаи, когда снимаемые кривые находятся близко друг к другу. Если прямая вставка между кривыми, направленными в одну или разные

стороны, около 100 м, то съемку ведут непрерывно, назначая стоянку теодолита на ближайшей к ее середине «двадцатке». Измерение углов поворота и стрел изгиба кривых в этом случае ведется так, как указано на рис. 36, а и б. Створы вех, выставляемые по теодолиту, служат в данном случае не для определения направления прямых вставок, а для измерения углов поворота кривой. Съемка составных кривых ведется так же, как и одиночной кривой большой длины.

Привязка подробностей ситуации к оси пути производится обычно для того, чтобы знать, какие места пути в кривой являются наиболее «узкими» с точки зрения габарита и размеров поперечного сечения земляного полотна.

Привязке к оси пути в пределах снимаемой кривой подлежат: бровка земляного полотна; опоры контактной сети; постоянные сигнальные знаки (семафоры, светофоры, предупредительные диски и т. д.); оси смежных путей; кордонные камни малых мостов; переезды, стрелочные переводы; пассажирские платформы и другие сооружения, положение которых определяет возможные размеры сдвига кривой при расчете ее рихтовок.

Описанная выше съемка железнодорожных кривых по методу И. В. Гоникберга является трудоемкой, особенно при работах на грузонапряженных линиях с большими скоростями движения поездов, когда для безопасности работ необходимо принимать специальные меры.

Съемка кривых методом измерения стрел изгиба¹

Более простой и менее трудоемкой является съемка железнодорожных кривых по методу стрел изгиба. Преимущества этого метода обусловили его широкое применение всеми путямицами.

При этом методе съемки достигнута сравнительно высокая точность определения элементов кривой, включая общий угол поворота, и величины сдвижек для выправки кривой. Точность съемки кривой зависит главным образом от правильного измерения величин стрел изгиба.

Конструкция применяемых для этой цели приборов должна максимально гарантировать от возможных случайных погрешностей в измерениях.

Здесь не дается описания съемки кривых прибором инж. А. Т. Крагеля или струбциной О. П. Ершкова и не повторяются рекомендации, изложенные в «Наставлении по расчету выправки железнодорожных кривых», изданном Главным управлением путевого хозяйства МПС в 1950 г.

Ниже рассмотрены кратко особенности съемки стрел изгиба при помощи изображенных на рис. 37 шаблонов, примененных в Гипропромтрансстрое Главтранспроекта.

¹ Этот пункт написан инж. А. О. Зарецким.

Для съемки стрел требуется один комплект шаблонов, состоящий из двух шаблонов для фиксирования концов хорды в точках деления кривой и одного шаблона для измерения стрелы изгиба. Первые два шаблона одинаковы по устройству и один является зеркальным изображением другого. Каждый шаблон состоит из деревянной рейки прямоугольного сечения и металлической пластинки, прикрепленной к этой рейке. Концы реек и металлические пластинки имеют вырезы и отделку соответствующего назначения.

В металлических пластинках шаблонов № 1 и 2 имеются на расстоянии 15 мм от линии контакта с рельсом отверстия диаметром 0,8—1 мм для пропуска нити, концы которой наматываются и закрепляются на выступах («пальцах») деревянных реек.

Для удобства закрепления нити в этих «пальцах» просверлено по два отверстия диаметром 2 мм; одно из них расположено против отверстия в металлической пластинке, но смещено в сторону на 2 мм (центр). Такое смещение должно обеспечивать прикосновение нити, натянутой во время съемки стрел, к стенке отверстия металлической пластинки со стороны оси пути. Поэтому нить из отверстия металлической пластинки сразу продевается в отверстие «пальца» и только потом на него наматывается и закрепляется во втором его отверстии расклиниванием. Во избежание порчи нити, ее перетирания края отверстий должны быть закруглены.

На противоположном конце шаблонов № 1 и 2 прибиты накладки толщиной 2 см с криволинейным (радиуса 60 мм) очертанием внешнего конца. Имея такие накладки, шаблоны могут быть с незначительной косиной заклинены между головками рельсов внутри колеи при различных ее уширениях. Благодаря такому заклиниванию шаблона обеспечивается надежный контакт с рельсом в размеченных точках и неизменное положение концов хорды (нити) при измерении стрел. Точность установки отверстий для нити относительно рабочей грани рельса достигает 0,1 мм; рельс в месте прикосновения шаблонов должен быть очищен от грязи.

В шаблоне № 3 сделан вырез в конце рейки с прямоугольным скопом, так как шаблон должен устанавливаться перпендикулярно к рельсу. Кроме того, металлическая пластинка вставлена в вырез посередине рейки, а не сбоку.

Измерительная металлическая линейка с миллиметровыми делениями прикрепляется к шаблону № 3 шурупами так, чтобы ее нулевой штрих отстоял от линии контакта с рельсом на

$15 + \frac{d}{2}$ мм, где 15 мм — расстояние центра отверстия для нити на шаблонах № 1 и 2 и $d = 0,8 \div 1$ мм — диаметр этих отверстий. Для отсчета отрицательных стрел может в крайнем случае служить приклеенная полоска миллиметровой бумаги.

Показанный на рис. 37 справа движок для отсчета величин стрел используется при больших возвышениях наружного рельса и больших стрелах изгиба, что бывает при съемке точек кривой через 20 м с хордой 40 м. Обычно же движок используется редко.

Движок весьма легко изготавливается из алюминиевой пластинки толщиной 1 мм.

Описанные выше шаблоны могут быть изготовлены в мастерской дистанции пути. Помимо шаблонов, для съемки стрел нужно иметь еще шнур, нить для образования хорды. От свойств и качества нити во многом зависит точность измерения стрел.

Лучшими оказались нити из капрона толщиной не менее 0,5 мм. Удовлетворяет требованиям также нить (жилка) из полиамидной смолы диаметром 0,7—1 мм, которая по прочности на единицу площади сечения оказалась примерно в два раза слабее капроновой.

Капроновая нить диаметром 0,7—0,8 мм, какую и рекомендуется применять, может выдержать на растяжение нагрузку в 25—30 кг, давая при этом удлинение в 12—15% от длины в ненагруженном состоянии. Полиамидные нити при разрушающей нагрузке дают удлинение в 20—30% от первоначальной длины, т. е. примерно в два раза больше, чем капроновые.

При разгрузке как капроновая, так и полиамидная нити сокращаются и восстанавливают в некоторой степени свою первоначальную длину. Упругие свойства этих нитей и используются при образовании хорды для измерения стрел изгиба.

Если принять натяжение 20-м хорды из капроновой нити диаметром 0,7—0,8 мм при съемке стрел в пределах 12—15 кг, то провес ее середины будет равен 2 мм (вес нити 10 г). При многократном растяжении одного и того же отрезка нити до фиксированной длины (20 м) этот провес будет увеличиваться и достигнет примерно 4 мм.

Чем больше сила натяжения хорды, тем, очевидно, меньше она будет отклоняться от прямолинейного положения ветром. В безветренную погоду можно работать, применяя более тонкие нити 0,4—0,5 мм.

Для 20-м хорды необходимо заготавливать отрезки капроновой нити длиной 19 м (а полиамидной 17,5 м). Из этой длины 0,6 м используются на укрепление концов нити к шаблонам № 1 и 2, а остальные 18,4 м растягиваются до нужной длины хорды между метками на рельсах (до 20 м).

До начала измерения стрел кривую и прилегающие к ней участки прямых на протяжении 60—40 м разбивают на 10-м отрезки по оси и точки разметки выносят на очищенную от грязи шейку и рабочую грань наружного рельса чертой (мелом или краской). Такая разметка обычно делается одновременно с пикетажем, тогда же может быть произведена привязка подробностей ситуации.

Измерение стрел начинают и затем, после кривой, заканчивают на прямом участке пути. Участок пути можно считать прямым, если абсолютная величина стрелы не будет превышать 1 мм и алгебраическая сумма сумм измеренных на нем стрел будет близка нулю.

При повороте кривой вправо впереди идущий рабочий должен иметь шаблон № 1, а задний рабочий — шаблон № 2, и наоборот, если кривая поворачивает влево.

Сначала устанавливает свой шаблон задний рабочий в точке А (рис. 38), для чего шаблон кладется концами, на головки рельсов

так, чтобы выступ металлической пластинки упирался в рабочую грань рельса на черте, а второй конец был несколько отодвинут вперед по ходу и затем движением правой руки на себя заклинен между рельсами. Нить во время установки заднего шаблона передним рабочим не натягивается, но и не должна лежать на шпалах.

Одновременно техник кладет шаблон № 3 в точке *B* перпендикулярно хорде (на глаз), плотно прижимая к грани рельса.

После установки этих двух шаблонов передний рабочий растягивает нить, отступая вперед к метке в точке *C*, где и устанавливает шаблон № 1 так, что его второй конец несколько отодвинут назад по ходу. В результате получается, что усилие в нити как бы заклинивает крайние шаблоны между рельсами колеи.

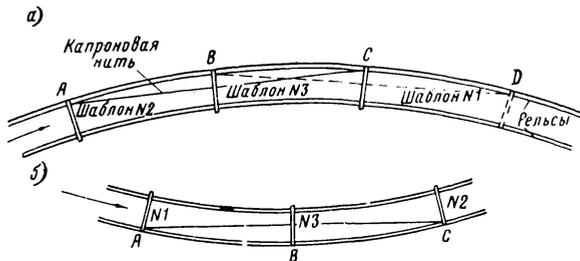


Рис. 38. Схема расстановки шаблонов:
а — в правой кривой; б — в левой кривой

Нужно следить, чтобы нить при растяжении не имела перелома у отверстий металлических пластинок, иначе она быстро изнашивается и будет часто обрываться.

В связи с большой силой натяжения нити шаблоны № 1 и 2 должны после установки придерживаться рабочими.

Отсчет величины стрелы по шаблону № 3 производится по грани нити, обращенной к оси пути, внутрь кривой. Если нить окажется расположенной высоко над линейкой, то движок подводится к ней, как указано на рис. 37, и отсчет делается по грани окошечка движка. При отсутствии дрожания нити, которое устраняется легким прикосновением к ее середине, отсчет величины стрелы может быть сделан с точностью до 0,2 мм. Однако вполне достаточно вести запись величин стрел в журнал с округлением до 0,5 мм. Записанная в журнал величина стрелы сличается с показанием на линейке; одновременно проверяется контакт шаблона № 3 с рабочей гранью рельса.

Убедившись в правильности сделанной записи величины стрелы, техник подает сигнал перехода на следующую точку.

Первым должен снять свой шаблон задний рабочий, для чего он легким толчком освобождает шаблон от заклинивания и, удерживая его крепко двумя руками, шагает вперед до полного ослабления натяжения нити. Передний рабочий снимает свой шаблон, когда нить уже не натянута.

При переходе на следующие точки рабочие кладут шаблоны на плечо концом с нитью вверх и следят, чтобы нижняя точка провеса нити была около 1 м над поверхностью земли.

Далее процесс повторяется. Нужно только следить, чтобы все шаблоны ставились точно против меток.

Повторное измерение или параллельное измерение другим лицом не должно давать расхождения в величинах стрел по каждой точке более 1 мм, а отношение разности сумм стрел первого и второго измерений по всей кривой к количеству измеренных стрел должно быть не более 0,1—0,2 мм.

Такая точность съемки обеспечивается при исправных шаблонах. Их исправность проверяется до начала работ, причем необходимо сделать следующие поверки шаблонов:

а) расстояния от линий контакта шаблонов № 1 и 2 с внутренней гранью наружного рельса до мест крепления нити должны быть одинаковы;

б) нуль измерительной линейки устанавливается с точностью 0,1 мм с целью правильного определения общего угла поворота кривой. Для этого шаблоны кладут горизонтально рядом, параллельно друг другу так, чтобы плоскость измерительной линейки была на уровне отверстий для нити (шаблон № 3 внутри); контактные поверхности устанавливают при помощи правильной линейки (например Дробышева) по прямой линии, перпендикулярной длинной стороне шаблонов; натягивают тонкую, протетую в четыре отверстия нитку; делают с помощью лупы отсчет на измерительной линейке, который должен быть не более $\pm 0,1$ мм. Если отсчет получается больше нуля, то напильником счищают на величину отступления контактные поверхности у шаблонов № 1 и 2, а если отсчет меньше нуля (отрицательный), то у шаблона № 3;

в) контактная поверхность у шаблонов должна быть цилиндрической (при значительной толщине металлической пластинки) с радиусом, равным расстоянию до места крепления нити (15 мм). Контактная поверхность должна быть перпендикулярна к верхней плоскости рейки;

г) отверстия для нити на шаблонах № 1 и 2 диаметром 0,8—1 мм должны быть хорошо отшлифованы и края закруглены;

д) металлическая часть шаблона должна быть прочно и неизменно соединена с деревянной частью — рейкой, верхняя плоскость которой должна быть параллельна верхней плоскости металлической части;

е) поверхность шаблона № 3 на участке размещения измерительной линейки должна быть прямолинейной и обеспечивать передвижение движка;

ж) плоскость перемещения движка должна быть перпендикулярна контрольной черте на флажке движка;

з) при измерении стрел не рекомендуется иметь провес нити более 4 мм (хорда 20 м); больший провес устраняется путем укорочения нити между шаблонами на 0,20—0,40 м.

В течение съемки кривых техник и рабочие сами обеспечивают безопасность ведения работ. В момент установки шаблонов рабочими техник наблюдает за безопасностью и подает команду сойти с пути в случае приближения поезда с той или другой стороны. В момент измерения стрелы передний рабочий следит за задним участком пути, а задний рабочий за передним; они оповещают о приближении поезда и техник подает сигнал сойти с пути.

§ 10. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ Ж.-Д. ПУТИ В ПЛАНЕ РЕПЕРАМИ

Для удобной и быстрой проверки положения пути в плане и профиле и приведения его в правильное положение без дополнительных расчетов, на пути устанавливают знаки, называемые реперами, положение которых остается неизменным. Эти реперы устанавливают

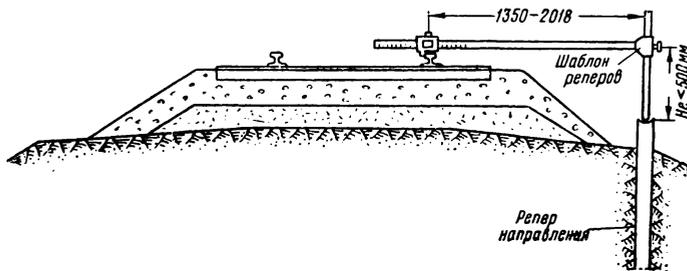


Рис. 39. Шаблон реперов

после тщательной отрихтовки пути в плане и выправки в профиле. Положение их определяют относительно правильно поставленного пути. Для этого специальным шаблоном (рис. 39) измеряют расстояние от репера до рабочего канта рельса (на кривой — по упорной нити), а также отсчитывают положение установленной по уровню горизонтальной линейки шаблона на его вертикальной стойке.

В дальнейшем, при периодической проверке и выправке пути, добиваются, чтобы каждая точка пути оставалась в том же положении относительно репера, в каком она была при первоначальной его установке.

Реперы устанавливают на однопутных линиях — на бровке полотна, на двухпутных — по оси земляного полотна.

Никаких мер для контроля неизменности взаимного положения самих реперов не предусмотрено. Однако такой контроль организовать необходимо. Для этого следует после их установки на местности проложить через реперы точный теодолитный ход. Затем нужно тщательно, с точностью до сантиметра, измерить расстояние между центрами реперов, а также измерить углы между ними теодолитом полным приемом при точном центрировании и наведении инструмента. Кроме того, для последующего контроля рекомендуется с каждой стоянки теодолита измерить углы на все другие видимые реперы.

В дальнейшем, при пользовании реперами для контроля положения пути, в случае сомнения в их неизменности все эти измерения между реперами надо повторить. Если обнаружится при этом сдвигка какого-либо репера, то устанавливают новые его координаты относительно правильного положения пути.

Как видно из изложенного, проверка неизменности положения таких реперов очень сложна и трудоемка. Проще и дешевле закреплять путь реперами и делать по ним проверку положения пути на кривой при расположении реперов на отрезках прямых, секущих кривую. На однопутных линиях на каждой такой секущей располагается три репера (рис. 40, а): два на бровке полотна с внешней стороны кривой и один — на бровке полотна с внутренней стороны; на двухпутных линиях, кроме реперов, на внешней обочине один

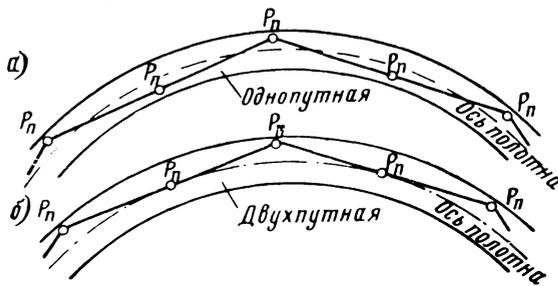


Рис. 40. Схема размещения реперов

репер ставится на оси полотна в междупутье (рис. 40, б). Расположение на каждой секущей трех реперов облегчает контроль за неизменностью расположения реперов поперек пути, так как они должны все стоять в створе секущей. Длина этих се-

кущих будет зависеть от ширины полотна и радиуса кривой и составляет от 110 м при радиусе 300 м и до 300 м — при радиусе 2 000 м.

Сама установка реперов производится независимо от состояния пути в момент установки. Насборот, реперы после их установки и обмера пути служат для выправки неправильного пути и в дальнейшем служат для производства быстрого контроля за состоянием пути в любой момент.

Обмер пути производится аналогично способу Гоникберга, как это описано в § 9.

Для промеров ординат, которые будут располагаться от секущей то в одну, то в другую сторону, рейка должна иметь отделку нулевого конца, как показано на рис. 33, в.

Реперы нужно ставить постоянного типа и так отделать верх их, чтобы они могли служить как плановой, так и высотной опорной точкой. В простейшем случае, впредь до выработки стандартного репера, можно рекомендовать заделывать в бетон рельсовые рубки на глубину промерзания, чтобы верх их был ниже головки рельса не менее как на 500 мм¹. Верх рельса должен быть сделан выпуклым для установки на нем нивелирной рейки и шаблона.

¹ Чтобы обеспечить доступ к реперу в междупутье, над ним на высоту балластного слоя ставится отрезок трубы диаметром 15—20 см с крышкой. Перед проходом балластера отрезок трубы снимается.

В центре репера нужно высверлить дрелью отверстие диаметром 1,5 — 2 мм и в этом отверстии расчеканить алюминиевую проволоку, что позволит легко отыскать его. Чтобы над репером можно было установить и центрировать теодолит, надо репер ставить на обочине на расстояние от рельса не ближе 2 м. После разбивки на «двадцатки» производится тщательное измерение углов теодолитом с точностью верньера 30" одним полным приемом, а вслед затем, не снимая теодолита, производят у каждой «двадцатки» обмер ординат (стрел изгиба рельса). В отличие от описанного выше способа Гоникберга здесь стрелы будут иметь знаки: отрицательные — при отсчете по рейке на участке, где линия визирования проходит с внешней стороны упорной нити, и положительные — при отсчетах по рейке внутри кривой. На каждой вершине угла эти отсчеты производят как по секущей назад, так и вперед по ходу, так что все стрелы изгиба будут проверены под два раза, что делается для контроля и уточнения измерений. Нужно также обязательно измерять у «двадцатки», расположенной вблизи вершины угла, ординаты как от одной, так и от другой секущей, сходящихся у этой вершины.

Установка реперов на отрезках прямых, секущих кривую, имеет следующие преимущества:

- 1) число реперов уменьшается в 1,5—2 раза;
- 2) упрощается контроль за неизменностью положения реперов;
- 3) точки для контроля положения пути можно иметь чаще (через 20 или 10 м, а не через 40—50 м), не увеличивая числа реперов;

- 4) теодолит устанавливается не на оси пути, а на бровке, что позволяет не снимать его при проходе поездов и улучшает условия безопасности работ.

После окончания обмера пути начинаются подсчеты, совершаемые по той же схеме, как при обмере по способу Гоникберга (см. § 11).

§ 11. РАСЧЕТ КРИВЫХ

Расчет выправки кривых по методу Гоникберга

Расчет кривых по методу Гоникберга можно разделить на три этапа: первый — подсчет данных для построения углограммы снятой кривой и накладка ее на бумагу; второй — подбор радиусов кривой с учетом заданных сдвижек в критических точках и третий — подсчет сдвижек через 20 м по всей длине кривой.

Ниже рассматривается последовательность расчетных работ по каждому этапу в отдельности.

Подсчет данных для построения углограммы ставит своей целью получить в 20-кратной радианной мере значения углов поворота хордочек-«двадцаток» существующей кривой относительно начальной касательной (рис. 41) и значение площади углограммы как для всей кривой, так и для отдельных частей ее. Чтобы получить эти данные, в графу 1 «Ведомости

подбора радиуса и подсчета сдвижек существующей кривой» (см. табл. 8) вписывают пикеты и плюсы («двадцатки») из полевого журнала съемки кривой. Затем против каждой точки стояния теодолита в графе 2 выписывают дробью значение углов поворота лучей визирования: в числителе — в градусах и минутах (α°), в знаменателе — 20-кратное значение этих углов в радианной мере ($20 \alpha_{\text{рад}}$)¹.

В графе 3 против каждой точки стояния теодолита выписывают дробь, у которой числитель равен последовательной сумме знаменателей графы 2, а знаменатель — произведению числителя на число «двадцаток» в луче визирования с данной станции на следующую (вперед).

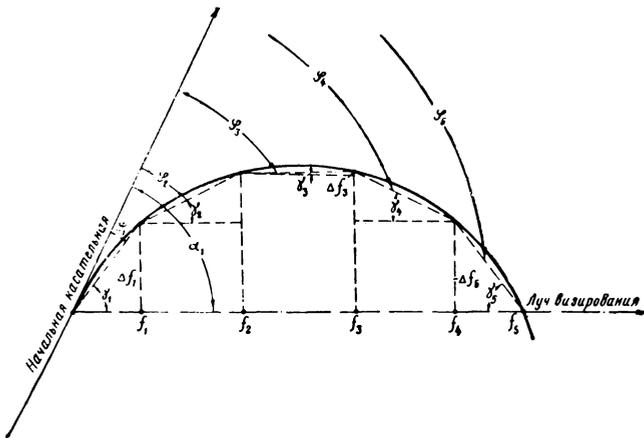


Рис. 41. Стрелы кривой хордочек-«двадцаток»

Контролем правильности вычислений числителей графы 3 служит последний числитель в данной графе. Величина его должна быть равна 20-кратному значению угла поворота всей кривой, выраженному в радианной мере.

В графе 4 показывают величины стрел изгиба кривой в каждой плюсовой точке на основе полевого журнала съемки кривых.

В графе 5 подсчитывают алгебраическую разность между значениями стрел изгиба кривой в каждой последующей и предыдущей точках, т. е.

$$\pm \Delta f = f_n - f_{n-1} ; \quad (\text{III.3})$$

где f_n и f_{n-1} — стрелы изгиба кривой в последующей и предыдущей точках.

Контролем правильности вычисления этой графы служит алгебраическая сумма Δf , значение которой должно быть равно нулю

¹ 20-кратные значения углов в радианной мере (при $P = 1$) приведены в табл. 4 «Руководства по проектированию вторых путей». Транжелдориздат, 1948.

как в пределах угла поворота луча визирования, так и для всей кривой. Последнее возможно в том случае, если сумма положительных Δf равна сумме отрицательных Δf .

Для заполнения графы 6 вычисляют алгебраическую разность между числителем графы 3 и значением Δf (графы 5) в пределах луча визирования для каждой точки. По этим данным строят углограмму существующей кривой (для данной кривой не приводится). В графу 7 записывают последовательную сумму величин, указанных в графе 6.

Каждая из этих сумм является площадью углограммы существующей кривой от начала ее до рассматриваемой точки. Последняя сумма в этой строке соответствует площади углограммы всей кривой.

Контролем правильности вычислений этой графы служит равенство

$$\omega_c = \sum n \cdot 20\beta_{\text{рад}}, \quad (\text{III.4})$$

где ω_c — площадь всей углограммы существующей кривой;

n — число «двадцаток» в луче;

$20\beta_{\text{рад}}$ — 20-кратное значение углов поворота лучей относительно начальной касательной.

Иными словами, суммарная площадь углограммы должна быть равна сумме знаменателей графы 3. Контроль графы 7 лучше осуществлять не в конце вычисления ее, а по частям. Последнее гарантирует своевременное обнаружение ошибки в расчете и устранение ее из результата. Проверка по частям состоит в том, что контрольные вычисления значений площадей графы 7 производятся в каждой точке стояния теодолита.

При наклоне углограммы на бумагу применяется масштаб горизонтальный — 1 : 1 000, т. е. 1 см = 10 м, и вертикальный — 1 м = 2 рад, или 1 см = 0,02 рад. При таком соотношении масштабов каждый квадратный сантиметр площади углограммы соответствует 20 см рихтовки. Построение углограмм кривых ведут обычно на листе миллиметровой бумаги, откладывая по горизонтали пикетаж кривой через 20 м и точки начала и конца полевых замеров (точки M и N). По вертикали в середине каждой хордочки «двадцатки» (между точками пикетажа) кривой откладывают значения углов поворота в радианной мере, пользуясь данными графы 6. Смежные точки кривой, нанесенные на бумагу, обычно соединяют линиями по лекалу или линейке, получая график-углограмму существующей кривой (рис. 42). Через точку N (конец полевых замеров) проводят вновь горизонтальную прямую линию.

На график угловой линии (углограмму) наносят также вертикальными линиями положение точек кривой, сдвигки которых должны быть равны или почти равны нулю¹. К таким точкам относят обычно мосты, лежащие в пределах кривых, путепроводы и т. д.

¹ Точки пути, сдвигка которых регламентируется наперед заданными величинами, называются критическими точками.

Ведомость подбора радиусов и под

Кривая № 16
(лево,

Полевые данные			Подсчет площадей углограммы существующей кривой				Пикетаж начала НКК и конца ККК круговой кривой и переходных кривых НПК, КПК	K	K*	q = 1:2R	
Пикетаж по существующей кривой пк +	α°	$\frac{20^\circ \text{рад}}{n \cdot 20^\circ \text{рад}}$	f	$\pm \Delta f$	$20^\circ \text{рад} - \Delta f$	ϵ_c					
	20°рад										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
247	20	1°47'	0,623	0	0	0	0	НИК ₁ -07,03	—	—	0,000648508
40	0,623	2,492	0,586	0,586	0,037	0,037	41,03	—	—		
60	—	—	0,882	0,296	0,327	0,364	—	18,97	360		
80	—	—	0,705	-0,177	0,800	1,164	—	38,97	1 519		
248	20	6°19'	2,828	0	-0,705	1,328	2,492	—	58,97	3 477	0,000648508
40	2,205	14,140	1,043	1,043	1,785	4,277	—	78,97	6 236		
60	—	—	1,594	0,551	2,277	6,554	—	98,97	9 795		
80	—	—	1,610	0,016	2,812	9,366	69,99	118,97	14 154		
249	20	8°25'	5,766	0	-0,515	3,343	12,709	—	10,01	100	0,000751880
40	2,938	28,830	1,160	1,160	3,923	16,632	—	30,01	901		
60	—	—	1,739	0,579	4,606	21,238	—	50,01	2 501		
80	—	—	1,739	0	5,187	26,425	—	70,01	4 901		
250	20	8°31'	8,739	0	-0,599	6,365	38,556	—	90,01	8 102	0,000751880
40	2,973	43,695	1,140	-1,140	6,906	45,462	—	110,01	12 102		
60	—	—	1,187	1,187	7,552	53,014	—	130,01	16 903		
80	—	—	1,812	0,625	8,114	61,128	—	150,01	22 503		
251	20	8°31'	11,712	0	-1,140	6,906	45,462	—	170,01	28 903	0,000751880
40	2,973	58,560	1,187	1,187	7,552	53,014	—	190,01	36 104		
60	—	—	1,822	0,010	8,729	69,857	—	210,01	44 104		
80	—	—	1,220	-0,602	9,341	79,198	89,93	—	—		
252	20	8°15'	14,592	0	-1,135	12,847	147,714	—	10,07	101	0,000724638
40	2,973	58,560	1,118	1,118	10,594	99,751	—	30,07	904		
60	—	—	1,700	0,582	11,130	110,881	—	50,07	2 507		
80	—	—	1,708	0,008	11,704	122,585	—	70,07	4 910		
253	20	8°15'	14,592	0	-1,135	12,847	147,714	—	90,07	8 113	0,000724638
40	2,880	72,960	1,112	1,112	13,480	161,197	—	110,07	12 115		
60	—	—	1,643	0,531	14,061	175,258	50,09	130,07	16 918		
80	—	—	1,630	-0,013	14,605	189,863	—	150,07	22 521		
254	20	7°42'	17,280	0	-1,085	15,677	220,677	—	9,91	98	0,000666667
40	2,688	86,400	1,058	1,058	16,222	236,899	—	29,91	895		
60	—	—	1,595	0,537	16,743	253,862	—	49,91	2 491		
80	—	—	1,600	0,005	17,275	270,917	—	69,91	4 887		
255	20	8°11'	20,137	0	-1,063	17,817	288,734	90,37	89,91	8 083	0,000666667
40	2,857	100,685	1,063	-0,537	17,817	288,734	—	109,91	12 080		
60	—	—	1,172	1,172	18,343	307,077	—	129,91	16 877		
80	—	—	1,170	1,170	18,967	326,044	—	149,91	22 389		
256	20	3°37'	24,389	0	-1,050	24,177	523,397	—	9,01	—	0,000757576
40	1,262	48,778	0,010	0,010	24,379	547,776	—	29,01	—		
60	—	—	0,010	0,010	24,379	547,776	—	49,01	—		
80	—	—	0	-0,010	24,399	572,175	—	—	—		

Таблица 8

счета сдвижек существующей кривой

лево 69°58'

право)

Вычисление площадей углограммы проектируемой кривой				Сдвиги без учета переходной кривой h		S	Устройство переходной кривой			
K²q	A	K град	ωпр				δ		Окончательные сдвиги $h = h' + δ$	
				лево	право	лево	право	лево	право	
12	13	14	15	16		17	18		19	
—	—	—	—	—	0,00	12,97	0,01	—	0,01	—
—	—	—	—	—	0,04	32,97	0,11	—	0,07	—
0,233	—	—	0,233	—	0,13	52,97	0,24	—	0,11	—
0,985	—	—	0,985	—	0,18	—	0,25	—	0,07	—
2,255	—	—	2,255	—	0,24	—	—	—	0,01	—
6,352	—	—	4,044	—	0,23	—	—	—	0,02	—
—	—	—	6,352	—	0,20	—	—	—	0,05	—
9,179	—	—	9,179	—	0,19	—	—	—	0,06	—
0,075	10,785	1,674	12,534	—	0,18	—	—	—	0,07	—
0,677	—	5,019	16,481	—	0,15	—	—	—	0,10	—
1,880	—	8,365	21,030	—	0,21	—	—	—	0,04	—
3,685	—	11,710	26,180	—	0,25	—	—	—	0,00	—
6,092	—	15,055	31,932	—	0,26	—	—	—	—	0,01
9,099	—	18,400	38,284	—	0,27	—	—	—	—	0,02
12,709	—	21,745	45,239	—	0,22	—	—	—	0,03	—
16,920	—	25,091	52,796	—	0,22	—	—	—	0,03	—
21,732	—	28,436	60,953	—	0,17	—	—	—	0,08	—
27,146	—	31,781	69,712	—	0,15	—	—	—	0,10	—
33,161	—	35,126	79,072	—	0,13	—	—	—	0,12	—
0,073	83,943	5,015	89,031	—	0,13	—	—	—	0,12	—
0,655	—	14,975	99,573	—	0,18	—	—	—	0,07	—
1,817	—	24,935	110,695	—	0,19	—	—	—	0,06	—
3,558	—	34,895	122,396	—	0,19	—	—	—	0,06	—
5,879	—	44,855	134,677	—	0,19	—	—	—	0,06	—
8,779	—	54,815	147,537	—	0,18	—	—	—	0,07	—
12,259	—	64,755	160,957	—	0,24	—	—	—	0,01	—
16,320	—	74,735	174,998	—	0,26	—	—	—	—	0,01
0,065	182,292	7,236	189,593	—	0,27	—	—	—	—	0,02
0,597	—	21,838	204,727	—	0,27	—	—	—	—	0,02
1,661	—	36,441	220,394	—	0,28	—	—	—	—	0,03
3,258	—	51,043	236,593	—	0,31	—	—	—	—	0,06
5,389	—	65,646	253,327	—	0,32	—	—	—	—	0,07
8,053	—	80,249	270,594	—	0,32	—	—	—	—	0,07
11,251	—	94,851	288,394	—	0,34	—	—	—	—	0,09
0,070	297,834	8,832	306,736	—	0,34	—	—	—	—	0,09
0,665	—	27,176	325,675	—	0,37	—	—	—	—	0,12
1,866	—	45,519	345,219	—	0,37	—	—	—	—	0,12
3,673	—	63,863	365,370	—	0,33	—	—	—	—	0,08
6,086	—	82,206	386,126	—	0,29	—	—	—	—	0,04
9,105	—	100,548	407,488	—	0,27	—	—	—	—	0,02
12,730	—	118,893	429,457	—	0,26	—	—	—	—	0,01
16,961	—	137,236	452,031	—	0,25	—	—	—	—	0,00
21,798	—	155,580	475,212	—	0,25	62,49	0,25	—	—	0,00
27,242	—	173,923	498,999	—	0,22	42,49	0,22	—	—	0,00
—	512,329	11,003	523,332	—	0,07	22,49	0,05	—	—	0,02
—	—	35,426	547,755	—	0,02	2,49	0	—	—	0,01
—	—	59,849	572,178	—	0	—	—	—	—	0,00

Подбор радиусов кривых при наличии критических точек — один из сложных этапов работы по расчету кривых. Сложность его состоит в том, что наряду с соблюдением основных требований¹ при нанесении проектного положения угловой линии на углограмму существующей кривой необходимо обеспечить наперед заданные величины сдвижек пути в критических точках и максимально допустимую рихтовку вообще для всей кривой.

Последнее особенно важно потому, что в условиях эксплуатации железных дорог очень редко встречаются кривые, содержащиеся по одному радиусу. Чаще имеют место случаи, когда кривая имеет

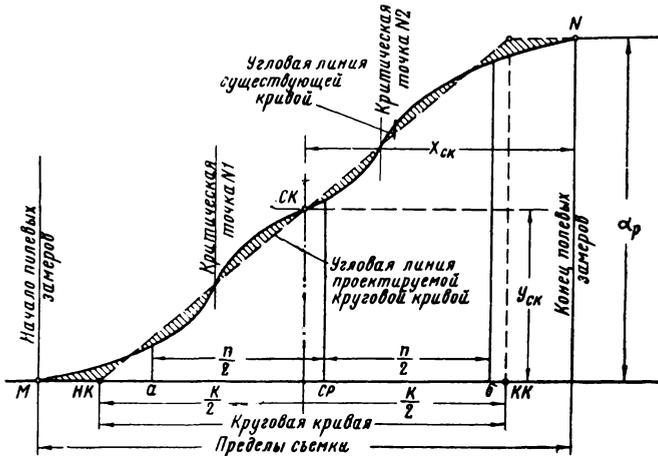


Рис. 42. Углограмма кривой

несколько радиусов, иногда значительно отличающихся один от другого. Причиной этому нередко служат неудовлетворительное содержание кривых в плане, неправильная разбивка или общая деформация земляного полотна и сложные условия местности, вызвавшие устройство составных кривых.

Подбирая радиус кривой, проектировщик не может, конечно, не учитывать указанных выше обстоятельств и назначает величину сдвижки в соответствии с конкретными условиями пути (шириной обочины земляного полотна, габаритом приближения строений и т. д.).

К сожалению, этот очень важный, на наш взгляд, момент забывают нередко инженеры-путейцы и в своих решениях становятся

¹ При нанесении угловой линии должны соблюдаться следующие условия:

1) угол поворота существующей кривой должен оставаться без изменения независимо от величины подбираемого радиуса;

2) кривая вновь подбираемого радиуса должна быть вписана в общий угол поворота, образованный продолжением смежных существующего пути.

подчас на неправильный путь, назначая несколько радиусов для кривой даже и в том случае, когда в основе изменения радиуса существующей кривой лежит неудовлетворительное содержание ее в плане.

Подбор радиусов кривых ведется обычно путем последовательных приближений; для более простых случаев теперь внедряются аналитические способы определения элементов существующих кривых.

Ниже рассматриваются случаи подбора радиусов и подсчет сдвижек для наиболее часто встречающихся кривых.

С л у ч а й 1. Кривая одного радиуса без переходных кривых, углограмма которой представлена на рис. 42. Для нанесения на этот график проектного положения угловой линии определяют сначала положение точки $СК$ (середины кривой), через которую проходят все без исключения угловые линии правильных круговых кривых, вписанных в данный угол. Для подсчета координат точки $СК$ пользуются формулами:

$$x_{СК} = \frac{\omega_N}{\alpha_{рад}}; \quad (III.5)$$

$$y_{СК} = \frac{\alpha_{рад}}{2}, \quad (III.6)$$

где ω_N — площадь углограммы существующей кривой до точки N ; $\alpha_{рад}$ — угол поворота всей кривой в радианах.

Положение точки $СК$ по пикетажу можно получить, если из пикетажного значения точки N вычесть величину — $x_{СК}$.

Проектную угловую линию проводят через точку $СК$ так, чтобы она возможно больше совпадала с угловой линией существующей кривой. По длине кривой K , измеренной между точками $НК$ и $КК$ с точностью до 1 м, определяют радиус по общеизвестной формуле

$$R = \frac{K}{\alpha_{рад}}. \quad (III.7)$$

Если при этом значении K радиус окажется дробной величиной, последнюю округляют до ближайшего целого. По округленному значению R сначала уточняют длину круговой кривой — $K = R\alpha_{рад}$; прибавляя и вычитая из пикетажного значения точки $СК$ половину длины $\left(\frac{K}{2}\right)$ уточненной кривой, получают начало $НК$ и конец $КК$ круговой кривой принятого радиуса.

Более точно и без построения углограммы радиус круговой кривой можно определить по формуле, рекомендованной инж. И. П. Маруничем

$$R = \frac{100n^2}{\omega_a + \omega_b - 2\omega_{cp}}, \quad (III.8)$$

где n — число «двадцаток» между точками a и b (см. рис. 42);
 ω_a — площадь углограммы существующей кривой до точки a ;
 ω_b — то же, до точки b ;
 $\omega_{\text{ср}}$ — то же, до средней точки между a и b .

По формуле (III. 8) определяют радиус круговой кривой и при наличии переходных кривых. Эта формула может быть использована также для определения радиусов составной кривой.

Точки a и b выбирают у концов переходных кривых и так, чтобы число делений n между ними было, как правило, четным.

Полученное по формуле значение радиуса округляют до целых величины, по которой исчисляется полная длина круговой кривой.

Для подсчета сдвижек (рихтовок) кривой в критических точках пути пользуются формулой

$$h' = \omega_{\text{пр}} - \omega_c, \quad (\text{III.9})$$

где $\omega_{\text{пр}}$ — проектная площадь углограммы до рассматриваемого сечения (точки);

ω_c — площадь углограммы существующей кривой до того же сечения (точки).

Из рис. 42 видно, что

$$\omega_{\text{пр}} = \frac{1}{2} K \alpha_{\text{рад}}.$$

Заменив $\alpha_{\text{рад}}$ через $\frac{K}{R}$, получим

или
$$\omega_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{K^2}{R},$$

$$\omega_{\text{пр}} = K^2 q, \quad (\text{III.10})$$

где K — длина проектируемой круговой кривой от начала ее до рассматриваемой точки;

q — коэффициент кривизны кривой, численно равный $\frac{1}{2R}$.

Подставив значение $\omega_{\text{пр}}$ из равенства (III.10) в равенство (III.9), получим величину сдвижки кривой в любой точке деления в следующем виде:

$$h' = K^2 q - \omega_c. \quad (\text{III.11})$$

Пользуясь этой формулой, можно определить не только величину самой сдвижки, но и ее направление. Для определения направления сдвижки кривой в любой точке пути пользуются следующими правилами:

если $K^2 q - \omega_c > 0$ (т. е. h' имеет знак +), сдвижка кривой имеет одноименное направление с углом поворота кривой и направлена внутрь кривой;

если $K^2 q - \omega_c < 0$ (т. е. h' имеет знак —), сдвижка кривой в данной точке разноименна с углом поворота и направлена наружу кривой.

Если при данном радиусе кривой сдвигка пути в критической точке оказалась больше допустимой, проектирование угловой линии и подсчет сдвижек пути в критических точках повторяют при других значениях радиуса, добываясь нужных величин сдвижек для всех критических точек кривой.

Точки начала *НК* и конца *КК* круговой кривой окончательно принятого радиуса выписывают в соответствующие по пикетажу строки графы 8 «Ведомости подбора радиуса и подсчета рихтовок существующей кривой».

С л у ч а й 2. Кривая одного радиуса с переходными кривыми по концам. Проектирование угловой линии и подбор радиуса круговой кривой производятся в этом случае так же, как и в первом.

Разница состоит здесь в том, что дополнительно к определению точек *НК* и *КК* находят также точки начала *НПК* и конца *КПК* переходных кривых. Для нахождения этих точек задаются обычно длиной переходной кривой *l*, стандартные значения которой указаны в табл. 9*.

Пользуясь принятыми значениями длины переходной кривой, пикетажное положение точек *НПК* и *КПК* определяют по формулам:

а) со стороны начала кривой

$$НПК = НК - \frac{l}{2};$$

$$КПК = НК + \frac{l}{2}; \quad (III.12)$$

б) со стороны конца кривой

$$НПК = КК + \frac{l}{2};$$

$$КПК = КК - \frac{l}{2},$$

где *НК* и *КК* — пикетажные значения точек начала и конца круговой кривой;

l — длина переходной кривой.

Так как переходные кривые сдвигают круговую кривую внутрь, величина рихтовки любой точки будет равна

$$h = h' \pm \delta, \quad (III.13)$$

где *h'* — сдвигка кривой в рассматриваемом сечении без учета переходных кривых;

δ — сдвигка круговой кривой за счет переходных кривых.

* Табл. 9 длин переходных кривых взята из проекта Н и ТУ 1958 г.

Длина переходных кривых в м

Радиус кривой	Линии I категории			Линии II категории						Линии III категории		
	Зоны скоростей											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4 000	80—60	40	20	40—20	20	20	20	20	20	20	0	0
3 000	100—80	60—40	40—20	40	20	20	20	20	20	20	20	0
2 500	120—100	80—60	40	60—40	40—20	20	20	20	20	20	20	0
2 000	140—120	80	60—40	80—60	40	20	20	20	20	20	20	20
1 800	160—120	100—80	60—40	80—60	60—40	20	20	20	20	20	20	20
1 500	180—140	120—100	60	100—80	60—40	40—20	40—20	20	20	20	20	20
1 200	200—180	140—120	80—60	120—100	80—60	40	40	40	40	40	20	20
1 000	200—160	160—120	100—80	160—120	80—60	40	40	40	40	40	20	20
800	180—140	180—140	100—80	180—140	100—60	60—40	60—40	40—20	40	40	20	20
700	160—140	160—140	120—100	160—140	120—100	60—40	60—40	40	40	40	20	20
600	160—120	160—120	140—100	160—120	140—100	60	60	60—40	60—40	60—40	20	20
500	140—120	140—120	140—120	160—120	160—120	80—60	80—60	60—40	60—40	60—40	20	20
400	120—100	120—100	120—100	120—100	120—100	80—60	80—60	80—60	80—60	80—60	40—20	40—20
350	120—100	120—100	120—100	120—100	120—100	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	40	40
300	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	120—80	100—80	100—80	100—80	40	40
250	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	100—80	60—40	60—40
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. При двух значениях длин переходных кривых меньшие допускается применять только в стесненных условиях.

2. На линиях I категории, на которых не предусматривается движение пассажирских поездов со скоростями более 120 км/ч, допускается в трудных топографических условиях проектировать переходные кривые по нормам для линий II категории.

3. Деление участков пути на скоростные зоны должно производиться в зависимости от конфигурации профиля: 1-я зона — углубления профиля и примыкающие к ним участки затяжных спусков, а также прочие участки, проходимые грузовыми поездами хотя бы в одном из направлений с наибольшими или близкими к ним скоростями; 2-я зона — возвышения профиля и примыкающие к ним участки затяжных подъемов, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях со скоростями, близкими к расчетной скорости на руководящем уклоне; 3-я зона — участки, проходимые грузовыми поездами со средними скоростями.

Сдвигка круговой кривой в зависимости от длины переходной кривой определяется по формуле

$$\delta = \frac{l^2}{24 R}, \quad (III.14)$$

где l — длина переходной кривой;
 R — радиус круговой кривой.

В трудных условиях плана длина переходных кривых может быть нестандартной и определяться по формуле

$$l = \frac{av^3}{R}, \quad (III.15)$$

где v — наибольшая скорость движения в км/ч в месте расположения данной кривой, которая принимается не более $4,24 \sqrt{R}$;

a — коэффициент, принимаемый равным, как правило, 0,08 с уменьшением в трудных условиях до 0,05.

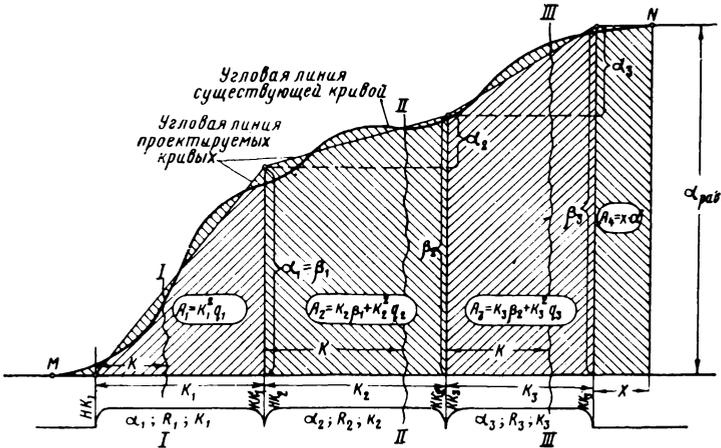


Рис. 43. Углограмма составной кривой

Случай 3. Существующая кривая состоит из нескольких кривых разных радиусов, примыкающих непосредственно одна к другой или с промежуточными переходными кривыми. Подбор радиусов такой составной кривой значительно сложнее, чем в первых двух случаях, так как для составных кривых точки СК не существует. Чтобы сохранить основное условие вписывания кривой в общий угол ($\omega_{пр} = \omega_c$), проектное положение угловой линии устанавливают сначала на глаз, определив предварительно радиусы по формуле (III.8); затем аналитически производят проверку правильности нанесения ее. Пусть на рис. 43 представлена углограмма кривой трех радиусов без промежуточных переходных кривых. Нанеся угловую линию проектируемых круговых кри-

вых K_1, K_2, K_3 , по масштабу графика определяют значение углов поворота β_1, β_2 и β_3 каждой кривой относительно начальной касательной. Пользуясь значениями углов β_1, β_2 и β_3 , определяют углы поворота для каждой кривой в отдельности:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \beta_1; \\ \alpha_2 &= \beta_2 - \beta_1; \\ \alpha_3 &= \beta_3 - \beta_2. \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.16})$$

Контролем правильности определения этих углов служит общий угол поворота существующей кривой, получаемый из измерений, т. е.

$$\alpha_{\text{рад}} = \alpha_1 (\text{рад}) + \alpha_2 (\text{рад}) + \alpha_3 (\text{рад}) =: \beta_3 (\text{рад}). \quad (\text{III.17})$$

Убедившись в том, что равенство (III. 17) соблюдено, для каждого из полученных значений углов поворота уточняют радиус или длину круговой кривой, проверяя примыкание круговых кривых впритык при данных значениях радиусов. Если условие выполнено, то разница в кривизне стыкуемых кривых должна быть

$$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \leq \frac{1}{3000},$$

где R_1 и R_2 — радиусы стыкуемых кривых.

По уточненному положению проектной угловой линии вычисляют $\omega_{\text{пр}}$. Из рис. 43 видно, что

$$\omega_{\text{пр}} = A_1 + A_2 + A_3 + x\alpha = \sum_{i=1}^{i=3} A_i + x\alpha, \quad (\text{III.18})$$

где

$$A_1 = \frac{K_1}{2} (0 + \beta_1);$$

$$A_2 = \frac{K_2}{2} (\beta_1 + \beta_2);$$

$$A_3 = \frac{K_3}{2} (\beta_2 + \beta_3).$$

Так как по условию вписывания $\omega_{\text{пр}} = \omega_c$, то

$$x = \frac{\omega_c - \sum A_i}{\alpha_{\text{рад}}}. \quad (\text{III.19})$$

Если значение x , полученное расчетом, отличается от этой же величины на углограмме не более чем на 1—2 м (1—2 мм на графике), условие вписывания кривой считают выполненным и пере-

ходят к расчету пикетажного положения точек $НК$ и $КК$ для каждого радиуса кривой в отдельности. Согласно рис. 43 пикетаж точек

$$\begin{aligned} KK_3 &= N - x; \\ НК_3 &= KK_3 - K_3, \end{aligned}$$

где N — пикетажное положение точки конца полевых замеров;
 x — расчетное значение расстояния между точками N и $КК_3$;

K_3 — длина кривой (уточненная по формуле $K_3 = \alpha_3 R_3$).

Аналогично определяют пикетаж точек $НК$ и $КК$ и для двух других кривых.

Для определения точек $НПК$ и $КПК$ задаются обычно длиной l переходной кривой для какой-нибудь одной из конечных круговых кривых, например K_1 . Длину переходной кривой l_2 для второй конечной круговой кривой находят из условия соблюдения равенства

$$\delta_1 = \delta_2.$$

Согласно равенству (III.14) можно записать

$$\frac{l_1^2}{24 R_1} = \frac{l_2^2}{24 R_2},$$

откуда

$$l_2 = l_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_1}},$$

где l_1 — принятая длина переходной кривой;

R_1 — радиус конечной круговой кривой, для которой принято значение l_1 ;

R_2 — то же, для которой определяется значение l_2 .

Если l_2 , полученная расчетом, резко отличается от длины существующей переходной кривой на углограмме, изменением соотношения радиусов $\frac{R_2}{R_1}$ конечных кривых или длины переходной кривой l_1 добиваются необходимого значения l_2 и минимальных сдвижек.

Дальнейшие расчеты по определению точек $НПК$ и $КПК$, а также сдвижек (рихтовок) кривой в критических точках аналогичны расчетам, выполняемым для кривых одного радиуса с переходными кривыми. Подсчет площадей проектируемых кривых ведется в этом случае следующим образом. Пусть какая-нибудь критическая точка пути находится в сечении $I-I$ углограммы (рис. 43). Тогда для интервала от точки $НК_1$ до точки $КК_1$

$$\omega_{пр} = K^2 q_1,$$

где K — длина круговой кривой от точки $НК$ до рассматриваемого сечения;

q_1 — коэффициент кривизны первой кривой $\left(\frac{1}{2R_1}\right)$.

При расположении критической точки в пределах второй круговой кривой (сечение II—II)

$$\omega_{\text{пр}} = A_1 + K\beta_1 + K^2 q_2,$$

где A_1 — площадь углаграммы, проектируемой 1-й кривой.

Для критической точки в пределах третьей круговой кривой (сечение III—III)

$$\omega_{\text{пр}} = A_1 + A_2 + K\beta_2 + K^2 q_3$$

и т. д.

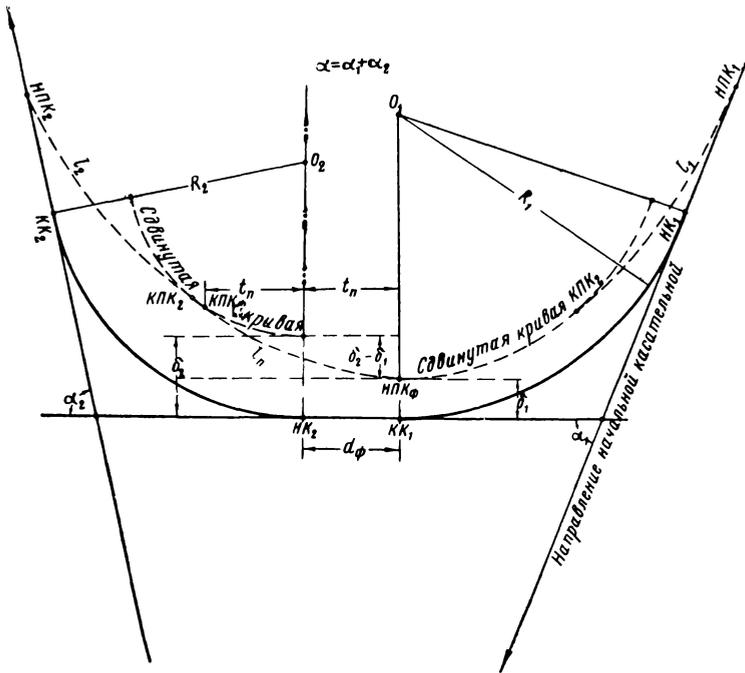


Рис. 44. Составная кривая с переходной кривой внутри

При расположении критической точки в n круговой кривой

$$\omega_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{i=n-1} A_i + K\beta_{(n-1)} + K^2 q_n.$$

Чтобы закончить вопрос о подборе радиусов для составных кривых, рассмотрим случай, когда составная кривая имеет одну и более промежуточных переходных кривых.

С л у ч а й 4. Пусть составная кривая, указанная на рис. 44, имеет одну промежуточную переходную кривую. Наложение угловых линий проектируемых круговых кривых в этом случае следует начинать с концевых кривых (лучи $HK_1 - I$ и $KK_2 - II$), как указано на рис. 45. Затем проводят горизонтально линию AB так,

чтобы она отсекала на углограмме существующей кривой равные (заштрихованные) площади. Далее порядок расчета устанавливается следующий:

1) определяют значение углов поворота (α_1 и α_2) и радиусы круговых кривых;

2) задаются длинами переходных кривых и определяют сдвиги δ_1 и δ_2 для каждой концевой круговой кривой;

3) определяют длину d_ϕ фиктивной прямой вставки, пользуясь формулой

$$d_\phi = \frac{l_n}{2}, \quad (\text{III.20})$$

где l_n — длина промежуточной переходной кривой.

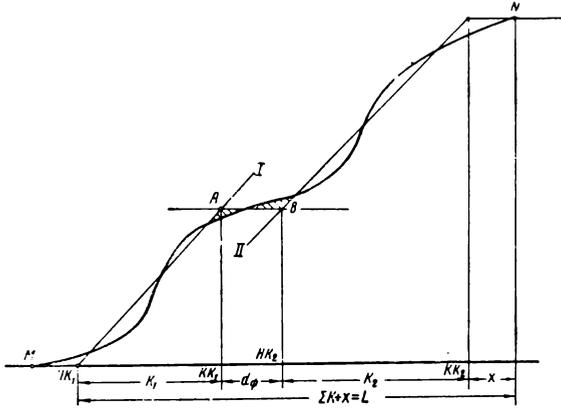


Рис. 45. Углограмма кривой с переходной кривой внутри

Согласно рис. 44 длина промежуточной переходной кривой

$$l_n = \sqrt{24 R_2 (\delta_2 - \delta_1)}.$$

Подставив это значение l_n в равенство (III. 20), получим

$$d_\phi = \sqrt{6 R_2 (\delta_2 - \delta_1)}. \quad (\text{III.21})$$

Полученное значение d_ϕ должно быть равно отрезку AB на графике (см. рис. 45). Если это условие не соблюдено, производят перепроектировку угловой линии круговых кривых;

4) определяют площадь углограммы проектируемых кривых

$$\omega_{np} = A_1 + A_\phi + A_2 + \alpha.$$

Последующие расчеты составной кривой с промежуточной переходной кривой ничем не отличаются от расчетов по подбору обычной составной кривой.

Случай 5. Подбор радиусов составной кривой с двумя промежуточными переходными (одинаковой или разных длин) еще более упрощается. Нанеся на углограмму существующей кривой

(рис. 46) угловые линии проектируемых конечных кривых, определяют для них значения $\alpha_1, \alpha_3; R_1$ и R_3 .

Затем, задавшись длиной переходных кривых l_1 и l_2 для каждой из конечных круговых кривых, определяют длины фиктивных вставок d_{ϕ_1} и d_{ϕ_2} по формуле (III.21). Далее на углограмме существующей кривой проводят параллельно угловым линиям конечных кривых вспомогательные линии так, как указано на рис. 46. Между внутренними концами фиктивных вставок (точки A и B) проводят угловую линию средней круговой кривой. Угловая линия средней круговой кривой проводится так, чтобы было соблю-

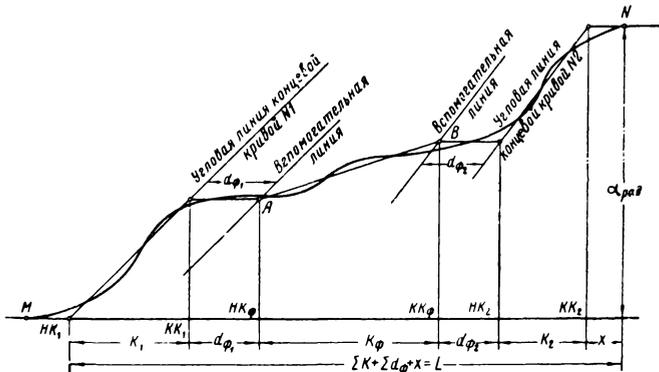


Рис. 46. Углограмма с двумя промежуточными переходными кривыми

дено условие взаимной компенсации площадей. Дальнейшая работа по подбору радиусов кривых и расчету сдвижек пути в критических точках ничем не отличается от расчета в предыдущих случаях составных кривых.

Подсчет сдвижек через 20 м по всей длине кривой производится в такой последовательности:

1) в графу 8 «Ведомости подбора радиуса и подсчета сдвижек» заносят пикетажные значения основных точек $NK, KK, НПК$ и $КПК$ проектных круговых и переходных кривых;

2) в графу 9 выписывают сначала расстояния K от начала круговой кривой до соответствующих пикетажных значений меток «двадцаток» в пределах круговой кривой, затем — от конца круговой кривой до соответствующих пикетажных значений меток «двадцаток» вне круговой кривой, т. е. за точкой KK ;

3) в графу 10 вписывают значения K^2 для круговых кривых;

4) для каждой круговой кривой вычисляют коэффициент кривизны $\left(\frac{1}{2R}\right)$ и вписывают в графу 11;

5) пользуясь формулой (III. 10), вычисляют площадь углограммы проектируемой круговой кривой для каждого значения K и вписывают в графу 12;

б) графы 13 и 14 заполняют (кроме участка x) только для составных круговых кривых. Расчет значения $\omega_{пр}$ на участке x углограммы круговой кривой одного радиуса ведется по формуле

$$\omega_{пр} = A + K\alpha_{рад},$$

а для составных кривых — по формуле

$$\omega_{пр} = \sum A + K\alpha_{рад},$$

где A — площадь углограммы проектируемой круговой кривой в пределах от точки HK до точки KK ;

K — расстояние от точки KK до рассматриваемого сечения на участке x ;

$\alpha_{рад}$ — угол поворота всей кривой в радианах.

Произведение $K\alpha_{рад}$ выписывают в графу 14, а значение A (или $\sum A$) заносят в графу 13;

7) графа 15 представляет собой сумму значений граф (12+13+14);

8) в графу 16 выписывают сдвиги без учета устройства переходной кривой;

9) в графу 17 выписывают расстояния S от начала



Рис. 47. Шаблон для рихтовки пути

переходной кривой до всех меток «двадцаток», расположенных на переходной кривой;

10) в графу 18 выписывают сдвиги круговой кривой за счет переходной кривой. Для подсчета сдвижек пользуются следующими формулами:

на участке переходной кривой от $S = 0$ до $S = t$

$$\delta' = \frac{S^3}{6Rl};$$

на участке переходной кривой от $S = t$ до $S = l$

$$\delta' = \frac{l^2}{24R} - \frac{(l-S)^3}{6Rl}$$

и в пределах сдвинутой круговой кривой по формуле (III. 14);

11) вычисляют графу 19, пользуясь формулой (III. 13).

Пример подбора радиусов и подсчета сдвижек для составной кривой приведен в табл. 8.

По значениям сдвижек графы 19 производят выправку кривой в каждой точке.

Величину сдвижек кривой удобно откладывать на местности при помощи шаблона из уголкового железа, общий вид которого представлен на рис. 47.

Приложив шаблон ребром m к упорной нити кривой, забивают кол на обочине земляного полотна или на междупутье так, чтобы центр торцевой части его был примерно против того деления рейки, которое соответствует величине сдвига пути в данной точке. Точное значение величины сдвижки пути отмечают (чертой или крестообразно) карандашом на торцевой части каждого кола.

После выноса сдвижек для всех точек кривой производят рихтовку пути, добиваясь совмещения нулевого деления шаблона с чертой или центром креста на торцевой части каждого кола.

Если съемка кривой велась по реперам, установленным на отрезках прямых, секущих кривую, то в отличие от способа Гоникберга путь рихтуется не по вычисленным сдвижкам, а по расчетным стрелам. Расчетная стрела в данной точке равна натурной стреле, исправленной на величину сдвижки с учетом ее знака.

Выправку кривой в этом случае ведут так: теодолит ставят на обочине над репером и центрируют на него. Затем теодолит ориентируют по секущей и определяют правильность рихтовки отсчетами по рейке, добиваясь расчетной стрелы.

Последующие проверки и исправки кривой производятся по тем же расчетным стрелам.

Расчет кривых по стрелам изгиба¹

Расчет существующих кривых по стрелам изгиба, как и любым другим методом, заключается в нахождении их элементов: угла поворота, радиуса, длины, а также величины сдвижек в точках деления кривой.

Угол поворота α в радианах какого-либо деления кривой ΔK (хордочки 1—2, 2—3, 3—4 и т. д.) относительно начальной касательной AB (рис. 48) легко выразить через стрелы изгиба, а именно:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{f_1}{\Delta K} & \alpha_1 &= 2\beta_1 = \frac{2f_1}{\Delta K}; \\ \beta_2 &= \frac{f_2}{\Delta K} & \alpha_2 &= \alpha_1 + \frac{2f_2}{\Delta K} = \frac{2(f_1 + f_2)}{\Delta K}; \\ \beta_3 &= \frac{f_3}{\Delta K} & \alpha_3 &= \alpha_2 + \frac{2f_3}{\Delta K} = \frac{2(f_1 + f_2 + f_3)}{\Delta K}; \\ & \dots & & \dots \\ \beta_m &= \frac{f_m}{\Delta K} & \alpha_m &= \frac{2(f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_m)}{\Delta K} = \frac{2 \sum_1^m f}{\Delta K}. \end{aligned} \right\} \text{(III.22)}$$

Следовательно, угол поворота в радианах какого-либо деления кривой (хордочки) относительно начальной касательной равен уд-

¹ Этот пункт написан инж. А. О. Зарецким.

военной сумме всех предыдущих стрел изгиба, разделенной на величину деления ΔK . Общий угол поворота кривой в радианах равен удвоенной сумме всех замеренных по ней стрел, разделенной на величину деления кривой.

Величина стрелы и величина деления кривой должны быть выражены в одной и той же единице измерения.

Если предположить, что $\Delta K = 1$, то

$$\alpha_m = 2 \sum_1^m f. \quad (III.23)$$

При делении кривой на отрезки $\Delta K = 10$ м угол поворота будет равен

$$\alpha_m = 0,2 \sum_1^m f, \quad (III.24)$$

где $\sum_1^m f$ — сумма стрел изгиба в m .

Поскольку угол поворота между крайними касательными (прямыми) является неизменным, то из последней формулы (III. 22) вытекает, что кривые разных радиусов, вписанные в один и тот же угол поворота, должны иметь равные суммы стрел, измеренных при одинаковой длине хорд.

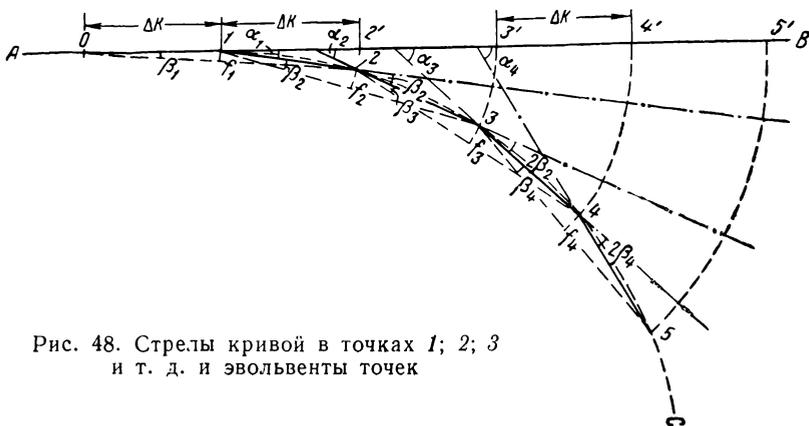


Рис. 48. Стрелы кривой в точках 1; 2; 3 и т. д. и эвольвенты точек

Угол поворота кривой до какой-либо точки n , образованный касательной в точке n и начальной прямой AB , равняется

$$\alpha_{n\text{кас}} = \frac{2 \sum_1^n f - f_n}{\Delta K}, \quad (III.25)$$

где $\sum_1^n f$ — сумма всех предыдущих стрел изгиба до n включительно;

f_n — стрела в точке n ;
 ΔK — длина деления кривой.

Соответственно сумма стрел изгиба на части кривой до точки n с выходом на касательную будет

$$\sum_1^n f_{n, \text{кас}} = \sum_1^n f - \frac{f_n}{2}. \quad (\text{III.26})$$

Радиус круговой кривой может быть выражен через стрелу изгиба по общеизвестной формуле

$$R = \frac{(2\Delta K)^2}{8f} = \frac{\Delta K^2}{2f}, \quad (\text{III.27})$$

где $2\Delta K$ — длина дуги, стянутая хордой;
 f — стрела этой дуги.

Если принять, что $\Delta K = 1$, то

$$R = \frac{1}{2f} \text{ и } 2f = \frac{1}{R},$$

т. е. величину стрелы изгиба можно рассматривать как кривизну, выраженную в определенном масштабе.

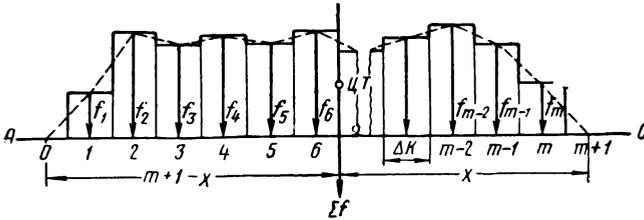


Рис. 49. График стрел

При $\Delta K = 10$ м будем иметь

$$R = \frac{50}{f}, \quad (\text{III.28})$$

где f — стрела изгиба в м.

Длина круговой кривой K равна αR или, заменяя α и R , согласно формулам (III.22) и (III.27),

$$K = \frac{\sum f \Delta K}{f}, \quad (\text{III.29})$$

где $\sum f$ — сумма всех стрел изгиба;

f — стрела круговой кривой при дуге $2\Delta K$.

Величину $\sum f \Delta K$ можно рассматривать как площадь графика стрел (рис. 49).

В расчетах элементов существующих кривых целесообразно выражать длину круговой кривой через число делений N , т. е. $K = N\Delta K$, тогда

$$N = \frac{\sum f}{f}. \quad (\text{III.30})$$

где X — расстояние в делениях от точки $(m + 1)$ до равнодействующей, или, что то же, до середины круговой кривой при одинаковой длине переходных кривых;

$\sum f$ — сумма всех стрел (величина равнодействующей);

N — число делений круговой кривой;

f — стрела изгиба круговой кривой.

Очевидно, что равнодействующая $\sum f$ пройдет через центр тяжести площади графика стрел.

Заменяя левую часть равенства величиной $2 \sum \sum f$ или $2M_{m+1}$, найдем

$$X = \frac{\sum \sum f}{\sum f} = \frac{M_{m+1}}{\sum f}. \quad (\text{III.34})$$

Величина сдвижки h какой-либо точки деления кривой представляет, очевидно, разность в длинах эвольвент существующего и проектного ее положения в плане, а именно:

$$h = \omega_c - \omega_n = 2(\sum \sum f_c - \sum \sum f_n) = 2(M_c - M_n), \quad (\text{III.35})$$

где ω_c и ω_n — длина существующей и проектной эвольвент рассматриваемой точки;

$\sum \sum f_c$ и $\sum \sum f_n$ — сумма сумм существующих и проектных стрел до рассматриваемой точки;

M_c и M_n — моменты существующих и проектных стрел относительно рассматриваемой точки.

Справедливо также и такое равенство:

$$h = 2 \sum (\sum f_c - \sum f_n) = 2(M_c - M_n). \quad (\text{III.35a})$$

Величина сдвижки в конечной точке измерения стрел при выходе на прямую равна нулю. Следовательно, для всей кривой из формулы (III.35) получается, что

$$\left. \begin{aligned} \omega_c &= \omega_n; \\ \sum \sum f_c &= \sum \sum f_n; \\ M_c &= M_n. \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.36})$$

Чтобы закончить обоснование расчета кривых по стрелам изгиба, установим зависимость между сдвижкой p , длиной переходной кривой l и стрелой изгиба круговой кривой f .

На рис. 50 сверху показан график стрел половины правильной круговой кривой с переходной кривой. Смещение точки B и всех последующих точек круговой кривой получается по второму выражению формулы (III. 33) как разность длин эвольвент при наличии переходной кривой и без нее (по прямоугольному графику стрел):

$$p = 2 \left(\frac{fl}{2} \cdot \frac{l}{3} - \frac{fl}{2} \cdot \frac{l}{4} \right),$$

откуда

$$p = \frac{fl^2}{12}. \quad (\text{III.37})$$

Здесь l — длина переходной кривой — дается в делениях, а p имеет единицу измерения такую же, как и f .

Руководствуясь указанными выше основными формулами и понятиями, можно осуществлять подбор элементов существующих кривых и определять величины сдвижек для их выправки.

Ниже в пояснениях к примеру расчета кривой будут даны еще некоторые формулы, позволяющие кратчайшим путем решать ту или иную практическую задачу.

Пример расчета кривой. Расчет кривой одного радиуса приведен в табл. 10.

В графу 1 этой таблицы даются номера делений (точек). Отрицательные деления в этой графе получились потому, что деления 0, 10, 20 и т. д. было целесообразно совместить с пикетами.

В графу 2 выписываются данные пикетажа. В нее же при расчете выписываются значения СК (середины кривой) НПК, КПК и др.

В графу 3 выписываются из журнала съемки кривой величины измеренных стрел в миллиметрах. Если выписать сюда удвоенную величину измеренных стрел, освобождая тем самым от половинок миллиметров, то величины в графах 4, 5 и последующих будут также удвоены и, следовательно, в графе 9 будут получены величины сдвижек и тогда надобность в графе 10 отпадет.

В графе 4 подсчитывается последовательно сумма стрел. Сумма стрел для последнего деления должна равняться итогу графы 3.

В графе 5 подсчитывается момент стрел (сумма сумм стрел). Для этого нулевое значение из графы 4 (против деления — 3) выписывают в графу 5 на одну строку ниже (против деления — 2). Затем величины граф 4 и 5 этой строки (против деления — 2) суммируют — $2 + 0 = -2$ и записывают в графу 5 на одну строку ниже (против деления — 1); то же делают для следующей строки $+8 - 2 = 6$ и так до конца. При суммировании нужно учитывать знак у отрицательных стрел. Величина момента стрел относительно последней точки M_{52} (которая не выписывается) должна быть равна итогу графы 4. Подсчитывают также итог графы 5 (1446 401).

В графах с 6 по 10 выписываются расчетные данные.

Прежде чем определять расчетную величину стрелы круговой кривой в графе 6, необходимо выяснить, с какой кривой мы имеем делс: одного ли она радиуса или составная, есть ли переходные кривые и одинаковая ли их длина.

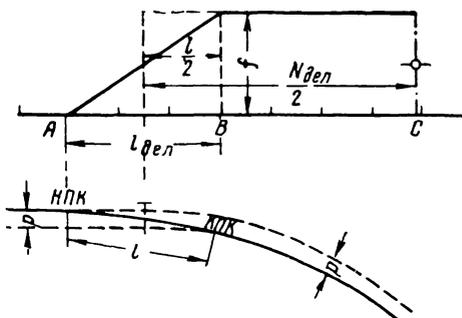


Рис. 50. Сдвижка от переходной кривой

Ведомость расчета кривой

№ делс.	Натурные данные				Расчетные данные						Расчетные данные (вариант)				
	Пикеты и плюсы	$f_{нв}$	$\chi_{нв}$	$M_{нв}$	f	χ	$\chi_{нв} - \chi$	$M_{нв} - M$	η Слажки	$f_{в}$	$f_{нв} - f_{в}$	$(f_{нв} - f_{в})^2$	$M_{нв} - M_{в}$	Слажки $\eta_{в}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
-3		0	0	-	0	-	0	-	-	0	0	0	-	-	
-2	НПК 2,71	-2	-2	0	6	6	8	0	0	6	8	8	-	0	
-1		10	8	-2	14	20	12	8	16	15	5	13	-	8	
0	2772	16	24	6	23	43	19	20	40	23	7	20	-	21	
1	НК 1,29	26	50	30	31	74	24	39	78	33	7	27	-	41	
2		54	104	80	40	114	10	63	126	42	12	15	-	68	
3		61	165	184	48	162	3	73	146	49	12	3	-	83	
4		71	236	349	57	219	17	70	140	58	13	10	-	86	
5	5,29	66	302	585	67	286	16	53	106	66	0	0	-	76	
6		60	362	887	68	354	8	37	74	68	8	2	-	66	
7		76	438	1249	68	422	16	29	58	68	8	10	-	64	
8		79	517	1687	69	491	26	-	26	68	11	21	-	54	
9		50	567	2204	68	559	8	13	26	68	18	3	-	33	
10	2773	70	637	2771	68	627	10	21	42	68	2	5	-	30	
11		55	692	3408	69	696	4	31	62	68	13	8	-	25	
12		72	764	4100	68	764	0	27	54	68	4	4	-	33	
13		72	836	4864	68	832	4	27	54	68	4	0	-	37	
14		84	920	5700	69	901	19	31	62	68	16	16	-	42	
15		54	974	6620	68	969	5	50	100	68	14	2	-	21	
16		70	1044	7594	68	1037	7	55	110	68	2	4	-	19	
17		60	1104	8638	69	1106	2	61	122	68	8	4	-	15	
18		79	1183	9742	68	1174	9	59	118	68	11	7	-	19	
19		62	1245	10925	68	1242	3	68	136	68	6	1	-	12	
20	2774	81	1326	12170	69	1311	15	71	142	68	13	14	-	11	

21	1381	13496	68	1379	2	86	172	68	13	1	3	6
22	1439	14877	68	1447	8	88	176	68	10	9	4	8
23	1515	16316	69	1516	1	80	160	68	8	1	5	10
24	1592	17831	68	1584	8	79	158	68	9	8	6	12
25	1650	19423	68	1652	2	87	174	68	10	2	2	4
26	1722	21073	68	1721	1	85	170	68	4	2	0	0
27	1775	22795	68	1789	14	86	172	68	15	13	2	4
28	1842	24570	68	1857	15	72	144	68	1	11	22	22
29	1919	26412	69	1926	7	57	114	68	9	5	25	50
30	1999	28331	68	1994	5	50	100	68	12	7	30	60
31	2055	30330	68	2062	7	55	110	68	12	5	23	46
32	2121	32385	69	2131	10	48	96	68	2	7	28	56
33	2178	34506	68	2199	21	38	76	68	11	18	35	70
34	2259	36684	68	2267	8	17	34	68	13	5	53	106
35	2327	38943	69	2336	9	9	18	68	0	5	58	116
36	2379	41270	68	2404	25	0	0	68	16	21	63	126
37	2461	43649	68	2472	11	25	50	68	14	7	84	168
38	2528	46110	68	2544	12	36	72	68	1	8	91	182
39	2600	48638	68	2608	8	48	96	68	4	4	99	198
40	2650	51238	68	2676	26	56	112	68	18	22	103	206
41	2738	53888	69	2745	7	82	164	68	20	3	125	250
42	2805	56626	68	2813	8	89	178	68	1	2	127	254
43	2869	59431	67	2880	11	97	194	67	3	6	150	260
44	2940	62300	66	2946	6	108	216	65	6	0	136	272
45	3006	65240	56	3002	4	114	228	57	9	9	136	272
46	3069	68246	48	3050	19	110	220	48	15	24	127	254
47	3126	75315	39	3089	37	91	182	40	17	41	103	206
48	3151	74441	31	3120	31	54	108	31	6	35	62	124
49	3160	77592	22	3142	18	23	46	23	14	21	27	54
50	3160	80752	13	3155	5	5	10	15	15	6	6	12
51	3160	83912	5	3160	0	0	0	6	6	0	0	0
52	3160	87072	3160	87072	0	—	+216	3160	0	0	—	—5.082

Представление о кривой может сложиться из рассмотрения данных графы 3 и более наглядно — по графику стрел. Наколку графика стрел на миллиметровке достаточно делать частично, на участках, где происходит резкое изменение величин стрел: на участках переходных кривых и в местах изменения радиуса составных кривых.

В нашем примере можно считать, что кривая описана одним радиусом с переходными кривыми длиной около 5 делений в начале и около 4 делений в конце (рис. 51).

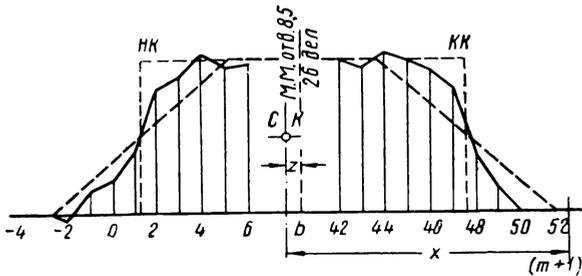


Рис. 51. График стрел в начале и в конце кривой

Поэтому определяем общий угол поворота кривой и ее середину по формулам (III. 24) и (III. 34):

$$a = 0,2 \sum f_n = 0,2 \cdot 3,160 = 0,6320$$

или

$$\varphi = 36^\circ 13';$$

$$X = \frac{M_n}{\sum f_n} = \frac{87\,072}{3\,160} = 27,55 \text{ деления.}$$

Здесь M_n — итог графы 4; $\sum f_n$ — итог графы 3. Положение середины кривой будет

$$(m + 1) - X = 52 - 27,55 = 24,45 \text{ деления.}$$

Это значение отмечаем в графе 2.

Предварительно расчетную величину стрелы изгиба можно определить как среднее значение на участке круговой кривой между делениями 5 и 45, а именно,

$$f_1 = \frac{3\,006 - 302}{45 - 5} = 67,6 \text{ мм.}$$

С большим приближением при натуральных переходных кривых расчетную стрелу изгиба можно определить по формуле

$$f_1 = \frac{4(M_a + M_\sigma - 2M_{cp})}{n^2}, \quad (\text{III.38})$$

где M_a — момент стрел относительно точки a на участке круговой кривой;
 M_b — то же, относительно точки b ;
 M_{cp} — то же, относительно средней точки между a и b ;
 n — число делений между точками a и b (аналогично рис. 42).

Выбирая участок, например, между точками 5 и 45, будем иметь

$$f_1 = \frac{4(585 + 65\,240 - 2 \cdot 19\,423)}{40^2} = 67,4 \text{ мм.}$$

Определенная по формуле (III. 38) величина стрелы несколько отличается от среднего значения.

Необходимо заметить, что формула (III. 38) не учитывает влияния переходной кривой на длину круговой кривой: уменьшения ее длины за счет сдвижки или соответственно увеличения расчетной стрелы изгиба. Для достижения минимальных рихтовок следует назначать такую расчетную длину переходных кривых, чтобы она была близка натурной их длине.

Полагая, что по условиям движения длину переходной кривой в нашем случае можно принять не менее 80 м, т. е. $l = 8$ делений, что больше натурной длины переходных кривых, находим сдвижку круговой кривой по формуле (III. 37)

$$p = \frac{fl^2}{12} = \frac{68,2 \cdot 8^2}{12} = 364 \text{ мм,}$$

Теперь имеются все данные для того, чтобы определить окончательно длину круговой кривой (в пределах НК—КК; рис. 51) и по ней величины стрел в каждом делении. Эта длина, в которой уже учитываются проектные переходные кривые, определяется по формулам

$$N = -\frac{6p}{\sum f_n} + \sqrt{\left(\frac{6p}{\sum f_n}\right)^2 + \frac{24 \sum M_n}{\sum f_n} - 12X(X-1) - 2},$$

или

$$N = \sqrt{\frac{24 \sum M_n}{\sum f_n} - 12X(X-1) - l^2 - 2}, \quad \text{(III.39)}$$

где N — полная длина круговой кривой в делениях, как в формуле (III.30);

p — сдвижка (364 мм);

$\sum f_n$ — сумма натуральных стрел до m включительно, итог графы 3 (3 160 мм);

$\sum M_n$ — сумма натуральных моментов стрел до m включительно итог графы 5 (1 446 401 мм);

X — расстояние от деления $(m + 1)$ до середины круговой кривой (27,55 деления);

l — длина переходных кривых в делениях.

Подставляя величины в формулу, найдем

$$N = -\frac{6 \cdot 364}{3160} + \sqrt{\left(\frac{6 \cdot 364}{3160}\right)^2 + \frac{24 \cdot 1446401}{3160} - 12 \cdot 27,55 \cdot 26,55 - 2},$$

$$N = -0,69 + 47,01 = 46,32 \text{ деления}$$

или

$$K = 46,32 \cdot 10 = 463,20 \text{ м.}$$

Расчетная стрела изгиба для такой длины круговой кривой согласно формуле (III.30) будет равна

$$f = \frac{\sum f}{N} = \frac{3160}{46,32} = 68,2 \text{ мм.}$$

Радиус круговой кривой определится по формуле (III.28)

$$R = \frac{50}{f} = \frac{50}{0,0682} \approx 734 \text{ м.}$$

Находим положение начала переходной кривой:

$$НПК = СК - \frac{N + l}{2} = 24,45 - \frac{46,32 + 8}{2} = -2,71 \text{ деления.}$$

Положение *НПК* отмечаем в графе 2.

Определяем положение конца (начала) второй переходной кривой

$$КПК = СК + \frac{N + l}{2} = 24,45 + \frac{46,32 + 8}{2} = 51,61 \text{ деления.}$$

Отмечаем *КПК* в графе 2.

Зная положение переходных кривых, легко находим величины стрел изгиба в их пределах. Так как величина стрелы в пределах переходной кривой изменяется по закону прямой, то расчетные стрелы, очевидно, будут равны:

$$\text{для деления } -2 \quad f_{-2} = \frac{68,2}{8} \cdot 0,71 = 6 \text{ мм;}$$

$$\text{для деления } -1 \quad f_{-1} = \frac{68,2}{8} \cdot 1,71 = 14 \text{ мм;}$$

$$\text{для деления } 0 \quad f_0 = \frac{68,2}{8} \cdot 2,71 = 23 \text{ мм}$$

и т. д. на всем протяжении этой переходной кривой.

Аналогично для концевой переходной кривой:

$$\text{для деления } 51 \quad f_{51} = \frac{68,2}{8} 0,61 = 5 \text{ мм};$$

$$\text{для деления } 50 \quad f_{50} = \frac{68,2}{8} 1,61 = 13 \text{ мм};$$

$$\text{для деления } 49 \quad f_{49} = \frac{68,2}{8} 2,61 = 22 \text{ мм}$$

и т. д.

Такой подсчет целесообразно делать на логарифмической линейке.

В пределах круговой кривой в графу 6 выписывается расчетная величина стрелы $f = 68,2$ мм. Чтобы не усложнять арифметических действий, величина стрелы выписана с округлением до целых миллиметров (68). Во избежание недостатка в сумме стрел величина стрел на делениях 8, 11, 14 и т. д. увеличена на 1 мм.

Итог графы 6 должен быть равен итогу графы 3.

Против каждого деления графы 7 выписывается алгебраическая сумма всех предыдущих стрел, включая и стрелу этого деления, так же, как это делалось в графе 4.

В графе 8 подсчитывается алгебраическая разность величин граф 4 и 7 применительно равенству (III. 35 а).

Итог графы 8 должен быть равен нулю; сумма положительных величин должна равняться сумме отрицательных величин.

Это обычно сразу не получается и необходимо делать уравнивание, руководствуясь следующим: при положительном итоге графы 8 нужно увеличить стрелы начальной переходной кривой и уменьшить конечной переходной кривой; при отрицательном итоге поступают наоборот.

Если бы мы, например, увеличили в графе 6 на единицу (1 мм) стрелу деления 3 и уменьшили на единицу стрелу деления 43, то величины сумм графы 7 в пределах делений с 3 по 43 увеличились бы тоже на единицу, а результаты графы 8 в этих пределах уменьшились бы на единицу. Тогда итог графы 8 был бы отрицательным и по абсолютной величине равнялся 40 единицам, т. е. числу делений между измененными стрелами. Если бы изменение этих стрел было сделано наполовину единицы (0,5 мм), то итог графы 8 уменьшился бы на 20 единиц.

В графу 9 выписываются суммы предыдущих значений графы 8. Суммы записываются на одну строку ниже, как это делалось при заполнении графы 5.

Удвоенные результаты графы 9, которые выписывают в графу 10 представляют величины сдвижек в каждом делении кривой.

При отрицательных значениях сдвижек путь нужно смещать внутрь кривой к центру, при положительном значении сдвижек — наружу кривой от центра.

В разобранным примере расчета кривой не было предъявлено ограничений для величин сдвижек и они определены из условия минимальной рихтовочной работы.

Если, предположим, путь в делении 26, где имеется металлический мост отверстием 8,5 м, требуется оставить на месте, то расчетные данные табл. 10 не удовлетворяют такому условию, так как по ним нужна сдвижка этого деления наружу кривой на 170 мм.

Подобрать кривую одного радиуса с одинаковыми переходными кривыми, чтобы она проходила через одну заданную точку, нетрудно. Для этого случая расчетная длина круговой кривой, проходящей через заданную точку b , определяется по формулам.

$$\left. \begin{aligned} N_b &= \frac{4M_b - 2p}{\sum f_n} - 2z + \\ &+ \sqrt{\left(\frac{4M_b - 2p}{\sum f_n}\right)^2 - 4z \frac{4M_b - 2p}{\sum f_n}}, \\ \text{или} \\ N_b &= \frac{4M_b}{\sum f_n} - 2z + \\ &+ \sqrt{\left(\frac{4M_b}{\sum f_n}\right)^2 - 4z \frac{4M_b}{\sum f_n} - \frac{l^2}{3}}, \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.40})$$

где N_b — полная длина круговой кривой в делениях;

M_b — натуральный момент стрел относительно деления b ;

$\sum f_n$ — сумма всех натуральных стрел — итог графы 3;

p — расчетная сдвижка от переходной кривой;

z — расстояние от середины круговой кривой до заданной точки ($b - CK = +z$) в делениях;

l — длина переходных кривых в делениях.

Подставляя в формулу соответствующие величины (при $b = 26$ делениям), найдем

$$\begin{aligned} N_b &= \frac{4 \cdot 21\,073 - 2 \cdot 364}{3\,160} - 2 \cdot 1,55 + \\ &+ \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 21\,073 - 2 \cdot 364}{3\,160}\right)^2 - 4 \cdot 1,55 \frac{4 \cdot 21\,073 - 2 \cdot 364}{3\,160}}; \\ N_b &= 26,44 - 3,10 + 23,13 = 46,47 \text{ деления} \end{aligned}$$

или

$$K_b = 10 \cdot 46,47 = 464,70 \text{ м.}$$

Определяем для такого варианта все необходимые величины

$$f_b = \frac{3\,160}{46,47} = 68,0 \text{ мм;}$$

$$R_b = \frac{50}{0,068} = 736 \text{ м};$$

$$НПК_b = 24,45 - \frac{46,47 + 8}{2} = -2,78;$$

$$КПК_b = 24,45 + \frac{46,47 + 8}{2} = 51,68.$$

Определение сдвижек для такого варианта указано в табл. 10 (вариант). Расчет сдвижек произведен по разностям натурных и проектных стрел.

Сопоставляя графы 10 и 15, видим, что рихтовки в варианте увеличились и являются почти односторонними. Возможность такой выправки кривой следует установить по натурному состоянию зазоров, подсчитав компенсируется ли удлинение или укорочение рельсовой нити за счет изменения величины зазоров.

Величину общего удлинения или укорочения рельсовой нити при рихтовке можно определить по формуле

$$K_n = \frac{2 \sum hf}{\Delta K} = \frac{\sum hf}{5}, \quad (\text{III. 41})$$

где K_n — удлинение рельсовой нити в мм;

$\sum h$ — итог графы 10 или 15 в м;

ΔK — длина деления, равная 10 м;

f — расчетная стрела в мм.

По сдвижкам графы 15 будет укорочение и оно составит

$$K_n = \frac{2(-5,08) 68}{5} = -138,1 \text{ мм},$$

или 3,5 мм на одно 12,5-м звено.

Расчет составных кривых, а также кривых примерно одного радиуса, но имеющих более одной фиксированной точки, производится последовательно по частям. При разбивке кривой на части пользуются формулами (III. 25) и (III. 26).

СЪЕМКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Для съемки плана станций, необходимого для нужд эксплуатации, работу организуют следующим образом: 1) производят осмотр станции для выбора точек планово-высотной основы съемки и составляют схему опорной сети; 2) разбивают и закрепляют на местности эту основу и производят ее обмер; 3) ведут детальную съемку станции и 4) производят камеральную обработку полевых материалов, накладку плана станции и составление продольных и поперечных профилей. Ниже перечисленные работы описаны подробно.

§ 12. ПЛАНОВАЯ И ВЫСОТНАЯ ОСНОВА СЪЕМКИ

Число и место расположения опорных точек для съемки отдельного пункта зависят от его размера. Если он небольшой (остановочный пассажирский пункт, разъезд, обгонный пункт или малая станция с незначительными по размеру грузовыми или пассажирскими операциями), то опорная сеть назначается в виде хода (магистрала), располагаемого по оси главного пути или лучше параллельно ему по междупутью на протяжении всей длины пункта, начиная и кончая его за 100—50 м от входных стрелок в стороны перегона, а при отсутствии стрелок от конца платформ. Если станция расположена на кривой, то опорный ход разбивают по ломаной линии, располагая вершины углов поворота посередине междупутий не ближе чем через 100—200 м друг от друга.

Выбранное расположение точек вершин углов надо согласовать с представителями электросилового хозяйства и службы связи, чтобы при закреплении углов не повредить подземных кабелей.

Опорный ход закрепляют на прямой через 200, а на кривой (по ломаной линии) через 100 или 200 м в зависимости от радиуса кривой: при радиусе до 1 000 м — через 100 м, а более 1 000 м — через 200 м. Закрепление опорных пунктов делается чаще всего сбрезками газовых или водопроводных труб или рельсовыми рубками длиной 1 м. На начальной и конечной точках хода и на оси станции обрезок трубы закрепляется двумя массивами из бетона марки 1 : 3 : 6 размером каждый 30 × 30 × 15 см, заготовленными заранее. Эти массивы имеют отверстия посередине и закапываются в землю или балластный слой на 0,5 м (рис. 52). После плотной укладки одного

массива через отверстие в нем вбивается в землю труба так, чтобы верх ее был ниже поверхности земли на 0,18—0,20 м, т. е. выше нижнего массива на 0,16—0,17 м. Трубу закрепляют в массиве цементным раствором; затем ставят на первый массив второй и также закрепляют его на трубе раствором. Верх трубы должен быть выше массива на 1—2 см. После привязки к трем местным предметам опорную точку закапывают землей. Схему расположения местных предметов относительно опорной точки заносят в абрис.

При съемке станции, имеющей ширину между крайними путями или зданиями и сооружениями более 100 м, опорную сеть создают из нескольких ходов, располагая их, как правило, параллельно друг другу на расстоянии 50—100 м друг от друга. Через 400—500 м по длине продольные ходы соединяют, как правило, перпендикулярными к ним поперечными ходами, в результате чего образуется несколько сомкнутых ходов. Ходы эти нужно располагать вблизи путей и сооружений по междупутьям, по краям дорог и во всяком случае по ровному, удобному для измерений месту. Закрепление вершин углов поворота в этом случае производится, как описано выше; в бетонные массивы закладывают обычно три-четыре точки по концам станции и одну на оси станции.

Измерение длин сторон опорной сети производится стальной лентой или тросом Лукерьяна, если линия оборудована автоблокировкой.

Перед началом измерения длин выносят на основную магистраль (базис) ось станции и полученную точку пересечения магистрали с осью станции принимают за начало счета длин по магистрали.

За ось станции принимают обычно перпендикуляр к оси главного пути, проходящий через середину длины пассажирского здания (симметричного), измеренной по фасаду его со стороны путей. Иногда если по фасаду выделен особо главный вход в вокзал, то ось станции проводят через середину этого входа. Чтобы найти точку пересечения оси станции с магистралью, сначала определяют путем точных промеров середину длины пассажирского здания. Затем из точки, расположенной приблизительно на искомой оси, восстанавливают перпендикуляр к магистрали (параллельной оси главного пути) в сторону пассажирского здания. Заметив точку пересечения перпендикуляра со стеной, измеряют до нее расстояние от середины длины здания. Полученное расстояние нужно отложить

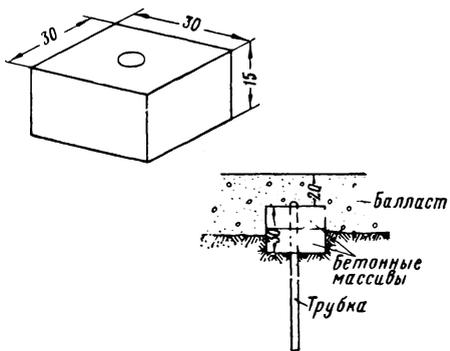


Рис. 52. Бетонный массив и закрепление им точки

от теодолита в соответственном направлении по магистрали и в этом месте закрепить точку.

Измерение длин сторон опорной сети производится дважды. Разность между двойными измерениями не должна превышать 1 : 2000 длины стороны.

Измерение всех углов магистрали производится теодолитом с точностью верньера 1' или 30" одним полным приемом, со сдвижкой лимба на 90° между полуприемами. В тех случаях, когда у вершины угла сходится больше двух сторон, надлежит измерять углы круговым приемом, наводя трубу последовательно на все стороны, сходящиеся у угла, и заканчивая наведением на начальную сторону.

Пример измерения углов в этом случае приведен в табл. 11. Записи велись в обычном угломерном журнале. Измерение углов сделано между тремя сторонами, сходящимися у вершины 6 от вершин 5, 12 и 7. Наводилось при круге право сначала назад на вершину 5, затем на вершины 12 и 7, вращая алидаду против хода часовой стрелки, и, наконец, вновь на вершину 5 (вращая алидаду также против хода часовой стрелки). Получилась разница в отсчетах на 0',5. Между направлениями вычислены углы. Затем труба была повернута через зенит, а лимб сдвинут примерно на 90°. Для удобства расчета углов направления визирования записаны в том же порядке, как в первом полуприеме, но первое наведение сделано на вершину 5 и записано в нижней строке и далее, вращая алидаду по ходу

Таблица 11

Пример измерения углов между тремя сторонами, сходящимися в одной вершине

Наблюдатель — техник Сидоров

Дата — 8 марта 1957 г. Теодолит ТМ-1 № 10273

№ точек		Положение круга	Верньеры			Среднее из отсчетов по верньерам		Угол из 1 и 2-го полуприема		Среднее из углов		Примечание
стояния (шпикст и плюс)	визирования		I		II	°	'	°	'	°	'	
			°	'	'							
6	5	П	303	16	17	303	16,5	88	12	88	12,3	
	12		215	41	40	215	40,5	94	02	94	1,7	
	7		121	02	03	121	2,5	177	45,5	177	46	
	5		303	17	17	303	17	—	—	—	—	
6	5	Л	30	41	41	30	41	88	12,5	360	—	
	12		302	29	28	302	28,5	94	1,5	—	—	
	7		208	27	27	208	27	177	46,5	—	—	
	5		30	40	41	30	40,5	—	—	—	—	

часовой стрелки, на вершины 7, 12 и вновь на 5. Разность отсчетов на эту вершину опять получилась допустимая. Вновь рассчитаны углы, как выше. При вычислении средних углов из 1-го и 2-го полуприемов их одновременно исправляют в пределах долей минут так, чтобы сумма углов составила 360°.

Если, кроме плана станции, требуется также получить поперечные или продольные профили вытяжек, парков или горок, то необходимо создать также высотную основу станции. Для этой цели до начала нивелирования нужно заложить реперы. Их следует располагать предпочтительно на устоявшихся сооружениях вне железнодорожных путей, например на каменном цоколе жилого дома, клуба и т. п. Менее желательно располагать их на ж.-д. мостах, водонапорных башнях, депо, пассажирском здании и т. п., поскольку они подвергаются сотрясениям от прохода поездов. Реперы надо закладывать через 1 км и не менее двух на каждой станции.

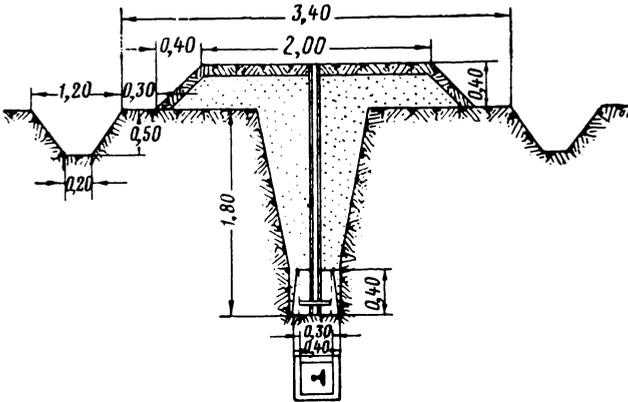


Рис. 53. Репер высотной основы

Если репер закладывается в цоколь здания, то нужно следить за тем, чтобы на высоту до 3 м над репером не было выступов, препятствующих вертикальной установке рейки. Для репера в кладке вырубается зубилом отверстие, в которое заделывается на цементном растворе железный стержень или костыль с выступом 2—3 см.

Можно репер устраивать и в грунте на рельсовой рубке, как показано на рис. 53. Бетонная подушка размером 0,4 × 0,4 × 0,3 м должна быть ниже глубины промерзания грунта на 0,5 м.

В качестве вспомогательных реперов могут быть использованы трубки, забитые в вершинах углов плановой опорной сети.

Закладка реперов должна быть закончена за одни сутки до начала нивелирования.

§ 13. СЪЕМКА ПУТЕЙ, ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ДРУГИХ УСТРОЙСТВ

При съемке путевого устройства станции относительно сложным является съемка стрелочных переводов. По каждому переводу надо определить: марку крестовины, центр перевода, положение остряков, стыков рамных и пригоночных рельсов, сторонность перевода и способ управления.

Марку крестовин определяют обмером сердечника крестовины при помощи шаблона, показанного на рис. 54. Полученные данные сверяют с техническим паспортом станции, а при расхождении их с паспортом выясняют причины в дистанции пути.

Положение центра перевода определяется местоположением математического центра крестовины и ее маркой. Зная положение математического центра крестовины, от него нужно отмерить по прямому пути расстояние, указанное в табл. 12. Иногда перед съемкой станции положение центров переводов разбивают на путях и закрепляют колышками. Проще же снять положение математического центра крестовины и показать положение центра перевода на плане при его накладке. Но так можно поступать только при съемке односторонних стрелочных переводов на прямой. Если же пере-

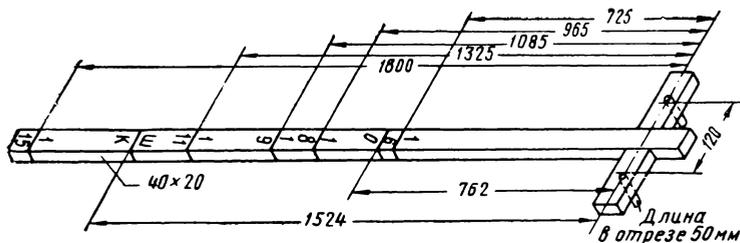


Рис. 54. Шаблон для определения марки крестовины

вод расположен на кривой или он разносторонний, то центр перевода разбивают предварительно на местности перед началом съемки и закрепляют колышком. Чтобы найти центр, надо найти на местности точку пересечения двух прямых, провешенных по оси пути: одной — на продолжении прямой через стрелку параллельно равному рельсу прямого пути, а другой — на продолжении оси ответвленного пути в пределах крестовины (рис. 55, 56).

Положение остальных точек стрелочного перевода устанавливается в процессе съемки, как это описано ниже.

Таблица 12

Расстояние от математического центра крестовины до центра перевода в м

Марка крестовины	Расстояние	Марка крестовины	Расстояние
1/15	22,85	1 : 9,51	14,54
1/12	18,16	1 : 9	13,76
1/11,8	17,96	1 : 8	12,24
1 : 11	16,80	1 : 6	9,24

Для съемки путей и всех станционных устройств, расположенных непосредственно около них, — пассажирских и грузовых плат-

форм и пр., лучше всего сделать промеры поперек пути у всех закрепленных точек магистрали. Для этого нужно:

эккером или гониометром, а при длине поперечника 50—70 м и более—теодолитом разбить перпендикуляры к магистрали и их направление обозначить либо вежами, либо мелом или краской на шейках рельсов некоторых путей;

нарисовать абрис — схему расположения путей на поперечнике; измерить стальной рулеткой или тросом Лукеркина расстояния от магистрали до оси каждого пути, краев платформ и строений,

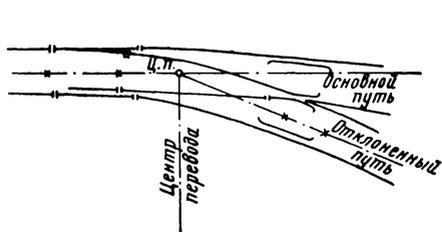


Рис. 55. Нахождение центра перевода

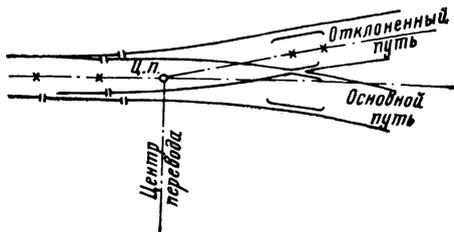


Рис. 56. Нахождение центра разно-стороннего перевода

опор контактной сети, линий освещения, проволочных тяг и т. п., а также до бровки и подошвы балласта и бровки полотна, кюветов, резервов и водоотводных канав и записать результаты обмера на абрисе (рис. 57).

Такие промеры можно делать при расположении станции на прямой через 200 м, а на кривой и в горловинах станции — через 50 м.

Если основа съемки сложная, то вышеуказанные промеры нужно проделать от отдельных звеньев магистрали, предпочтительно от тех, которые расположены в пределах или около отдельных парков и параллельно путям. Разбивку поперечников в этом случае нужно вести между параллельными звеньями опорной сети и привязывать к каждому пересекаемому звену магистрали.

Съемку отдельных устройств станции, не снятых с помощью поперечников, можно сделать тахеометром. План станции вычерчи-

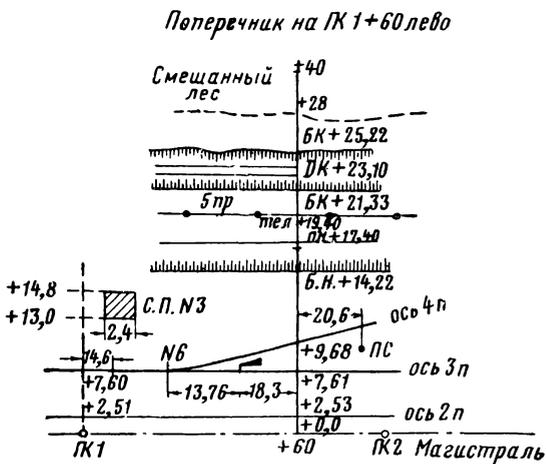


Рис. 57. Абрис съемки станции

вается обычно в масштабе 1 : 2 000; необходимая для такого масштаба точность съемки обеспечивается, если снимаемые точки удалены от точки стояния теодолита на опорной магистрали не более чем на $d_{\text{раб}}$, определяемое по формуле (I. 10). В табл. 13 приводятся значения рабочих расстояний, которыми следует руководствоваться при съемках различными советскими теодолитами.

Т а б л и ц а 13

Рабочие расстояния от теодолита до рейки в м

Завод или тип	Год выпуска	Увеличение трубы	$d_{\text{раб}}$
«Геофизика»	1928—1931	18	65
«Геодезия»	1926—1930	19	70
«Геофизика» ТТ-1	1930—1950	24	85
» ТТ-30	1930—1950	24	85
» ТТ-2	1942—1952	11,8	40
» ТТ-50	1950 и после	25,3	90
» ТМ-1	1954 и после	18	65
» ТТ-5	1958	25	90

Путевое развитие станции снимать теодолитом не рекомендуется.

От поперечников находят положение на станции стыков рамных и пригоночных рельсов каждого стрелочного перевода, начало его остряков, сторонность переводного механизма. Номер стрелки и способ управления ею записывают на кроках. Определяют также положение математического центра крестовины, предельного столбика и изолирующих стыков, ограничивающих полезную длину путей; положение всех столбов освещения и связи, мачт контактной сети, гидроколонок, кочегарных ям, габаритных рам, вагонных весов, угольных эстакад и пескоподачи, обмывочных площадок, поворотных кругов, пожарных и воздушных кранов, переездов, мощеных дорог и тротуаров, водоотводных лотков, мостиков, труб и пр. Снимают платформы пассажирские, грузовые и специальные, грузоподъемные (контейнерные) краны, пожарные сараи, багажные кладовые, пакгаузы, мастерские и др. Локомотивные депо снимают по наружному контуру с промером рулеткой положения путей в воротах и внутри здания.

Если съемка плана станции производится для составления проекта частичного переустройства ее или небольшого развития (укладка нового пути, удлинение некоторых путей, перекладка стрелок в горловине, примыкание подъездного пути), то опорная сеть для съемки создается не по всей станции, а только в районе намечаемого переустройства. Магистраль прокладывают параллельно оси главного пути в сторону снимаемого конца станции, начиная от оси пассажирского здания (оси станции). В пределах предполагаемых работ по развитию станции от этого хода через 50 м и чаще (в характерных местах) разбивают поперечники в одну или обе стороны (по надобности). Промерами от них производится съемка всех

устройств на станции. Кроме путевого развития и строений, заснимают всю надземную проводную сеть (связи, освещения, контактную и пр.) и подземную сеть (см. § 15 и 17). Результаты промеров четко записывают на схемах (абрисе), составленных отдельно по каждому поперечнику (см. рис. 57).

При капитальном переустройстве станций их съемка производится институтами Главтранспроекта Минтранстроя по специальным указаниям на основе договора с управлением дороги.

§ 14. СЪЕМКА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК И ВЫТЯЖЕК

Для проверки состояния горок и сортировочных вытяжек и расчета их перерабатывающей способности необходимо иметь по ним и сортировочным паркам продольные профили и планы. Такую проверку, согласно ПТЭ, производят не реже одного раза в два года. Для съемки разбивают магистральный ход по путям, ведущим из приемочного парка к горке, или от упора вытяжного пути и далее через горку вниз через весь сортировочный парк. Закрепление магистрали делается на протяжении подъемной и спускной частей горки до самой отдаленной стрелки головы парка через 50 м, а на остальном протяжении через 100 м. Если ширина сортировочного парка более 50 м, то от вершины горки до середины его длины по крайним путям или около них по междупутью ведут еще магистральные ходы, концы которых привязывают к основной магистрали посередине парка. Для съемки путей, стрелок и всех устройств в голове сортировочного парка прокладывают от средней магистрали поперечники на каждой закрепленной опорной точке. Эти поперечники необходимо разбивать теодолитом и закреплять их положение на пересекаемых путях мелом или светлой краской на шейках рельсов. Если проложены по крайним путям вспомогательные магистрали, то все поперечники необходимо привязать также к этим магистралям. Ведя в направлении этих поперечников промеры лентой или рулеткой, отсчитывают по ним точки пересечения осей путей и с помощью ординат к этим поперечникам — всех необходимых точек каждого стрелочного перевода, а также расположение путевых тормозов (замедлителей), их механизмов и ведущих к ним трубопроводов.

Для получения продольного профиля горок и вытяжек производится нивелирование по головке рельса путей у каждого пункта опорной магистрали. Кроме того, на протяжении 50 м от вершины горки в сторону подъемной части и 100 м в сторону спускной части нивелировку производят через каждые 10 м, отметив предварительно положение этих точек мелом на шейках рельсов. В пределах тормозной позиции путь нивелируется в начале и в конце каждой ее секции.

На основе полученных данных составляется план путей горки, вытяжки и обслуживаемых ими сортировочных парков в масштабе 1 : 1 000, а также продольные профили их в горизонтальном масштабе 1 : 1 000 и вертикальном — 1 : 100.

§ 15. СЪЕМКА СЕТЕЙ ПОДЗЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

План станции без нанесения сетей водопровода, канализации и воздухопровода, кабелей, электрической централизации и связи будет неполным. Поэтому необходимо произвести также съемку их расположения.

До того как приступить к съемке подземных сетей, следует получить в службах локомотивной, СЦБ и связи, а также в службе пути, зданий и сооружений исполнительные чертежи прокладки водопроводных и канализационных сетей, дренажных устройств и схем расположения кабелей. Эти чертежи и схемы в значительной степени облегчат съемку. Если же таких чертежей не имеется или они недостаточно точны, то необходимо, чтобы сведущие представители указанных служб показали в натуре все выходящие на поверхность элементы подземной сети или их знаки на поверхности.

Положение сети канализационных и водопроводных труб часто можно определить по положению смотровых колодцев. Между парой соседних колодцев трубы обычно проложены по прямой. Однако нередко короткие отводы и незначительные повороты водопроводных труб колодцами не обозначены. В этом случае их расположение может быть указано сведущими людьми, обнаружено приборами — труборискателями или при помощи закладки шурфов.

Иногда требуется не только изобразить подземную сеть в плане, но получить также данные о глубине заложения труб, их диаметре, материале, из которого они сделаны. По колодцам требуется также установить их форму в плане, размеры, глубину заложения, отметки низа и верха проходящих в них труб, материал, из которого сделаны колодцы, и их техническое состояние.

Эти работы выполняются обычно по специальному заданию.

§ 16. СЪЕМКА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ВОДООТВОДОВ

Съемку местоположения искусственных сооружений производят одновременно со съемкой путей и других устройств станции. Для этого обычно снимают не менее четырех точек сооружения, симметричных относительно оси его, что позволяет нанести на план станции эту ось. Что касается деталей сооружения, то их в случае надобности устанавливают путем специального обмера сооружения. Для такого обмера составляют схему сооружения обычно в виде двух его проекций, т. е. плана и разреза или вида спереди. Иногда такую схему составляют в трех проекциях: план, боковой вид и вид спереди (или разрез).

Имея такую схему, производят обмер в деталях всего сооружения при помощи стальной рулетки и складного метра. Все полученные размеры сейчас же проставляют четко на схеме сооружения. Для получения отметок отдельных частей сооружений — низа лотка мостика или трубы, отметки подферменных площадок, низа и верха пролетного строения, подошвы рельса или верха тротуара

и проезжей части путепровода — производят нивелировку от ближайшего репера высотной опорной сети.

Съемка водоотводных сооружений частично уже описана выше. К ним относятся нагорные каналы, верховая осушительная сеть станционных путей и дренажные устройства.

Положение нагорных каналов в плане получают при съемке плана станции. Для получения плана верховой осушительной сети станционных путей нужно снять положение всех шпальных и отводных лотков в междупутьях и по сторонам парков. Положение дренажных колодцев также фиксируется в процессе съемки путей и устройств станции. Глубина заложения труб и их уклоны под землей устанавливаются путем нивелирования последних в колодцах, а также в местах их выпуска в овраги и реки.

Для получения продольного профиля нагорных и водоотводных каналов по ним разбивают пикетаж, привязанный к пикетажу главного пути. Затем производят нивелирование дна и верха каналов во всех точках пикетажа.

Если через всю станцию поперек ее снимают и нивелируют поперечники, то их продолжают также через нагорные каналы и резервы. В этом случае необходимые для составления продольных профилей каналов отметки берут с поперечников.

§ 17. СЪЕМКА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ПОДЗЕМНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Съемку воздушных линий связи, СЦБ и электропроводки производят попутно со съемкой путевых устройств станции. При производстве промеров по поперечникам обязательно нужно отсчитать по рулетке или ленте и записать в журнале положение точки пересечения их с линиями воздушной проводки. Далее при съемке стрелок, зданий и устройств станции необходимо также определить положение всех столбов воздушных линий. В абрисах и кроках нужно указывать также количество проводов и высоту подвески нижнего провода над головкой рельса. По этим данным все линии связи могут быть нанесены на план. Обычно для контроля при накладке плана в процессе съемки определяют точки пересечения воздушных линий разного назначения между собой и положение защитных секток в местах пересечения.

Зарытые в землю силовые электрокабели на поверхности земли, как правило, не имеют никаких наружных сооружений или каких-либо признаков. Поэтому при съемке для определения их расположения на станции пользуются либо имеющимися в управлении дороги схемами, составленными при укладке кабелей, либо указаниями сведущих лиц. Грубо можно определить их расположение при помощи специальных кабелескателей. Если нет схем и необходимо иметь точное расположение кабелей, то нужно закладывать над предполагаемым местом шурфы-траншеи. Такие шурфы могут быть заложены только в присутствии специалистов и при

обязательном выполнении правил безопасности производства работ при откопке силовых кабелей.

§ 18. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ СЪЕМКИ

Обработка материалов съемки станции производится в соответствии с указаниями § 7.

Накладку плана начинают с подготовки для этой цели бумаги. Снятый план, как правило, должен сохраняться много лет и может время от времени дополняться в подлиннике. Поэтому подлинник следует вычертить на ватманской бумаге тушью. Лучше всего ватманскую бумагу наклеить на полотно или бязь, а при малых размерах плана на лист фанеры — подрамник.

После этого наносят на ватман сетку координат, которая обеспечит большую точность плана и облегчит его накладку.

Сначала наносят с помощью металлической линейки продольную координатную ось. На ней при помощи штангенциркуля или линейки Дробышева откладывают от начала координат отрезки, кратные 100 м. Затем у начала координат и по концам прямой откладывают тщательно выверенным угольником или с помощью линейки Дробышева перпендикуляры. Отложив на этих перпендикулярах опять отрезки, кратные 100 м, соединяют полученные точки линиями, параллельными оси. На этих линиях снова откладывают от оси *X* отрезки по 100 м, так что получается ряд точек, являющихся вершинами квадратов сетки. Проверив квадраты по длинам диагоналей, закрепляют их вершины пересекающимися отрезками тонкой линии длиной около 4 мм, проведенными синей или зеленой тушью, и пишут расстояния этих вершин от начала координат на левом и нижнем краях сетки координат.

После этого производят накладку вершин опорной магистрали по координатам. После проверки правильности накладки опорного хода путем измерения полученных на чертеже длин сторон (которые могут отличаться от измеренных в натуре длин, выраженных в масштабе плана, на $\pm 0,3$ мм) обводят каждую вершину кружочком диаметром 1,5 мм тушью синего или зеленого цвета и тем же цветом прочерчивают линиями толщиной 0,1—0,2 мм стороны хода.

Накладку подробностей начинают с нанесения пикетажа и разбивки поперечников. На основе промеров по поперечникам наносят станционные пути, платформы, здания и другие сооружения и устройства. Накладку данных съемки тахеометром рекомендуется производить при помощи специального транспорта, имеющего линейку с миллиметровыми делениями для нанесения точек.

Если нет специального транспорта, то при помощи обычного транспорта откладывают углы и проводят лучи направлений, на которых лежат снятые точки. Лучи помечают номером соответствующей точки, руководствуясь кроками. Затем определяют положение точек на лучах, отмеряя линейкой с миллиметровыми делениями от опорной точки расстояния, взятые из журнала.

Рядом с точкой мелкими цифрами пишут ее номер и высоту (а иногда только высоту). Наложив ряд таких точек (обычно не менее 8—10 шт.), их соединяют в соответствии с данными съемки, занесенными в кроки.

У точек математических центров крестовин нужно отложить по направлению прямого пути длины, указанные в табл. 12. План станции в карандаше необходимо сверить с полевыми записями, абрисами и схемами и в случае расхождений и сомнений в правильности накладки произвести его сличение с натурой.

После сверки плана и исправления в карандаше его обводят тушью и отделяют с применением стандартных условных знаков¹.

На полях плана станции выписывают следующие данные:

ведомость координат точек опорной магистрали;

ведомость реперов с указанием их положения, отметок и краткого описания;

ведомость путей с указанием наименования, пограничных стрелок, полной и полезной длины;

ведомость зданий с указанием их номера на чертеже, наименования, наружных размеров, материала стен и состояния.

Иногда добавляют еще ведомость стрелочных переводов с указанием их номеров, типа рельсов, марки крестовин и способа управления.

Форма трех последних из перечисленных ведомостей приведена ниже

Ведомость путей

№ путей	Наименование путей	Тип рельсов	Длина путей							Примечание	
			полная				полезная				
			от стрелки №	через стрелки №	до стрелки № (до Упора)	ж	от стрелки №	до стрелки № (до упора)	ж		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

¹ Условные знаки для топографических планов масштабов 1:1 000, 1:2 000 и продольных профилей железных дорог. Техническая информация № 87. Главтранспроект, М., 1958.

**ПРОИЗВОДСТВО ПОЛЕВЫХ И КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ
ПРИ СЪЕМКЕ БОЛЬНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

**§ 19. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ
ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА**

К больным местам земляного полотна относятся обычно участки пути с наличием балластных корыт, просадок, осадок, сплывов, обвалов, оползней (сдвигов), расползаний, подмывов, пучин и т. д. Согласно Правилам технической эксплуатации железных дорог СССР порядок надзора и ухода за больными местами земляного полотна устанавливается начальником дороги. Надзор осуществляется, как правило, путем осмотров и систематических измерений методами геодезии величин деформаций, происходящих на участках больного земляного полотна.

По наблюдению за деформациями земляного полотна выполняются следующие виды геодезических работ:

создание основы для производства измерений и съемки подробностей ситуации;

периодические измерения, связанные с определением величины деформации земляного полотна;

съемки подробностей ситуации.

Балластные корыта — весьма распространенный вид деформации земляного полотна. Основой для наблюдения за их развитием служит магистраль (теодолитный ход вдоль оси пути) с разбитыми к ней поперечниками на всю ширину земляного полотна. На этих поперечниках и вдоль оси пути устраиваются шурфы или буровые скважины для определения глубины балластного корыта, ложа или грязевого мешка. В зависимости от конфигурации балластного корыта расстояния между поперечниками с шурфами или буровыми скважинами могут достигать до 12,5 м и даже менее. Число скважин на каждом поперечнике устанавливается в зависимости от числа путей и конфигурации балластного слоя.

Согласно разработанной еще в 1933 г. Министерством путей сообщения методике по промеру балластного слоя и обследованию больных мест буровые скважины на однопутном участке должны

располагаться по поперечному сечению полотна в трех местах, из них две по концам шпал и одна на оси пути. На двухпутных участках предусмотрено шесть скважин, из которых четыре находятся по концам шпал и две по осям пути. Практика показывает, что обследование больших мест земляного полотна по такой схеме приводит нередко к ложным показаниям мощности балластного слоя и,

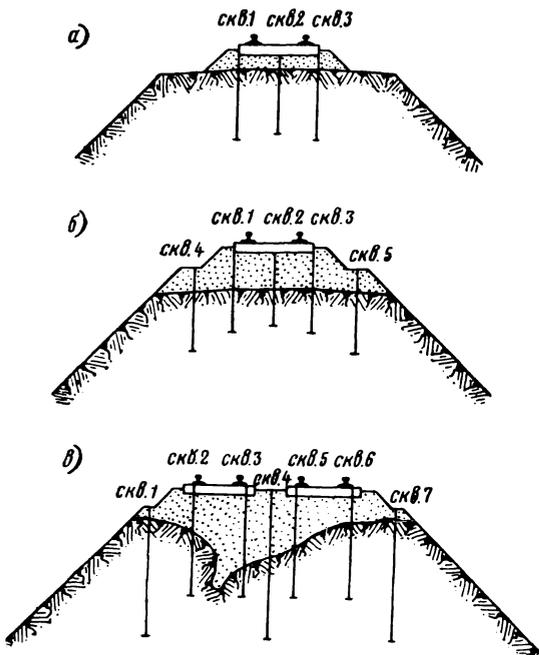


Рис. 58. Схемы размещения буровых скважин при обследовании верхней площадки земляного полотна:

а — при отсутствии балласта на обочине; б — при наличии балласта на обочине; в — на двухпутном участке

следовательно, наличия и размеров балластных корыт. Приведенные на рис. 58 схемы размещения буровых скважин, разработанные Донецкой дорогой, по нашему мнению, в большей мере отражают специфику работ по обследованию земляного полотна. Здесь уже полностью или почти полностью исключается возможность ошибки при определении наличия и глубины балластного корыта. Промер балластных корыт на больших объектах земляного полотна производится, как правило, не реже двух раз в год (весной и осенью) с занесением результатов промеров в специальную карточку «Паспорт деформирующегося земляного полотна». К паспорту должен быть

приложен план большого места земляного полотна, составленный по материалам съемки, и перечень всех проведенных организационно-технических мероприятий по его стабилизации.

Основой для геодезических измерений деформаций сдвига или просадок служит обычно створ (базис), концы которого закрепляются столбами (реперами). Количество створов и направления их по отношению к оси пути устанавливаются в каждом конкретном случае в зависимости от местных условий и характера деформации. Чтобы на результатах наблюдений могло меньше сказываться влияние рефракции и других ошибок, створные столбы (рис. 59) должны устанавливаться как можно ближе к большим объектам, но в таких местах, которые не были бы подвержены деформации. На деформируемых участках земляного полотна в створе с этими стол-

бами забивают, как правило, контрольные точки (1; 2; 3 и т. д.), изготовленные из обрезков труб, металлических штырей или деревянных кольев длиной 0,5—0,7 м и диаметром от 2 до 5 см.

На верхнем торцовом срезе каждой контрольной точки указывают с помощью теодолита направление створа $P_1 - P_2$ в начальный момент наблюдения t_0 и закрепляют его зубилом, керном или гвоздем, вбитым в кол. Кроме того, в момент наблюдения t_0 с помощью технического нивелира определяют также превышения h и отметки H каждой контрольной точки относительно створных столбов P_1 и P_2 .

Направление створа и уравновешенные значения высот контрольных точек в момент наблюдения t_0 принимают за исходное начало, с помощью которого в дальнейшем определяют величины сдвига и просадок.

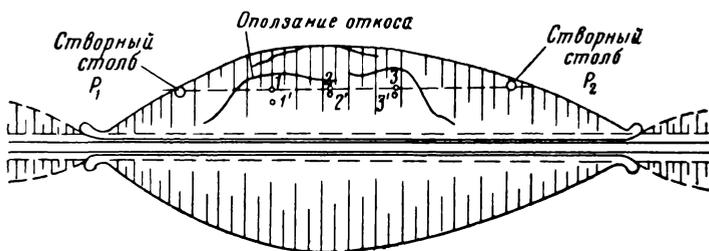


Рис. 59. Створ для наблюдений за деформацией земляного полотна

Пусть, например, контрольная точка 1 створа $P_1 - P_2$ (см. рис. 59) под влиянием происходящей деформации сдвига отошла от створа и заняла положение $1'$. Тогда полная величина сдвига земляного полотна в данной точке будет

$$\Delta l = \sqrt{d^2 + \Delta H^2}, \quad (V.1)$$

где d — величина горизонтального смещения контрольной точки; ΔH — разность высот контрольной точки, полученная из результатов геометрического нивелирования ее в начальный и конечный моменты наблюдений.

Чтобы измерить величину горизонтального смещения точки 1, устанавливают теодолит в точку P_1 или P_2 створа. Затем, ориентируя инструмент по направлению створа, втыкают в землю шпильку против точки $1'$ по створу визирной оси, т. е. по вертикальной нити сетки трубы теодолита. Расстояние по горизонтали от центра шпильки до начального створа, отмеченного на контрольной точке, измеряют линейкой с точностью до 1 мм.

Частота наблюдений за деформациями сдвига или осадок зависит от характера их проявления. Чтобы установить интенсивность роста деформаций, наблюдения первого периода целесообразно производить ежедневно. Затем, по мере выявления этой характеристики, число наблюдений (второй период) можно свести к одному

разу в два-три дня и даже реже. Результаты наблюдений так же, как и в первом случае, заносят в «Паспорт деформирующегося земляного полотна» и, кроме того, оформляют графиком, у которого по оси X отмечают дни и месяцы наблюдений, а по оси Y — величину деформации. Величина деформации отмечается, как правило, двумя кривыми, из которых одна показывает величину деформации земляного полотна за сутки, вторая — нарастающим итогом с момента организации (начала) наблюдений. Для наблюдения за деформациями насыпи от подмыва створные столбы и контрольные точки устанавливают в местах подмываемой части откоса. Тогда по отклонению от створа линии обрушения грунта судят о характере и величине деформации.

§ 20. СЪЕМКА БОЛЬНЫХ МЕСТ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ ЛЕЧЕНИЯ ИХ

Топографическая съемка больных мест земляного полотна производится, как правило, одновременно с их детальным обследованием. В силу этих обстоятельств основа топографической съемки должна создаваться с таким расчетом, чтобы отдельные ее опорные точки могли служить одновременно основой для гидрогеологических обследований, а также для разбивки сооружений по проекту лечения. Для насыпей с балластными корытами, развивающимися при отсутствии подтока грунтовых вод, топографическая основа создается обычно в виде магистрали, проходящей по оси пути, с разбитыми к ней поперечниками. Длина поперечников устанавливается в этом случае такой, чтобы конечные точки их лежали за пределами бровки полевой стороны последнего водоотводного сооружения не менее чем на 5 м. Расстояние между поперечниками зависит от конфигурации балластного корыта.

Топографическая основа для съемки больных выемок и оползневых мест в насыпях создается в зависимости от размеров района гидрогеологических обследований. Если гидрогеологических обследований, производимых непосредственно в пределах земляного полотна, достаточно для установления причины болезни, основа создается в виде магистрали (по оси пути) с разбитыми к ней поперечниками, причем один из поперечников (центральный) задается в месте наибольшей величины деформации. Остальные располагаются по обе стороны от него.

При необходимости расположения буровых скважин за пределами откосов выемок или на большой площади оползневого склона в закрытой местности целесообразно использовать в качестве опорной сети теодолитные ходы (сомкнутые или висячие), опирающиеся своими концами на магистраль, расположенную вдоль оси пути. Одновременно с созданием плановой основы съемки больных мест земляного полотна создается также и высотная. Размещение точек высотной основы производится, как правило, равномерно по всей площади, причем расстояние между ними должно быть не бо-

лее полуторной величины рабочего расстояния нивелирования, определяемого формулой (1.9). В целях сокращения работ по закреплению точек опорной сети удобно совмещать точки высотной основы с точками плановой основы. Для получения высот пунктов съемочного обоснования используются методом геометрического или тригонометрического нивелирования. При съемке подробностей ситуации и рельефа следует обращать особое внимание на съемку мест выхода воды из существующих прорезей, подкюветных и надоткосных дренажей, отводов воды из кюветов, русел водоотводных и нагорных канав на участках больных мест земляного полотна.

Съемка больных мест земляного полотна производится в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 500.

§ 21. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ЗАМЕНЫ ВРЕМЕННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПОСТОЯННЫЕ

Детальной разработке проектов замены временных искусственных сооружений на постоянные предшествуют следующие виды полевых геодезических работ: съемка полосы местности в пределах сменяемого искусственного сооружения и его бассейна; съемка живых сечений водотока и поперечных сечений земляного полотна и, наконец, обмер сооружения.

Съемка полосы местности в пределах сменяемого искусственного сооружения производится обычно в масштабе 1 : 2 000 — 1 : 500 на участке, достаточном для проектирования плана линии на подходах к постоянному искусственному сооружению и решения вопросов организации производства работ. Если новое сооружение располагается на оси существующего пути, то ширину полосы съемки принимают в пределах от 50 до 200 м. При необходимости расположения постоянного искусственного сооружения на новой трассе ширина полосы съемки может быть увеличена в зависимости от местных условий.

Основой для съемки полосы местности служит магистраль, укладываемая вдоль оси пути. На эту магистраль опираются, как правило, поперечники и теодолитно-тахеометрические ходы, прокладываемые для съемки границ бассейна, подробности ситуации или тальвега лога у искусственного сооружения. Высотное положение точек основы определяется методом геометрического нивелирования с привязкой к ближайшему в районе съемки реперу или марке. При производстве детальной тахеометрической съемки наибольшее удаление рейки от инструмента не должно превышать величины, равной рабочему расстоянию $d_{\text{раб}}$, а частота расположения рельефных точек на местности должна устанавливаться в зависимости от сложности рельефа и масштаба съемки.

Для расчета отверстия нового искусственного сооружения определяют обычно путем съемки площадь бассейна F км², длину бассейна по главному логу L_n , длину безрусловых склонов, среднюю крутизну склонов лога $I_{\text{ск}}$ и уклоны тальвега лога вбли-

зи искусственного сооружения и средний на всю длину лога выше сооружения $I_{д}$. В зависимости от размеров бассейна искусственного сооружения съемка может производиться от замкнутого на магистраль (вдоль оси пути) теодолитно-тахеометрического хода по границам водосборных бассейнов с поперечниками до тальвега (рис. 60) или висячего теодолитно-тахеометрического хода, уложенного вдоль тальвега лога, с поперечниками до водоразделов (рис. 61). Первый случай съемки применяется обычно для больших площадей бассейнов, а второй — для малых бассейнов (1 км² и менее). При наличии топографической карты в масшта-

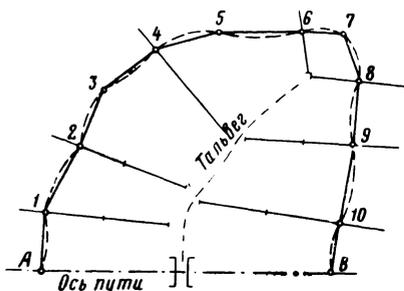


Рис. 60. Основа съемки бассейна, проложенная по водоразделам

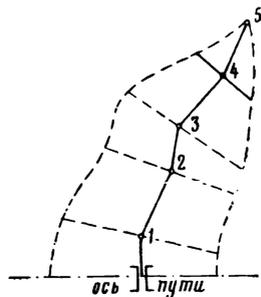


Рис. 61. Основа съемки бассейна, проложенная по тальвегу

бе 1 : 50 000 и крупнее границы бассейнов и их площади определяются по карте при условии, что размер площади составляет не менее 0,5 км². При укладке теодолитно-тахеометрических ходов вершины углов поворота должны назначаться в соответствии с характером изменения направления линии водораздела или основного тальвега и на расстоянии друг от друга не более $d_{\text{г.аб}}$ (см. выше § 2). В равнинной и слабохолмистой местности, где линии водоразделов выражены недостаточно четко, границы бассейна устанавливаются на основе тщательного инструментального обхода.

Измерение горизонтальных углов между сторонами теодолитно-тахеометрического хода производится одним полуприемом с контролем по буссоли. Длины сторон хода измеряют по дальномеру с контролем в прямом и обратном направлении. Результаты измерений записывают в журналы для измерения горизонтальных углов (см. табл. 1) и тахеометрической съемки (см. табл. 2).

Невязка теодолитно-тахеометрического хода, опирающегося на магистраль вдоль оси пути, должна быть не более 1 : 300 для линейных измерений и $\pm 3' \sqrt{n}$ для угловых измерений, где n — число углов поворота хода.

Для определения крутизны склонов лога нивелируют с помощью нивелира или тахеометра характерные точки двух-трех поперечников с каждой стороны лога (на склонах).

Геометрическое нивелирование применяется в том случае, если средний уклон лога или склонов не превышает $\frac{1}{300}$. При крутизне лога и склонов более $\frac{1}{300}$ применяется тахеометрическое нивелирование, а при склонах круче $\frac{1}{30}$ — барометрическое нивелирование.

Определение высот точек в верхней части тальвега производится не реже чем через 0,5 км, а перед искусственным сооружением и за ним на расстоянии 100 м по тальвегу лога. Если в логе имеется вода, отметки точек берутся через каждые 20—25 м у уреза воды и по дну (в середине) водотока.

Съемка живых сечений водотока и суходола для всех типов мостов производится в трех створах, расположенных: один — по оси моста и два — на расстоянии 25 м выше и ниже оси моста, а для труб только с верховой стороны в местах наибольшего сжатия в сечении лога (водотока).

Длина профиля живого сечения должна назначаться с таким расчетом, чтобы конечные точки его имели отметку земли на 1,0—1,5 м больше отметки расчетного горизонта высоких вод (ГВВ) или не меньшую, чем отметка бровки полотна. В равнинных условиях это превышение может быть допущено в пределах — 0,6—0,8 м. Створы живых сечений должны быть привязаны к пикетажу оси пути или к узлам поясов моста.

Съемка поперечных сечений земляного полотна производится в том случае, если ось постоянного сооружения выносится на новую трассу рядом. Разбивка поперечников в этом случае производится через 50 м вдоль оси пути на всей длине подходов; поперечники должны разбиваться также по задним граням устоев моста.

Длина поперечников устанавливается в зависимости от дальности выноса трассы, высоты проектируемой насыпи и должна быть достаточной для выполнения проектных работ по земляному полотну.

Обмер сооружения должен дать недостающие данные для решения вопроса о размещении постоянного сооружения (на новой трассе или на оси существующего пути). Исходя из этого, для деревянных мостов определяют путем шурфования или зондировки отметки заложения лежней или нижних венцов ряжей. По отметкам этих частей опор судят обычно о глубине котлована для опор постоянного сооружения. Сначала ст руки составляют эскиз сооружения, на котором затем проставляют все размеры, полученные в результате натурного обмера. По этим данным выполняют затем и сам чертеж в масштабе 1 : 50 или 1 : 100. Все размеры на эскизе должны быть выражены в сантиметрах, а отметки (абсолютные) в метрах с точностью до 1 см.

На эскизном чертеже сооружения красным карандашом отмечают дефекты опор и размывы русла.

§ 22. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ СЪЕМКИ

Камеральная обработка материалов съемки больных и подлежащих замене объектов железнодорожного пути имеет своей целью привести полевые материалы в такое состояние, которое необходимо для выполнения проектных работ. По результатам съемки больных объектов земляного полотна составляются следующие документы:

план в горизонталях в масштабе $1 : 2\ 000$ — $1 : 500$;

утрированный профиль с нанесением на него инженерно-геологических данных;

поперечные разрезы балластного слоя и земляного полотна по данным разведочных выработок и поикетного обследования балластного слоя в масштабе $1 : 200$ — $1 : 100$;

поперечные и продольные разрезы земляного полотна на участке больного места. Масштаб разрезов зависит от размеров больного места и может приниматься в пределах от $1 : 100$ до $1 : 500$. Для удобства подсчетов объема работ и потребности дренирующего материала масштабы разрезов принимаются одинаковыми для вертикальных и горизонтальных расстояний;

общая пояснительная записка с подробным описанием фактического состояния земляного полотна (геологического строения и характеристики грунтов) и проектируемых оздоровительных мероприятий.

Для разработки проектов замены временных искусственных сооружений постоянными составляются:

план местности, прилегающей к постоянному сооружению;

план бассейна;

план и профиль лога у сооружения и живые сечения водотока.

План местности, прилегающей к постоянному сооружению, вычерчивается в масштабе $1 : 2\ 000$ — $1 : 500$ (места расположения сооружения).

Сечение горизонталей при составлении плана принимается равным от 0,5 до 1,0 м.

План бассейна вычерчивается в масштабе $1 : 10\ 000$ или $1 : 25\ 000$, а план и профиль лога у сооружения отдельно в более крупном масштабе: план $1 : 500$ — $1 : 1\ 000$, а профиль лога — $1 : 1\ 000$ для горизонтальных расстояний и $1 : 100$ для вертикальных расстояний.

Живые сечения водотоков вычерчиваются в масштабах $1 : 100$ или $1 : 200$. На каждом живом сечении указывается горизонт межених вод (ГМВ) и расчетный горизонт высоких вод (ГВВ), сведения о которых получают обычно из данных мостовой книги дистанции пути или других достоверных источников. Для установления данных о ГВВ могут быть использованы также сведения, имеющиеся у работников дороги, или по рассказам местных старожилов. Показания этих лиц должны критически оцениваться и оформляться актами.

СЪЕМКА ПЛОЩАДЕЙ ПОД ЗАСТРОЙКУ СЛУЖЕБНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ И ЖИЛЫМИ ЗДАНИЯМИ

Для получения планов участков, предназначенных под застройку служебно-техническими и жилыми зданиями, применяются следующие виды наземных съемок:

- нивелирование площади по квадратам;
- нивелирование площади по поперечникам и тахеометрическая съемка.

Ниже рассмотрены подробно каждый из этих способов в отдельности.

§ 23. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ПО КВАДРАТАМ

При съемке небольших участков местности с равнинным рельефом удобно применять метод съемки плана и нивелирования по квадратам. Суть этого метода состоит в том, что на местности сначала разбивают сеть квадратов и ведут одновременно съемку плана. Затем производят геометрическое нивелирование точек, расположенных по вершинам углов квадратов. Размеры сторон квадратов устанавливаются от 10 до 40 м в зависимости от характера рельефа местности и масштаба съемки. Разбивку сети квадратов на местности начинают обычно с разбивки линии AB (рис. 62), расположенной на середине снимаемого участка. Длина линии AB в этом случае должна быть кратна длине сторон квадратов.

Часто линию AB разбивают параллельно оси главного пути. С этой целью в точках X_1, X_2, X_3 , расположенных на оси пути, отбивают перпендикуляры, на которых откладывают с помощью ленты или рулетки одинаковые расстояния до середины снимаемого участка. Полученные точки A, C, B должны лежать на прямой линии, определяющей исходное начало для разбивки сети квадратов.

Если, например, требуется разбить сеть квадратов в пределах площади, ограниченной точками O, M, B, N, F, A , то сначала разбивают с помощью эккера и ленты линии FAO и NBM . Затем промеряют стороны OM и FN , длины которых должны быть равны AB .

Для получения вершин квадратов внутри контура производят промер лентой сначала от крайних точек по сторонам OM и FN контура, затем от линии AB по направлению створов $1-1', 2-2'$,

и т. д. При этих промерах производится одновременно съемка ситуации, наносимой на абрис.

Вершины углов образовавшихся квадратов закрепляют сторожками, и на них указывают название линий, в пересечении которых находится данная точка. Правильность положения вершин квадратов внутри контура проверяют также контрольными измерениями в направлении, перпендикулярном к направлению створов

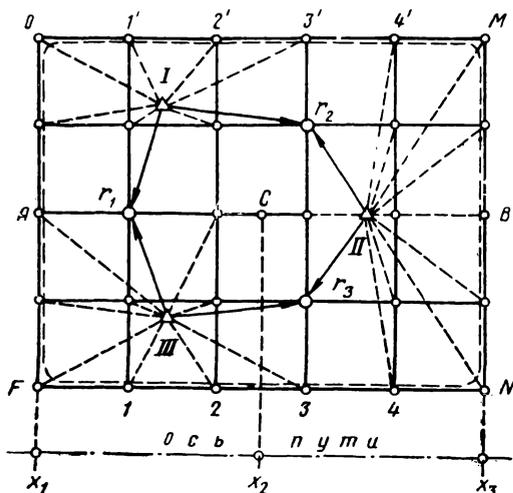


Рис. 62. Нивелирование площади по квадратам

($I-I'$ и т. д.), и по диагоналям квадратов.

Закончив таким образом разбивку сети квадратов, переходят к нивелированию площади. Существует два способа нивелирования площади: первый — с одной станции и второй — с нескольких станций. Первый способ применяется в том случае, если разность высот в пределах участка съемки не превышает 2,5—3 м и наибольшая длина сторон прямоугольного контура сети квадратов составляет не более 300 м.

При нивелировании с одной станции нивелир устанавливают в точке, расположенной примерно на середине снимаемого участка, и с помощью трубы нивелира производят отсчеты по рейке, устанавливаемой последовательно во всех точках сети квадратов.

Результаты отсчетов на рейке каждый раз записывают в журнал нивелирования (форма которого приведена в табл. 3) или непосредственно на схеме разбивки сети квадратов, составленной на бумаге. На этой же схеме сети квадратов указывают расположение подробностей ситуации в пределах снимаемой площади.

Чтобы легче было вести расчеты по определению отметок точек местности, отсчет на рейке, установленной, например, в точке А (см. рис. 62), записывают в графу «задние» связующей, а всех последующих точек — в графу «промежуточные».

Отметку точки А получают обычно путем привязки к ближайшему в районе съемки реперу или другому постоянному знаку государственного или ведомственного нивелирования.

Если с одной станции невозможно выполнить нивелирование площади, последнюю нивелируют с нескольких станций (I ; II , III), как указано на рис. 62. При этом расположение станций выбирается так, чтобы между связующими точками r_1 , r_2 и r_3 образо-

вался сомкнутый нивелирный ход. Обработка нивелировки в этом случае начинается с вычисления отметок связующих точек и их увязки. По увязанным отметкам вычисляется окончательное значение горизонта инструмента на каждой станции и производится подсчет отметок всех точек в пределах данной станции.

§ 24. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ПО ПОПЕРЕЧНИКАМ

Для съемки небольших по ширине участков местности применяют чаще всего метод нивелирования площади по поперечникам. В качестве основы съемки в этом случае служит магистраль, укладываемая посередине

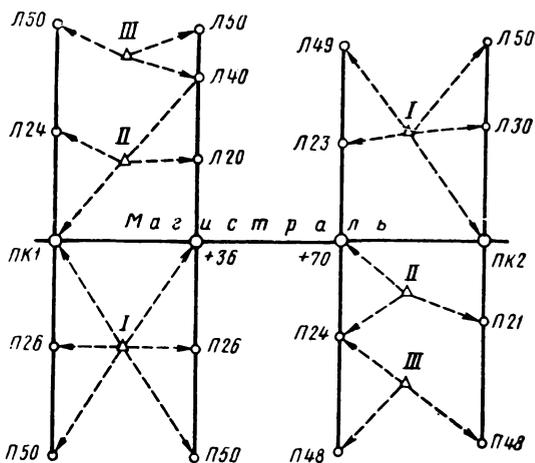


Рис. 63. Нивелирование площади по поперечникам

вдоль всей снимаемой полосы. Точки начала и конца магистрали привязывают в плане к пикетажу оси пути. Высотная привязка точек магистрали производится к реперу или марке ведомственного или государственного нивелирования. Чтобы получить отметки точек местности в направлении, перпендикулярном к магистрали, разбивают поперечники на всю ширину снимаемого участка. Частота расположения поперечников к магистрали зависит от рельефа местности и масштаба съемки плана. В равнинной местности с однообразным рельефом поперечники и характерные точки на них целесообразно назначать равномерно по всей площади с таким расчетом, чтобы расстояние между ними на плане заданного масштаба было не более 2 см. Опорные точки магистрали закрепляют так же, как и при разбивке сети квадратов, т. е. с помощью колышков, вбиваемых вровень с поверхностью земли, и сторожков. Точки поперечников закрепляют только сторожками, на которых указывается сторонность поперечника и удаление данной точки от магистрали (рис. 63). При разбивке поперечников ведут абрис, в котором указывают положение всех характерных точек по поперечникам, и одновременно с этим ведут плановую съемку и зарисовку ситуации местности.

Нивелирование точек поперечника может производиться также с одной или нескольких станций в зависимости от сложности рельефа. Если местность равнинная с колебанием отметок, не превышаю-

щим 2—3 м по крайним точкам поперечников, нивелирование последних ведется, как правило, с одной станции. При более сложном рельефе нивелирование точек поперечников ведется с нескольких станций, как указано на рис. 63. Результаты нивелирования оформляются в журнале как обычно.

§ 25. СЪЕМКА ПЛОЩАДОК ТАХЕОМЕТРОМ

Для съемки площадок со сравнительно сложным рельефом целесообразно использовать не нивелир, а теодолит-тахеометр.

В качестве основы съемки в этом случае служит сомкнутый теодолитный ход. Требования к теодолитному ходу в части точности линейных и угловых измерений в этом случае остаются те же, что и при создании основы для съемки полосы отвода.

При прокладке опорного теодолитного хода вершины углов поворота (опорные точки) хода следует располагать равномерно по всей площади с таким расчетом, чтобы точность съемки соответствовала точности масштаба плана.

Если обозначить всю площадь съемки через S , а площадь съемки с одной опорной точки (станции) через S_1 , необходимое число точек основы будет

$$n = \frac{S}{S_1}. \quad (\text{VI.1})$$

С учетом того, что съемки с соседних станций должны между собой перекрываться, величину S_1 можно определить по формуле

$$S_1 = 2,6 d_{\text{раб}}^2, \quad (\text{VI.2})$$

где $d_{\text{раб}}$ — рабочее расстояние от инструмента до рейки, определяемое по формуле [I.10].

Тогда, подставив значение S_1 в равенство (VI.1), получим

$$n = \frac{S}{2,6 d_{\text{раб}}^2}. \quad (\text{VI.3})$$

Чтобы можно было производить съемку рельефа с точек плановой основы, через них прокладывают сомкнутый нивелирный ход. Далее приступают к съемке подробностей рельефа и ситуации.

При съемке точек ситуации или рельефа тахеометром отсчеты наблюдений производят при одном положении вертикального круга (P или L) относительно трубы и записывают в журнал тахеометрической съемки (см. табл. 2) с одного верньера горизонтального и вертикального кругов. При измерении горизонтальных и вертикальных углов для создания высотной основы запись наблюдений производят с каждой станции в прямом и обратном направлениях при двух положениях вертикального круга относительно трубы. Величина вертикальных углов при подсчете горизонтальных расстояний d и пре-

вышений h для отдельных точек местности определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= P - MO; \\ \alpha &= MO - L \end{aligned} \right\} \quad (VI.4)$$

или

$$\alpha = \frac{P - L}{2}, \quad (VI.5)$$

где MO — место нуля вертикального круга;

P — отсчет по вертикальному кругу при положении его справа относительно трубы;

L — отсчет по вертикальному кругу при положении его слева относительно трубы.

Нумерация точек и станций при тахеометрической съемке указывается в журнале в той последовательности, как они назначаются в процессе работы. Вычисления в журнале горизонтальных расстояний, превышений и отметок рельефных точек могут производиться в поле, но они ни в коем случае не должны задерживать общий темп полевой работы.

§ 26. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ

При составлении планов по материалам съемки выполняются следующие виды работ: накладка на план опорной сети, а затем подробнейшей ситуации и точек рельефа; рисовка горизонталей и отделка плана.

Накладка на план опорной сети должна производиться только по координатам. С этой целью на листе бумаги предварительно вычерчивают координатную сетку со стороной квадрата 10 или 8 см.

При съемке рельефа методом геометрического нивелирования стороны квадратов координатной сетки принимаются в соответствии с размерами сторон квадратов, разбиваемых на местности в момент съемки.

Для вычерчивания координатной сетки применяются линейка Дробышева (ЛД-1), линейка ЛБЛ или штангенциркуль.

Указав положение осей и значение координат для каждой стороны квадрата, производят наладку опорных пунктов сети. Контролем правильности нанесения опорных пунктов на план служат измеренные в масштабе плана расстояния между опорными точками (длины сторон хода), которые были получены в процессе измерений в поле.

Способ накладки на план предметов ситуации и точек рельефа зависит прежде всего от способа съемки последних, так как при наладке повторяется схема измерений в поле. Накладка тахеометрической съемки описана в главе IV, § 18.

Отметки точек указываются на плане тахеометрической съемки с точностью 0,1 м, а на нивелирном плане — 0,01 м.

Обозначения предметов ситуации, нанесенных на план, должны строго соответствовать образцам условных знаков. Для нанесения ситуации и точек рельефа на нивелирный план пользуются абрисом и нивелировочным журналом, составленными в момент съемки

Рисовка горизонталей производится, как правило, после нанесения на план подробностей ситуации и отметок всех характерных точек местности. Имея отметки точек, положение горизонталей на плане определяют либо графически, либо на глаз.

Рассмотрим первый из этих способов. Пусть имеется план участка земной поверхности, на котором определены отметки точек a , b , c и d (рис. 64). Предположим также, что горизонтали на плане

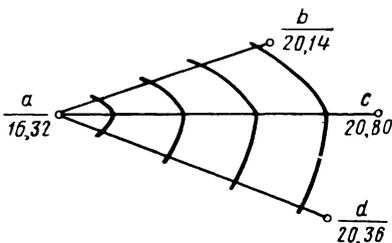


Рис. 64. Рисовка горизонталей

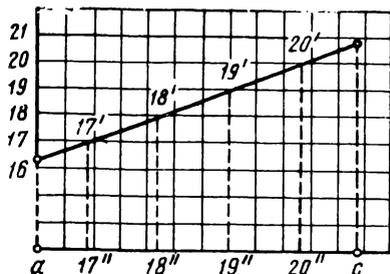


Рис. 65. Палетка (графический метод интерполяции)

должны быть проведены с целыми отметками через 1 м. Для определения положения точек пересечения горизонталей с направлением ската по ac перенесем отрезок ac на лист миллиметровой бумаги (рис. 65). В произвольном вертикальном масштабе отложим высоты точек a и c . Тогда получим профиль местности по линии ac . Проведя на этом профиле горизонтальные прямые на высоте 17, 18, 19 и 20, получим в пересечениях точки $17'$, $18'$, $19'$ и $20'$, отметки которых соответственно равны 17, 18, 19 и 20. Если из этих точек опустить перпендикуляры на линию ac , получим их горизонтальные проекции $17''$, $18''$, $19''$ и $20''$, через которые и пройдут на плане 17, 18, 19 и 20 горизонтали. Наметив на линии ac точки, через которые пройдут 17, 18, 19 и 20-я горизонтали, переходят к отрезкам ab и ad . Соединив одноименные точки плана на всех трех направлениях непрерывными кривыми, получим горизонтали. Рисуют горизонтали, как правило, на глаз.

Отделка плана состоит в обводке его тушью и оформлении надписей.

ГЛАВА VII

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 27. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ЗИМНИМ РЕЖИМОМ ВОДОТОКА

Для обеспечения устойчивости мостов и других сооружений на реках и водоемах, для правильности работы водоснабжения и ледяных переправ необходимо организовать наблюдения за состоянием и изменениями водного потока и водоема в зимнее и предвесеннее время.

Наблюдения зимнего режима начинаются с момента замерзания реки (с ледостава) и заканчиваются при начале ледохода. Зимой производят наблюдения: за толщиной льда, за полыньями (незамерзшими участками реки) выше железнодорожного сооружения и за образованием внутриводного и донного льда.

Наблюдения за толщиной льда производят в створе, выбранном выше сооружения (моста, плотины для водоснабжения, водоприемного сооружения, района проектируемой железнодорожной переправы по льду и т. п.). Ведут эти наблюдения у существующего моста, начиная за месяц до вскрытия реки и до подвижки льда, делая замеры раз в 3—5 дней; у водоприемных сооружений в очень холодные зимы толщину льда измеряют 2—3 раза в месяц, начиная с января и до подвижки льда; у железнодорожных ледяных переправ замеры начинают, когда толщина льда достигнет 5—7 см и до подвижки льда весной, при этом их делают до сооружения переправы через 3—5 дней, в течение эксплуатации переправы — раз в 10—15 дней и за месяц до вскрытия реки — раз в 5 дней.

Для замеров толщины льда применяется специальная ледомерная рейка, показанная на рис. 66. Рейка имеет укосину, чтобы толщину льда измерять ею не у края лунки, где происходит намерзание, а в некотором удалении от него. Нуль рейки наносится на уровне среза *A* укосины. С краев лунки нужно вморозить обрезки досок *B* так, чтобы их верх соответствовал верху льда. Отсчет толщины льда делается по низу поперечного бруска *C*.

Лунки обычно располагают в зависимости от ширины реки через 20—50 м поперек русла в сечении на 25 м выше моста или про-

ектируемой переправы. Лунки нумеруют и около них обязательно ставят ограждение.

В журнале наблюдений за ледяным покровом нужно также отмечать проталины у берегов реки, которые обычно имеют место по течению ниже расположения крупных промышленных предприятий с собственными тепловыми электростанциями или крупных ТЭЦ.

Для мостов, а также для устройств водоснабжения опасно соседство полыньи. На полыньях в сильные морозы образуется внут-

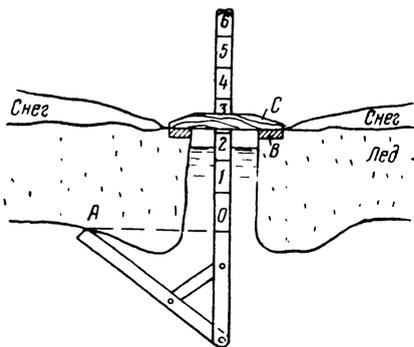


Рис. 66. Рейка для измерения толщины льда

риводный лед — шуга, который, попадая в водоприемные устройства, может забивать насосы и быть причиной аварий и прекращения подачи воды в сеть. Кроме того, он вызывает образование зажоров на реке (заполнение льдом части живого сечения) с возникающим при этом подъемом воды, выходом ее на поверхность льда и образованием наледей. Такой зажор может вызвать наводнение, а при прорыве представляет угрозу для устойчивости мостов и других сооружений.

Поэтому определяют положение полыньи относительно створа, следят за изменением ее размеров и выясняют причину образования.

Наличие шуги в воде обнаруживается взятием проб воды с различных глубин в пробитых во льду лунках.

§ 28. ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ЛЕДОХОДА И ЛЕДОСТАВА

Ледоход на замерзающих реках бывает осенний и весенний. При температуре воздуха ниже нуля осенью на поверхности воды сначала появляются кристаллики льда, которые, смерзаясь, образуют «сало». При снегопаде «сало», смешиваясь со снегом, превращается в так называемую снежуру. Одновременно в местах слабого течения, в заводях и у берегов начинает намерзать лед, образуя забереги, или припай. Плывущее «сало», снежура и обломки припая, всплывший донный лед, смерзаясь в льдины, создают сплошной ледоход. С дальнейшим понижением температуры эти льдины смерзаются и наступает ледостав. Поверхность такого льда обычно неровна и покрыта торосами. Между торосами образуется гладкий лед.

Моменты появления «сала», заберегов, осеннего ледохода и ледостава обычно фиксируют у каждого моста длиннее 50 м.

Весной вследствие таяния снега и подъема уровня воды в еще покрытой сплошным льдом реке нередко имеют место подвижки

льда. Эти подвижки, вследствие большой массы сплошного льда, очень опасны для сооружений в воде — опор мостов и др. Особенно большую опасность эти подвижки представляют для свайных опор и деревянных мостов. Поэтому до ледохода вокруг каждой речной опоры и вверх по течению на протяжении до 25 м необходимо прорубить во льду прорези.

При наблюдениях за льдом обязательно отмечают даты всех подвижек и их величины. Для этого выше моста в 25—50 м устанавливают по льду створ из вех, расставленных на расстоянии 50—100 м друг от друга. Створ закрепляют четырьмя вехами — по две вехи на каждом берегу. После каждой подвижки измеряют величину сдвига каждой вехи.

Во время ледохода отмечают начало и конец его, интенсивность по дням, скорость движения льдин и наибольший и средний размер их. Скорость v движения льдин определяется по времени t прохода льдиной пути l между двумя закрепленными выше моста створами

$$v = \frac{l}{t} \text{ м/сек.}$$

Длину l принимают равной 100—200 м, время прохода t наблюдают по секундной стрелке часов или секундомеру. Для этого наблюдатель с секундомером становится у верхнего створа и засекает момент прохода льдины через створ, подавая об этом сигнал другому наблюдателю у нижнего створа. Последний подает сигнал в момент прохода той же льдиной нижнего створа, а первый наблюдатель засекает время.

Размеры льдин определяют по длине — либо по времени прохода через створ, одновременно с определением скорости ее движения, либо на глаз, а по ширине — с моста, замечая на нем проекции обоих краев льдины при проходе. Для определения размеров льдин могут быть также использованы дальномеры. Интенсивность ледохода определяется по 10-балльной системе. Если в створе наблюдений льдины идут сплошь, то интенсивность считается в 10 баллов, а если в одиночку — то 1 балл; промежуточные случаи оцениваются баллом от 2 до 9.

При наблюдении ледохода необходимо отмечать места образования заторов льда, а также места навала его на берега и выяснять причину этих явлений.

§ 29. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ. СЪЕМКА ЖИВЫХ СЕЧЕНИЙ ВОДОТОКОВ

У всех мостов отверстием более 50 м необходимо организовать наблюдения за горизонтом воды. Для таких наблюдений устанавливают водомерные посты — речные или свайные.

Для установки речного водомерного поста необходимо прочно закрепить на каком-либо постоянном сооружении в русле реки рейку так, чтобы ее нуль был ниже горизонта низших вод сантиметров на 30, а длина допускала отсчет наивысшего горизонта воды. Для

установки такой рейки можно использовать устоя или один из быков моста (рис. 67). Иногда деления наносят несмываемой краской непосредственно на кладке устья или быка моста.

При ледоходе прикрепленная к быку рейка, а также краска на кладке сильно повреждаются и требуют возобновления.

Рейка обычно устанавливается к низовой стороне быка или устоя и в таком месте, чтобы она была доступна для производства по ней отсчетов с ферм. Надо иметь в виду, что при значительном стеснении русла реки опорами моста перед быком образуется местный подпор, который будет тем больше, чем выше уровень воды в реке. Поэтому показания рейки будут относительно уровня в реке несколько искажаться.

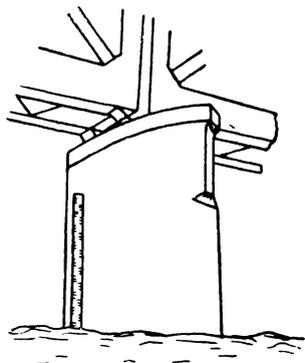


Рис. 67. Речный водомерный пост

Если трудно установить рейки на опорах или неудобно производить по ним наблюдения, то следует в сечении на 25 м выше моста ставить свайный водомерный пост, который устраивают следующим образом. В створе, перпендикулярном направлению русла реки, забивают на глубину ниже уровня промерзания грунта ряд свай диаметром 20—30 см. Сваи срезают горизонтально на 5—10 см выше земли. В центр среза забивают барочные гвозди длиной 15—

20 см с широкими шляпками. Эти сваи ставят на таком расстоянии друг от друга в зависимости от крутизны берега, чтобы разность отметок по высоте их составляла 0,80—0,95 м. Срез нижней сваи должен быть примерно на 0,3 м ниже низшего горизонта вод, а верхней сваи — на столько же выше наивысшего горизонта вод. На берегу вблизи створа ставят 1—2 постоянных репера (забетонированный рельс или марка в стене постоянного сооружения), которые привязывают к реперам государственной высотной основы и к реперам, в отметках которых составлен продольный профиль железной дороги.

Все установленные сваи поста нумеруют, начиная с верхней, и тщательно нивелируют дважды. По отметкам и расстояниям между сваями составляют продольный профиль поста по образцу, приведенному на рис. 68.

Для наблюдений уровня воды применяется переносная водомерная рейка, изображенная на рис. 69. Низ переносной рейки оковывается железом. При помощи такой рейки определяют, насколько уровень воды в момент наблюдения выше или ниже верхней ближайшей сваи. Зная номер сваи и ее отметку, можно определить отметку уровня воды.

Наблюдения за уровнем воды на водомерных постах производят во время промеров живых сечений, которые будут описаны ниже,

а также при паводках. Если уровень воды меняется медленно, то наблюдения за уровнем во время измерений живых сечений производят три раза в день: утром перед началом работ, днем в 13 ч и вечером при окончании работ. При паводке замеры производят каждые 3 ч.

Результаты наблюдений на водомерном песту записываются в специальном журнале, в котором указываются дата и время наблюдений, номер сваи и отсчет по переносной рейке.

Съемка живых сечений водотока для получения профиля русла реки производится у всех мостов отверстием более 50 м, а также у меньших мостов, если имеют место размыв дна русла

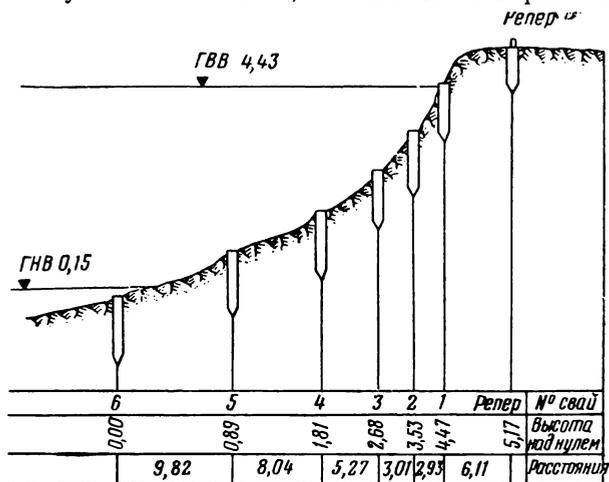


Рис. 68. Профиль свайного водомерного поста

и подмыв опор. Промеры живых сечений производят со льда зимой перед вскрытием реки, весной после спада весенних вод, а также в периоды паводков. Съемку делают обычно по трем створам: выше и ниже моста на расстоянии 25 м и под мостом. Створы выше и ниже моста закрепляют на обоих берегах сваями, забитыми по две штуки на каждом берегу. От центра одной из этих свай на каждом створе ведется всегда счет расстояний до точек промера глубин и эта точка носит название *п о с т о я н н о г о н а ч а л а*. Между этими точками прокладывается теодолитный ход, привязанный к мосту. Так как эти промеры делают периодически и результаты промеров сопоставляют для суждения о местах и степени размыва дна или образования отложений, то промерные точки должны быть постоянными, для чего их закрепляют на фермах моста (по узлам). Промер глубин живых сечений в створах, расположенных на 25 м выше и ниже оси моста, производят зимой непосредственно со льда через пробитые в нем лунки, а летом с лодки, которая идет в створе, обозначенном на обоих берегах реки. Места промеров на каж-

дом створе обозначаются либо створами на фермах моста заранее, либо определяются по узлам ферм или пролетам перил моста. Промеры в створе самого моста производят с моста или при большой высоте опор с лодки. Для измерения глубины воды применяются: при глубине воды до 4 м — наметка, а свыше 4 м — лот. В последнее время с большим успехом внедряются эхолоты¹. Наметка (рис. 70) представляет собой шесть диаметров 5—6 см, окованный внизу тяжелым в 5 кг башмаком и раскрашенный на дециметры. Эти дециметры занумерованы. Лот представляет собой чугунную или свинцовую гирию конической или пирамидальной формы с ушком на узком верхнем конце. Вес гири обычно около 5 кг. Гирия привязывается к пеньковому шнуру (лотлиню) хорошего плетения диаметром 6 мм. Смочив шнур в воде, его сначала вытягивают и размечают по длине, считая от низа гири, через 0,20 м. Эти подразделения шнура отмечают тряпочками различных цветов, а на целых метрах ставят бляхи из алюминия или кожи, вырезая на них зубцы, число которых соответствует расстоянию в метрах от гири.



Рис. 69.
Переносная
водомерная
рейка



Рис. 70.
Наметка

Для измерения глубин в лодке должны находиться мерщик и техник, ведущий записи. Техник, являясь старшим, следит за нахождением лодки в створе и подает сигнал при подходе к точке промера. Кроме того, в лодке должен быть минимум один гребец. При быстром течении нужно сажать двух гребцов и рулевого. Само измерение глубин с движущейся лодки совершается так: мерщик, стоя у края лодки, опускает у точки промера наметку, забрасывая ее несколько вперед по ходу; достав дно, он ловит момент, когда наметка займет в процессе движения лодки вертикальное положение и делает громко отсчет глубины, который записывается в особый журнал (табл. 14).

Измерения глубин с помощью лота ведутся примерно в том же порядке, т. е. мерщик забрасывает гирию вперед по ходу, натягивает лотлинь и делает отсчет по нему в момент, когда он занял отвесное положение. Нужно, однако, иметь в виду, что лотлинь выгибается течением, и полученную отсчетом глубину нужно уменьшать процентов на 8—10.

Результаты промеров используются для составления профиля (живого сечения) русла реки. Промеры глубин ведутся для

¹ Вендров С. Л. и др. Современная техника гидрографических изысканий. «Речной транспорт», 1957.

Форма журнала промеров глубин

Река км Дата
Техник

№ точек	Расстояние от начала	Глубина		Характер дна	Отметки		Примечание
		по наметке	в м		горизонта воды	дна	
1	15	0,0	0,0	Галька	137,16	137,16	Наметкой с лодки То же
2	24	16,4	1,64	То же	137,16	135,52	

установления величин размыва дна или толщины наносов, поэтому на профиль накладывают результаты по крайней мере двух, а иногда и трех последовательных (разных по времени) промеров. Масштаб такого профиля принимается обычно для горизонтальных расстояний в 1 : 2 000 или 1 : 5 000, а для глубин — в 1 : 100 или 1 : 200. На профиле схематически изображают также опоры моста и прокладывают отметки головки рельса, низа пролетных строений, верха опор, обреза фундамента и его подошвы.

§ 30. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ПОПЛАВКОВ

Скорость течения у сооружений на реке необходимо знать для составления проектов укрепления берегов и дна у сооружений, для суждения о возможной силе удара судов и плавающих в воде предметов при столкновении их с опорами моста, а также для расчета величины расхода воды.

Скорость течения можно определять при помощи поплавков. При этом применяются способы: по створам, засечкам на створы угломерным инструментом с берегов и односточный.

Для проведения работы нужно изготовить поплавки. Если они будут использоваться периодически, то нужно их изготовить 12 штук и после работы вылавливать. В этом случае их изготовляют в виде дисков толщиной 6 см, отпиленных от торца соснового бревна диаметром 25—30 см. В этих дисках выдалбливается сердцевина на $\frac{1}{3}$ диаметра (рис. 71), что уменьшает растрескивание их при хранении. Поплавки для лучшей их видимости на воде рекомендуются покрасить в ярко-красный цвет (суриком или кинноварью) и занумеровать черной или белой краской. Рекомендуется при промерах укреплять на них флажки.

Для единовременного использования поплавками могут служить также бутылки, заполненные примерно на $\frac{1}{3}$ водой или песком, за-

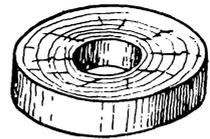


Рис. 71. Поплавок-кружок

крытые засмоленной пробкой. Иногда вместо пробки в горлышко бутылки плотно вставляется и смолится палочка длиной 10—15 см с прикрепленным к ней бумажным или ситцевым флажком яркого цвета. Таких поплавков нужно изготовить (с небольшим запасом) столько, на скольких струях будет определяться скорость. Если скорость определяется для расчета расхода воды, то число поплавков должно быть таким, чтобы охватить течение равномерно по ширине реки. Можно для выбора числа поплавков руководствоваться данными, приведенными в табл. 15.

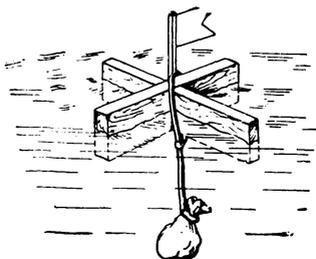


Рис. 72. Поплавок-крестовина

Т а б л и ц а 15
Число вертикалей к створу

Ширина реки в м	Число вертикалей
2 — 5	3
5 — 20	5
20 — 100	7
100 — 300	9
300 — 600	11
600 — 1 000	13
Более 1 000	15—17

Иногда поплавки изготовляют в виде врубленных ребром друг в друга накрест досок (рис. 72) толщиной 2,5—4 см и длиной 0,3—0,5 м. К ним прибавляют флажок и, чтобы их меньше относил ветром, привязывают на веревке ниже поплавок на 0,25 м кирпич, камень или мешок с песком весом до 10 кг.

При определении скоростей течения поплавками по створам поступают следующим образом: на реке поперек ее разбивают и закрепляют хорошо видимыми вехами два створа на расстоянии 50—100 м друг от друга. Выше верхнего створа на расстоянии 25—30 м разбивается еще третий — пусковой створ.

Для работы нужно иметь лодку или моторный катер на пусковом створе и еще дежурную лодку ниже створа, если поплавки будут вылавливаться. На верховой лодке нужно иметь гребца и рулевого. Лодка должна иметь якорь. В нее грузится запас поплавков. У каждого створа становится рабочий с флажком — махальщик, а между створами на видном со всех створов месте становится техник — руководитель работ с секундомером, флажком и журналом.

Лодка на пусковом створе выезжает на вертикаль и бросает якорь. По сигналу руководителя с нее сбрасывают поплавок, после чего лодка перемещается на следующую вертикаль. В момент прохода поплавком верхнего створа махальщик машет флагом, а руководитель отпускает стрелку секундомера. Махальщик нижнего створа таким же образом сообщает о проходе створа поплавком. Руководитель в этот момент останавливает стрелку секундомера, записывает показания его в журнал и подает сигнал о пуске следующего по-

плавка с новой вертикали. Процесс наблюдений, таким образом, повторяется до тех пор, пока не будут спущены поплавки по всей ширине реки. Вылавливание поплавков делают с нижней дежурной лодки.

Если нужно получить не только скорость, но и направление течения, то между створами на берегу устанавливают угломерный инструмент. Привязав его стоянку к начальным пунктам обоих створов, ориентируют инструмент по одной из точек начала створов и затем следят в трубу теодолита за поплавками и производят отсчеты по горизонтальному кругу в момент прохода верхнего и нижнего створов каждым поплавком по сигналам махальщиков. Эти отсчеты записывают в особый журнал.

Скорость течения равна

$$v = \frac{L}{t},$$

где L — расстояние между створами;

t — время прохода поплавка между ними.

Направление движения поплавка получают по плану, на котором показано положение точек пересечения створов поплавками на основе теодолитных засечек.

§ 31. ОДНОТОЧЕЧНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ПО ПОПЛАВКАМ

По этому способу в районе работ устанавливают водомерный пост и на нем ведут наблюдения. Место установки инструмента выбирают как можно выше над рекой и так, чтобы с этого пункта был бы хорошо виден участок реки в районе наблюдения скоростей. Затем тщательно определяют координаты точки стояния инструмента путем привязки к плановой основе или к пикетажу линии и ее отметку геометрическим нивелированием от репера водомерного поста. Далее выбирают пусковой створ и закрепляют его 4—2 вехами. На пункте наблюдения устанавливают тахеометрический теодолит, который ориентируют на какую-либо точку плановой основы или иной ориентир, положение которого точно известно, и измеряют его высоту i над точкой стояния. На пункте наблюдения нужно иметь секундомер и сигнальный флажок.

На пусковой створ выезжает лодка и устанавливается на первой вертикали. По сигналу (взмаху флажком) с пункта наблюдения с лодки пускают поплавок, после чего она перемещается на следующую вертикаль. Наблюдатель у теодолита все время держит в поле зрения трубы пущенный поплавок, направляя горизонтальную нить сетки трубы к поверхности воды перед поплавком. Через каждые одну или две минуты положение поплавка фиксируют отсчетами по горизонтальному и вертикальному кругам, при этом следят за тем, чтобы в момент отсчета по вертикальному кругу пузырек уровня на его алидаде стоял на середине. По наблюдениям водомерного

поста отметка уровня воды известна, поэтому из материалов наблюдений можно получить последовательное положение поплавка в моменты засечек и построить план линий хода поплавка. Если начертить план реки, пусковой створ и на нем точки расположения вертикалей, а затем нанести линии хода поплавка при пуске с каждой вертикали, то получится план струй. В самом деле, отсчет по горизонтальному кругу дает направление, в котором виден поплавок относительно линии ориентирования теодолита. По отсчету на вертикальном круге, зная заранее величину MO (места нуля), можно рассчитать угол наклона трубы, пользуясь формулами (VI.4) и (VI.5). Зная отметку точки стояния инструмента H_c , отметку

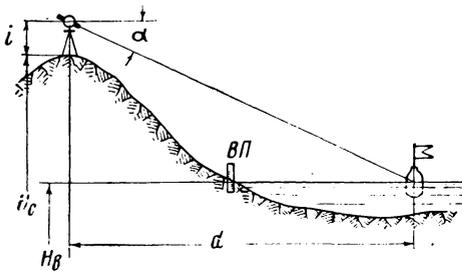


Рис. 73. Одноточечный способ

воды H_b и высоту установки инструмента i , расстояние d от инструмента до поплавка в момент засечки (рис. 73) можно определить по формуле

$$d = \frac{H_c - H_b + i}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Соединяя последовательно засеченные точки одного и того же поплавка, получают непрерывный путь его следования. Таким образом,

можно определить как направление движения поплавка, так и его скорости на отдельных участках. Скорость поплавка определяется путем деления длины пути между двумя последовательными засечками (взятой с плана по масштабу и выраженной в метрах) на число секунд между засечками. Можно также построить масштаб скоростей для данного плана в масштабе $1 : m$ и времени t между засечками, с помощью которого скорость отсчитывается непосредственно по расстоянию между двумя соседними точками. Основанием масштаба a , выраженным в $см$, будет длина пути в масштабе плана, проходимая поплавком за время t при скорости поплавка $v_0 = 1 м/сек$. Этот путь пропорционален скорости v_0 . Если поплавок в течение времени t прошел со скоростью v путь длиной на плане $l см$, то можно написать пропорцию:

$$a : l = v_0 : v, \text{ или } a = l \frac{v_0}{v}.$$

Так как $v_0 = 1 м/сек$, то $a = l : v$. С другой стороны, $l = vt$. Но так как l выражена в $см$ и, учитывая масштаб, вместо l надо написать:

$$\frac{lm}{100}, \text{ или } l = \frac{vt \cdot 100}{m};$$

тогда основание масштаба a в $см$ будет равно

$$a = \frac{vt \cdot 100}{vm} = \frac{100t}{m} \text{ см.}$$

Например, при $1:m = 1:5\,000$, $t = 120$ сек основание масштаба, выражающего скорость в 1 м/сек, будет равно

$$a = \frac{100 \cdot 120}{5\,000} = 2,4 \text{ см.}$$

Построив на таком основании масштаб скоростей, можно эти последние определять, измеряя по этому построенному масштабу расстояние между последовательными засечками поплавка.

Для засечек и определения угла наклона α вместо теодолита может быть с успехом применена мензула с кипрегелем. На планшете, на котором нанесены и занумерованы засечки, можно в процессе камеральной обработки построить план струй. Если делать засечки с интервалом в 2 мин, то можно успеть нанести положение поплавка в момент засечек тут же в поле, если известны данные водомерных наблюдений и уровень воды в реке изменяется очень медленно.

Если наблюдения ведутся на реке, имеющей большой уклон зеркала воды и с одной точки стояния инструмента охватывается по реке большое протяжение, то нужно определить уклон зеркала воды в реке и ввести в показания водомерного поста для удаленных от него точек соответствующие поправки. Эти поправки вводятся в расчетные расстояния в процессе камеральной обработки полевых данных.

Определение скорости при помощи поплавков любым способом требует безветренной погоды, в чем заключается их недостаток.

§ 32. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ВЕРТУШЕК

Для измерения скоростей течения не только на поверхности, но и на глубине в любой точке живого сечения русла применяется особый прибор — вертушка (рис. 74). Вертушка состоит из трех основных частей: лопастей A , корпуса B и хвостовой части C .

Прибор погружается в воду, самоустанавливается с помощью хвостовой части лопастями против течения. Лопастки при этом под напором текущей воды начинают вращаться. Особый счетчик, установленный в корпусе вертушки, замыкает ток в электрической цепи, в которую включен звонок, через определенное число оборотов. Наблюдая по секундомеру промежутков времени между двумя сигналами, можно установить скорость течения воды, поскольку между числом оборотов вертушки и этой скоростью есть зависимость. Эта зависимость устанавливается опытом заранее в специальных гидравлических лабораториях, что называется тарировкой прибора. При малой скорости v течения воды зависимость

между нею и числом оборотов вертушки имеет сложное выражение вида

$$v = an + \sqrt{bn^2 + c}.$$

При скоростях, превышающих обычно 1,0—1,5 м/сек, эта зависимость становится более простой: $v = dn$. В некоторых современных советских вертушках (ИВХ) удалось получить такую легкость хода, что скорость течения воды и при малой величине ее определяется также из последнего выражения.

При тарировке определяются коэффициенты a , b , c и d и к вертушке прилагается сертификат, в котором приводятся вышеуказанные зависимости и дается график этой зависимости. Иногда вместо графика дается таблица скоростей течения в зависимости от числа оборотов.

В СССР сейчас производство вертушек налажено при многих институтах, занимающихся вопросами гидрометрии. Наиболее известны у нас вертушки лаборатории гидросиловых установок (ЛАГУ) при Институте водного хозяйства в Москве, вертушка Жестовского и др.

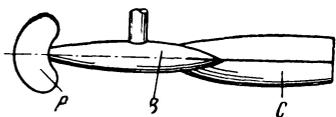


Рис. 74. Схема вертушки

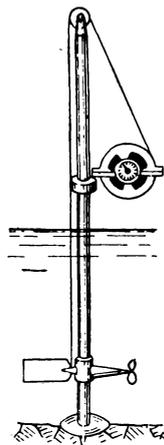


Рис. 75. Упорная штанга со счетчиком глубин

Для наблюдений за скоростями течения при помощи вертушки, кроме самой вертушки, нужно и иное оборудование. При глубинах воды в реке, не превышающих 4—5 м, вертушка опускается на определенную глубину при помощи размеченной на дециметры штанги. Вертушка прикрепляется либо к концу штанги и с ней опускается до нужной глубины, либо штанга (упорная) ставится на дно реки, а вертушка перемещается по ней и закрепляется на нужной глубине. В последнем случае вертушка поднимается и опускается тросом с помощью специальной лебедки, снабженной счетчиком глубин (рис. 75).

Если глубина воды большая, то вертушка подвешивается к тросу, который натягивается грузом обтекаемой формы (рис. 76).

В последнее время вертушку устанавливают часто на самом грузе, что позволяет ставить ее ближе ко дну реки.

Для установки вертушки в любой точке живого сечения реки строят на козлах временный помост или работают с лодки или плота. Оба эти способа применимы при малой глубине реки и скорости

течения воды до 1 м/сек. При большой глубине реки применяется гидрометрический помост, который настилается между двумя одинаковыми взаимно жестко связанными лодками (рис. 77).

При работе с вертушкой на больших реках пользуются моторными катерами, которые в момент наблюдений устанавливаются на якорь. На горных реках с быстрым течением измерения вертушкой проводят с люльки, перемещающейся над рекой по стальному тросу. Такую люльку также удобно подвесить к фермам существующего моста.

Чтобы получить среднюю скорость течения реки в данном живом сечении, необходимо определять скорости в различных местах по ширине русла и на различной глубине. Отвесная линия, идущая

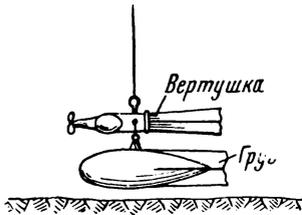


Рис. 76. Вертушка на тросе с грузом

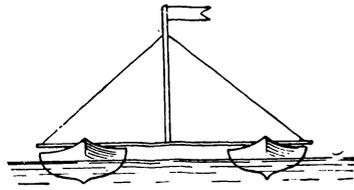


Рис. 77. Гидрометрический помост

от поверхности воды ко дну реки в точке наблюдения на створе, называется вертикалью. Таких вертикалей назначают от 3 до 17 (см. табл. 15) в зависимости от ширины реки; число вертикалей принято назначать нечетным.

Опытами установлено, что средняя скорость течения по вертикали определяется точнее всего, если измерять скорости в пяти точках вертикали (пятьточечный способ): у поверхности воды и на глубинах на $0,2h$, $0,6h$, $0,8h$ и у дна, где h — глубина воды на данной вертикали. Если глубина воды не превосходит 1,5 м, применяют трехточечный способ, измеряя скорости у поверхности на глубине $0,6h$ и у дна, и, наконец, при глубине менее 1 м скорость измеряют одноточечно на глубине $0,6h$.

Наблюдения производятся в такой последовательности: измеряют дважды глубину воды на вертикали; по средней величине производят вычисления глубин установки вертушки; устанавливают вертушку на расчетных глубинах. У поверхности воды вертушка устанавливается так, чтобы были покрыты водой только ее лопасти. Обычно на каждой точке вертикали снимают несколько показаний вертушки (6—8), т. е. засекают по секундомеру 7—9 звонков. Это делается потому, что скорость движения воды в любой точке живого сечения при данном уровне воды непостоянна вследствие явлений пульсации. Опытами установлено, что скорость течения воды в данной точке может колебаться до 50% и более и что она более

неравномерна у дна и берегов. Покончив с наблюдениями скоростей в одной точке, переставляют вертушку на следующую расчетную глубину и производят на ней цикл наблюдений. При установке вертушки у дна необходимо, чтобы ее лопасти были от дна на расстоянии 5—10 см, а при подвеске к тросу, когда под вертушкой располагается груз, ее приходится ставить на расстоянии 0,35 м от дна.

Записи наблюдений производят в особом журнале по форме, указанной в табл. 16.

Таблица 16

Форма журнала и пример записи при определении скоростей течения вертушкой

Створ Вертикаль № в расстоянии м от постоянного начала. Глубина 1,72 м

Расположение точек	У поверхности			0,2h			0,6h
	0,10			0,34			1,02
Порядковый номер отсчета	Число оборотов вертушки	Показания секундомера	Продолжительность в сек	Число оборотов вертушки	Показания секундомера	Продолжительность в сек	Число оборотов
	1		0			0	
2	25		22	25	20	20	25
3	25	45	23	25	41	21	25
4	25	68	23	25			11

Зимой определение скоростей вертушкой производится со льда, через пробитые во льду лунки. Чтобы вертушка не обмерзала, необходимо наблюдения делать из поставленной на полозья будки с люком в полу. В будке с помощью примуса согревается в баке вода, в которую при необходимости опускается вертушка для ее обогрева. Будку делают из фанеры и обивают внутри картоном или войлоком. Так как зимой подо льдом скорости течения по вертикали распределяются иначе, чем летом, то вместо пяти точек берут шесть, добавляя еще одну точку на глубине 0,4 h. В целях безопасности для населения и скота все лунки должны иметь ограждение.

§ 33. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ВОДОТОКА

Вычисление расхода воды можно производить на основе определения скоростей течения поплавками или вертушкой. Определение расхода воды по скоростям, установленным при помощи поплавков, показано на графике рис. 78; график вычерчивается на

миллиметровой бумаге. Сначала наносится линия горизонта воды с показанием отметки ее при наблюдениях, а ниже ее по вертикали откладывается масштаб глубин. Еще ниже наносится сетка из шести горизонтальных граф, в которую в первые три графы сверху вписывают данные по промеру реки. По этим данным строят живое сечение русла непосредственно под линией горизонта воды. Для за-

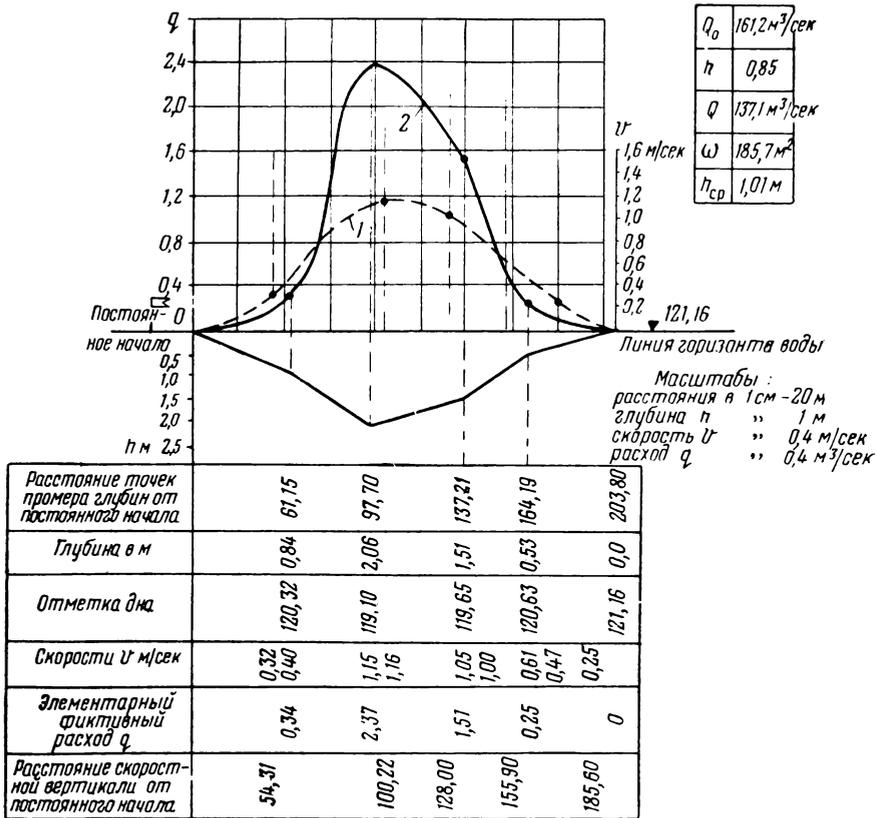


Рис. 78. График определения расхода воды по скорости поплавков:
1 — кривая скоростей; 2 — кривая расхода

полнения последующих граф берут план струй (хода поплавков) и на нем в месте промера живого сечения наносят створ. Затем по масштабу определяют положение точек пересечения струй с этим створом, расстояния до них от постоянного начала и заполняют нижнюю, шестую графу. Если через одну и ту же точку створа проходит несколько поплавков или они проходят близко друг к другу, то отмечают положение среднего поплавка, а скорость его принимают равной средней из скоростей всей группы поплавков. Пользуясь масштабом скоростей течения, построенным на плане струй,

определяют скорости течения на поверхности и их вписывают в графу 4. По данным граф 6 и 4 над линией горизонта воды строят кривую скоростей. Так как точки пересечения створа поплавками обычно не совпадают с точками измерения глубин, то против последних скорости течения находят по кривой скоростей и выписывают в графу 4. Элементарные расходы в графе 5 вычисляют путем перемножения глубин из графы 2 на соответствующие скорости из графы 4. По данным графы 5 строят над линией горизонта воды на графике эпюру расходов q . Если теперь определить площадь эпюры расходов, что чаще всего делается планиметром, то получим так называемый Φ и к т и в н ы й расход воды. Этот фиктивный расход несколько больше, чем действительный расход воды при данном горизонте, так как в основу определения расхода положены скорости течения воды на поверхности, которые больше средних скоростей на вертикали. Поэтому действительный расход Q равен фиктивному Q_{Φ} , умноженному на коэффициент уменьшения η , который колеблется обычно в пределах 0,85—0,90.

Наверху графика выписывают название реки, место наблюдений, дату, а сбоку в таблице помещают данные о средней глубине

$$h_{\text{ср}} = \frac{\Omega}{B},$$

где Ω — площадь живого сечения;

B — ширина русла по зеркалу воды.

Там же выписывают фиктивный и действительный расходы, коэффициент уменьшения. Внизу графика указывают масштабы профиля живого сечения, скоростей и элементарных расходов.

Расход воды по скоростям, установленным при помощи вертушки, можно определить аналитическим и графомеханическим способами.

Аналитический способ прост, но недостаточно точен. Сначала для каждой вертикали подсчитывается средняя скорость по формуле

$$v_{\text{ср}} = 0,1 (v_{\text{пов}} + 3v_{0,2h} + 3v_{0,6h} + 2v_{0,8h} + v_{\text{дна}}),$$

где $v_{\text{пов}}$, $v_{0,2h}$ и т. д. — скорости воды у поверхности и на определенной глубине. Затем вычисляют расстояния между вертикалями $b_i = b_1, b_2$ и т. д., причем b_1 — расстояние от уреза воды до первой вертикали, b_2 — расстояние между первой и второй вертикалями и т. д. Частные расходы воды между отдельными вертикалями подсчитывают по формулам:

для береговых участков

$$q_1 = \frac{v_1}{2} \cdot \frac{h_1}{2} b_1;$$

для остальных участков

$$q_i = \frac{v_{i-1} + v_i}{2} \cdot \frac{h_{i-1} + h_i}{2} b_i,$$

где v_1 и h_1 — средняя скорость и глубина воды по первой (последней) вертикали;

v_i и h_i — средние скорости и глубины воды на остальных вертикалях.

Расход воды в реке при данном уровне воды равен

$$Q = \sum q_i$$

Графомеханический способ более точен, но он сложнее. Расчет ведется на чертеже, показанном на рис. 79. На чер-

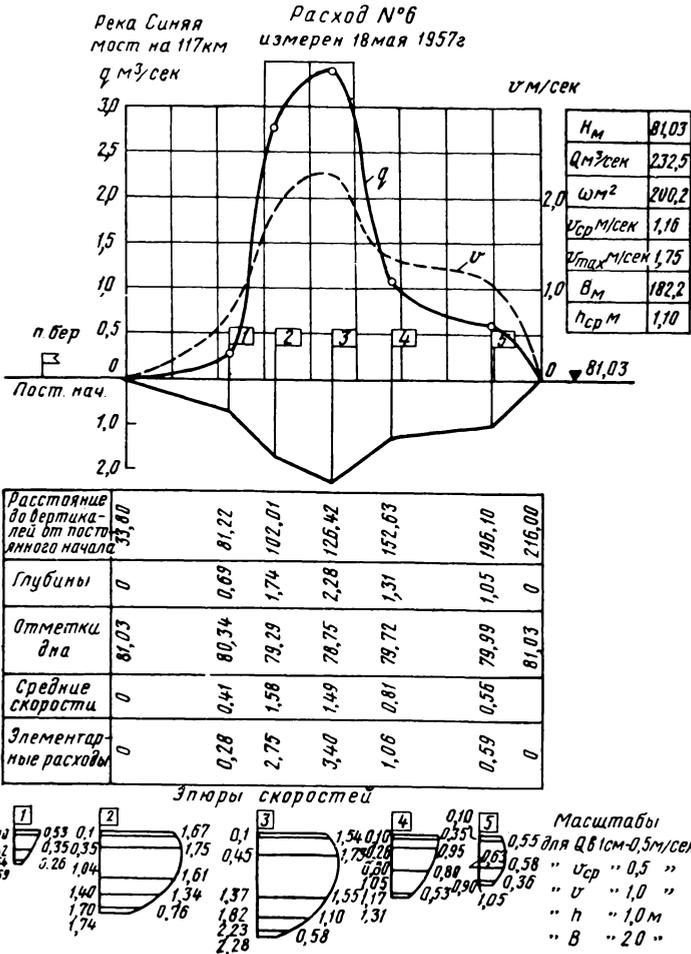


Рис. 79. Определение расхода воды графомеханическим способом

теже строится сетка из пяти граф, в которую записывают числовые данные, полученные промерами или в процессе расчета. Задаваясь масштабами глубин (обычно в 10 раз крупнее масштаба расстояний),

строят над сеткой живое сечение реки. Под сеткой строят эпюры скоростей по каждой вертикали. Для этого отрезком прямой изображают глубину на вертикали в том же масштабе, что и для живого сечения, и перпендикулярно к ней на глубинах, соответствующих промерам, откладывают отрезками прямых скорости течения, задавши их масштабом. Концы отложенных в масштабе скоростей отрезков соединяют плавной линией. Сверху проводят линию горизонта воды, а снизу — дна. По левую сторону у каждой точки определения скоростей указывают глубину погружения вертушки, а справа — величину скорости в м/сек.

Средняя скорость по вертикали получится от деления площади эпюры на глубину. Эти средние скорости выписываются в соответствующую графу сетки чертежа и по ним над живым сечением реки от горизонта воды строится кривая средних скоростей.

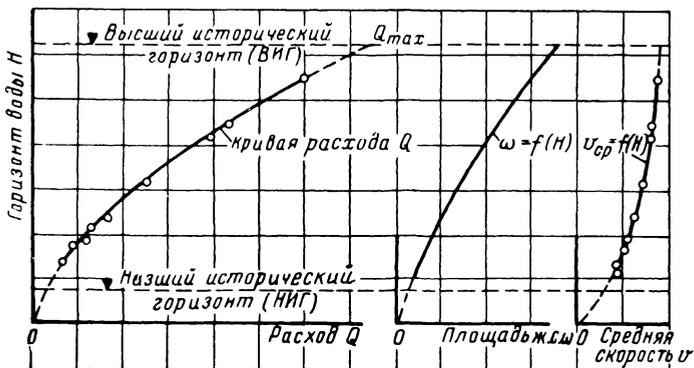


Рис. 80. Кривая расходов

После этого подсчитывают элементарные расходы на каждой вертикали и по ним строят кривую элементарных расходов q . Площадь, ограниченная кривой элементарных расходов и линией горизонта воды, дает нам величину расхода. Вследствие широкого использования планиметра при описанном расчете расхода этот способ получил название графомеханического.

Если для данного створа реки найдено несколько расходов, определенных при различных уровнях воды, то можно построить кривые изменения расходов и средних скоростей воды в зависимости от уровней. С помощью кривой расходов можно установить наибольший ожидаемый расход воды в реке в данном сечении, если известен наивысший исторический горизонт воды. Этот горизонт устанавливается перед проектированием моста и обычно для существующего моста известен, так же как известен исторически наинизший горизонт. Эти горизонты — наивысший и наинизший — могут повторяться через 50—300 лет.

Чтобы определить расход для исторически наивысшего горизонта воды, необходимо, чтобы кривая расходов была построена по точкам натуральных наблюдений и охватывала около 70—75% возможных колебаний уровней. В этом случае можно кривую расходов экстраполировать, т. е. продолжить за точки натуральных наблюдений. Графическая экстраполяция непосредственно кривой расхода дает недостаточно точные результаты. Лучше эту экстраполяцию делать, пользуясь кривыми средних скоростей $v_{\text{ср}}$ и живых сечений ω (рис. 80).

Кривую живых сечений для любых уровней можно получить, сняв поперечное сечение русла реки по обоим берегам данного створа до уровня исторически наивысшего горизонта и выше. Кривую средних скоростей легче экстраполировать, так как при высоких горизонтах воды она почти прямолинейна. Расход для наивысшего горизонта (так же как и для любого другого) определяется по формуле

$$Q_i = \omega_i v_i.$$

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

§ 34. СЪЕМКА ВОДОХРАНИЛИЩ

Для водоснабжения станций, расположенных в относительно маловодных районах, приходится нередко устраивать водозабор на малых водотоках. Чтобы получить необходимый запас воды, эти водотоки перегораживают плотинами. Создаваемое при этом водохранилище должно обладать определенным запасом емкости, так как при весенних и ливневых паводках в нем оседает ил и емкость его постепенно уменьшается. Поэтому через определенные промежутки времени, в зависимости от интенсивности заиливания, необходимо производить съемку водохранилища для проверки его емкости и установления объема ила, подлежащего удалению.

Для съемки водохранилища работы организуют в зависимости от местных условий. Если водохранилище имеет открытые и доступные со всех сторон берега, то работы ведут следующим образом: вдоль водохранилища по одному из его берегов, предпочтительно перпендикулярно к оси плотины, разбивают магистральный ход, желательно прямолинейный. Через равные расстояния, обычно через 20 м, от этой магистрали в сторону водохранилища разбивают поперечники, которые закрепляют по крайней мере двумя вехами на одном берегу, если водохранилище имеет ширину не более 200—300 м, или четырьмя вехами — по две на каждом берегу — при большей ширине. Каждая пара вех, образуя створ, должна быть хорошо видна с любой по створу точки зеркала водохранилища. Чтобы обеспечить промеры глубин русла через равные промежутки, можно такие же створы разбить на плотине и на противоположном ей конце водохранилища. Если водохранилище извилистое или расположено в закрытой местности (берега его заросли лесом или кустарником), то для прокладки магистрали необходимо прорубать просеку, а магистраль может оказаться ломаной. В этом случае створы разбивают только от магистрали, чаще всего к ней перпендикулярно. Порядок производства работ по измерению глубин также будет иной, чем в открытой местности.

Перед началом промера глубин желательно поставить в районе водохранилища репер и нивелировкой передать на него отметку

с ближайшей станции. Затем вблизи репера у уреза воды забивают вровень с поверхностью ее кол и определяют его отметку. Если промеры глубин в один день закончить нельзя, а уровень воды в водохранилище меняется, то нужно забить в воду у берега свайку, к ней прибить отрезок рейки с сантиметровыми делениями и определить отметку нуля ее по привязке к реперу. По этой рейке записывается отсчет в каждый день промеров в начале работы и в конце работы. По этим данным можно по интерполяции определить уровень воды при измерениях глубин на отдельных створах.

Промеры глубин ведут с лодки или плота. На них садятся три-четыре человека (техник и двое-трое рабочих). В открытой местности техник следит за тем, чтобы промер глубин производился в момент прохода лодки через точку пересечения двух створов, и производит запись их, один рабочий направляет лодку по поперечному створу, ориентируясь по выставленным на берегах вехам, другой — гребет. В тихую погоду управлять лодкой может один рабочий. Для промеров применяется *н а м е т к а* (шест) диаметром около 6 см (см. рис. 70). Учитывая, что в водохранилищах во многих местах дно заилено, наметка должна иметь внизу уширение в виде деревянного кружка диаметром 10—12 см или фланца от трубы.

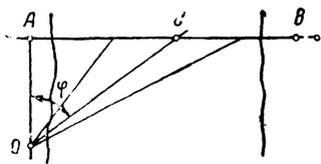


Рис. 81. Засечки на точки промера

Если водохранилище извилистое и продольные створы отсутствуют, то точки промеров на поперечном створе определяют засечками с одного или с двух берегов. Точки для установки теодолита выбирают так, чтобы углы пересечения линии визирования со створом были не меньше 30° . Чтобы проще было вычислить расстояние AC (рис. 81), точка O стояния инструмента выбирается на линии OA , перпендикулярной к линии створа AB , и на расстоянии от створа не менее половины длины створа. Тогда расстояние $AC = OA \operatorname{tg} \varphi$, где φ — угол между базисом OA и направлением визирования OC . Чтобы получить положение точек промера равномернее, эти промеры производят с лодки через одинаковое число гребков веслами. В момент промера глубины подается сигнал об отсчете угла стоящему у теодолита технику, не выпускающему лодку из поля зрения трубы.

В закрытой местности разбивают только створы поперек водохранилища. Обычно в этом случае трудно производить засечки теодолитом и положение точек промера на створе определяют по дальномеру. Для этого на берегу, в точке пересечения магистральной и створа, устанавливают теодолит-тахеометр и ориентируют по створу. На лодке или плоту, с которых производят промер глубин, укрепляют отвесно дальномерную рейку, обращенную к теодолиту делениями. По этой рейке производится отсчет по дальномеру по сигналу с лодки в момент промера глубины. Если ширина водохранилища

свыше 300 м, то отсчеты по дальномеру можно производить двумя теодолитами, установленными на противоположных берегах. На лодке устанавливают в этом случае двустороннюю рейку или две односторонние. Моменты промера глубин назначает техник по числу гребков веслами, как при засечках.

После окончания промеров, зная отметку горизонта воды при промере, находят отметки дна в каждой точке промера. После этого составляют план водохранилища в масштабе 1 : 2 000 — 1 : 500 (рис. 82). На этот план наносят точки всех промеров и выписывают их отметки. По этим отметкам проводят горизонтали через 1,0 или 0,5 м, а также наносят линию уреза воды.

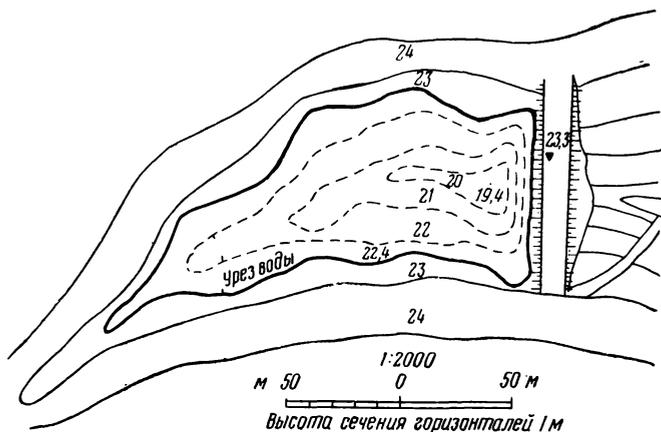


Рис. 82. План водохранилища

По такому плану в горизонталях можно определить объем воды в водохранилище. Для этого определяют с помощью планиметра (или иным способом) площади по урезу воды и внутри каждой горизонтали ниже уреза. Объем водохранилища получается как сумма объемов слоев воды между соседними горизонталями. Объем каждого слоя можно найти с достаточной для данной цели точностью по формуле

$$Q = \frac{S_n + S_{n+1}}{2} h, \quad (\text{VIII.1})$$

где S_n и S_{n+1} — площади внутри двух соседних по высоте горизонталей;

h — разность высот между ними или высота сечения горизонталей.

Несколько точнее объем воды между двумя соседними горизонталями можно вычислить по формуле

$$Q = \frac{h}{3} (S_n + \sqrt{S_n S_{n+1}} + S_{n+1}). \quad (\text{VIII.2})$$

Объем части водохранилища между плоскостью самой нижней горизонтали в нем и самой низшей точкой дна можно выразить формулой

$$Q_n = S_n \frac{1}{2} h_n, \quad (\text{VIII.3})$$

где S_n — площадь внутри нижней горизонтали,
 h_n — разность отметок нижней горизонтали и низшей точки дна.

Общий объем водохранилища будет равен

$$Q_b = \sum Q + Q_n. \quad (\text{VIII.4})$$

Пример. Для показанного на рис. 82 водохранилища вычислить объем при наивысшей допустимой отметке уреза воды 22,4 м и низшей отметке дна 19,4 м.

Объем воды между соседними горизонталями рассчитываем по первому способу (формула VIII.1) и сводим весь расчет в табл. 17.

Таблица 17

Подсчет объема водохранилища

№ по пор.	Отметки горизонталей	Площади S_n	$S_n + S_{n+1}$	h_n	$Q_{м^3}$
1	22,4	10 240	16 480	0,4	3 296
2	22,0	6 240	8 648	1,0	4 324
3	21,0	2 480	2 955	1,0	1 478
4	20,0	547	547	0,6	164
5	19,4	0	—	—	—
					$Q_b = 9 262 \text{ м}^3$

Имея объем водохранилища, можно его сопоставить с потребной емкостью. Если он недостаточен, то проектируется расчистка. Проектируемое углубление водоема наносится на поперечники (живые сечения водоема), составленные по данным промеров глубин, или на план водоема в виде проектных горизонталей.

Объем подлежащего извлечению грунта исчисляется в первом случае по поперечникам.

На участке между соседними поперечниками объем извлекаемого грунта определяется по формуле

$$Q_i = (S_n + S_{n+1}) \frac{l}{2},$$

где S_n и S_{n+1} — площади проектируемого углубления на двух соседних поперечниках;

l — расстояние между ними.

Общий объем извлекаемого грунта равен сумме частных объемов

$$Q = \sum Q_i.$$

Во втором случае, когда назначены на плане проектные горизонтали, находят указанным выше способом объем водохранилища, когда проект будет осуществлен, и вычитают из него существующий объем. Эта разность и составляет проектируемый объем работ.

§ 35. ПРОВЕРКА ПРОФИЛЯ НАПОРНОЙ И РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Водопровод на железнодорожной станции обычно состоит из следующих отдельных, но взаимно связанных сооружений (рис. 83): водоприемных устройств, всасывающей трубы, насосной станции, напорного трубопровода, водонапорной башни или наземных напорных резервуаров и разводящей сети. Ниже описаны геодезические работы по проверке плана и продольного профиля устройств водоснабжения, необходимого для расчета мощности насосов и возможной интенсивности подачи воды в отдельные точки разводящей сети.

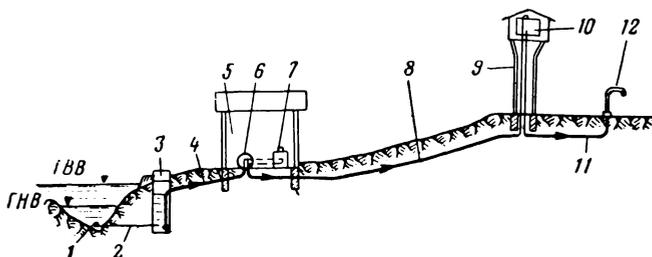


Рис. 83. Схема комплекса сооружений водоснабжения:
 1 — оголовок водоприемника; 2 — самотечная линия; 3 — береговой приемный колодец; 4 — всасывающие трубы; 5 — здание насосной станции; 6 — насосы; 7 — двигатели; 8 — напорные трубопроводы; 9 — водонапорная башня; 10 — бак водонапорной башни; 11 — разводящая сеть; 12 — гидроколонка

Съемки для составления продольного профиля и плана водопроводной сети должны установить:

расположение на местности в плане всех водопроводных устройств;

положение каждого водопроводного колодца, размеры, из какого материала сделан и техническое состояние его;

взаимное размещение устройств водопроводной сети в каждом колодце и диаметры сходящихся в нем труб;

отметки поверхности земли по трассе водопроводной сети, каждого колодца и труб в нем.

Для съемочных работ прежде всего нужно создать плановую и высотную основу. Реперы устанавливают у водоподъемных сооружений, у водонапорной башни и по трассам напорной и разводящей сети не реже чем через 1 км. Реперы в пределах железнодорожной станции располагаются на капитальных, давно построенных зданиях, а вне застройки — на специально установленных столбах, закопанных в землю ниже глубины промерзания грунта. Эти стол-

бы могут быть деревянными или из рельсовых рубок, отделанных согласно рис. 53. В дальнейшем кольца крышек колодцев могут служить также реперами.

В плане съёмочные работы по проверке профиля водопровода должны быть привязаны к опорной сети по съёмке станций (см. главу IV) или полосы отвода (см. главу II), или при отсутствии таковых к двум постоянным сооружениям на станции. Какой-либо специальной плановой основы для съёмочных ходов создавать не нужно.

Работы начинаются с отыскания в архивах дороги чертежей и документов, относящихся к строительству и реконструкции водопровода или к предыдущей проверке сети. Если этих данных недостаточно, производится опрос сведущих лиц и тщательный осмотр мест расположения сети.

Напорная линия обычно имеет кратчайшее направление между водоподъёмным зданием (насосной станцией) и водонапорной башней и определяется по расположенным на ней колодцам с вантузами, выпусками и задвижками для переключений. Если на этой линии имеются углы поворота между колодцами, то их можно найти на пересечении двух линий, определяемых направлением колодцев на прямых участках. При отсутствии колодцев положение водовода находят с помощью шурфов. Однако на практике к этому прибегать приходится редко, так как на незастроенной местности трасса водонапорной линии часто легко устанавливается по валу земли над трубопроводом.

Разводящая сеть, проложенная в пределах путевого развития станции и по поселку, обычно на поверхности земли может быть опознана только по расположению колодцев. Нужно эти колодцы открыть и установить направление проходящих через них трубопроводов.

Расположение вводов в дома или служебные здания находят по их внутренней водопроводной сети. Положение наружных пожарных гидрантов опознается по специальным колодцам или по расположению металлических кожухов с крышками над ключом гидранта.

Геодезические работы начинают с двукратной (туда и обратно) нивелировки реперов, заложенных не менее как за одни сутки до начала нивелировки. Затем по направлению напорной и разводящей трубопроводных сетей ведут разбивку пикетажа и измеряют углы теодолитом одним приемом. По разводящей сети в пределах железнодорожных путей колья пикетажа забивают вровень с верхом балластного слоя. Нивелирование ведут обычно, техническое по кольям пикетажа и крышкам колодцев с контрольными привязками к реперам. Начинают нивелирование обычно от источника воды у всасывающей трубы или самотечных линий. При этом должен быть взят уровень воды, измерена рейкой глубина от поверхности воды до дна у всасывающей или самотечной трубы и расстояния до низа и верха сетки всасывающей трубы (см. рис. 83).

Если забор воды ведется из берегового колодца без самотечных труб, то устанавливают от репера отметку уровня воды у колодца, измеряют наметкой глубину воды у колодца со стороны ее приема, а также положение относительно горизонта воды низа отверстий в стенках колодца, служащих для впуска воды. В самом колодце нивелированием определяют отметку пола, а промерами от него — положение дна колодца, низа всасывающих труб и их выходы в сторону насосной станции.

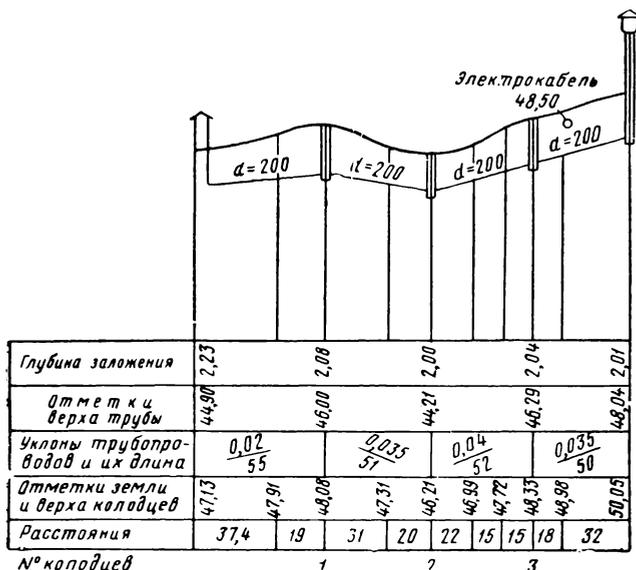


Рис. 84. Продольный профиль водоснабжения

В насосной станции определяют отметки пола и осей насосов. Если водоприемный колодец находится под зданием, то определяют промерами от пола насосной станции положение тех же элементов, что и для берегового колодца.

Иногда вода сначала подается в отстойник (очистные сооружения). В этом случае нужно получить нивелированием и промерами горизонт воды в водоприемнике после отстойника, положение его дна и всасывающих труб, а также отметки пола насосной станции второго подъема и осей насосов.

При нивелировании трассы водовода, кроме точек пикетажа, против каждой из них берут отсчет по рейке верха или низа земляного вала над трубами. У колодцев нивелируют поверхность земли, верх (крышку), верх и низ проходящих через него трубопроводов и дно. Если по трассе трубопровода сделаны шурфы, то у каждого шурфа определяют отметку земли, а также — верха и низа трубопровода.

На основе данных обмера сети и ее нивелирования составляется продольный профиль, образец которого приведен на рис. 84.

§ 36. ПРОВЕРКА ПРОФИЛЯ КАНАЛИЗАЦИИ

Для проверки профиля канализации нужно сначала в управлении дороги получить документы и чертежи, относящиеся к устройству канализации. По этим данным и с участием сведущих лиц производят осмотр всех устройств канализации в натуре и составляют схему их взаимного расположения.

На основе полученных таким образом материалов намечают план геодезических работ по составлению продольного профиля и технического отчета о состоянии устройств и сооружений канализации. Примерный состав работ следующий:

- закладка и двойное нивелирование реперов;
- разбивка пикетажа по трассе канализационной сети;
- нивелирование поверхности земли и всех труб канализации и лотков в колодцах;
- обмер колодцев и расположенных в них устройств и выявление их технического состояния;
- обмер и нивелировка всех выпусков из технических зданий и жилых домов, а также открытых или закрытых выводов канализации в овраги, ручьи или реки;
- обмер и нивелировка очистных сооружений;
- составление продольного профиля и эскизов сооружений канализации.

Что касается первых двух пунктов, то они выполняются так же, как и аналогичные работы по водоснабжению.

Для нивелирования лотков труб или низа и верха их, а также для измерения диаметра колодцев употребляется особый угольник, показанный на рис. 85. Угольник изготавливается из дерева или металла; на расстоянии 2 м от низа прибивается к нему планка, на которую устанавливается нивелирная рейка. К этому угольнику приделывают в виде ножниц поворотную планку, показанную на рис. 85; она скрепляется с угольником винтом с барашковой гайкой. Отношение длин сторон планки — верхней к нижней — 1 : 2. Измерение диаметра колодца производится этим прибором следующим образом: в одну стенку упирают конец угольника q , к другой прижимают конец ножниц e и закрепляют положение планки барашковой гайкой. Измерив складным метром или рулеткой расстояние dc верхнего конца ножниц от стойки угольника, его удваивают и, сложив с известной длиной h короткой стороны угольника, получают диаметр колодца.

Для составления плана подземной сети определяют положение центров колодцев и заносят их в абрис съемок. Если крышка колодца находится не над центром его, то величину отклонения центра колодца от центра его крышки устанавливают при помощи отвеса, опущенного по оси крышки, или ножниц, описанных выше.

Отметки верха колодца и дна лотка в нем определяют путем нивелирования от постоянного или временного репера, а при отсутствии последних — от забитой в вершине угла магистрали трубки,

отметка которой определена при создании высотной основы съемки. Сначала нивелируют верх колодца при установке на нем рейки, затем лоток или дно колодца, опустив туда угольник с установленной на его планке рейкой. Отметка дна в этом случае будет на 2 м меньше отметки низа рейки. Установив угольник, как показано на рис. 86, на лоток и на верх трубы, определяют их отметки. Если ведется нивелировка водопроводов или воздухопроводов для проверки автотормозов, то для получения отметки низа их выступ короткой стороны угольника подводится и удерживается снизу трубы. Полученная отметка будет меньше действительной на толщину нижней планки угольника. Отметка верха труб определяется при постановке на них угольника. Разность отметок верха и низа труб дает величину их диаметра.

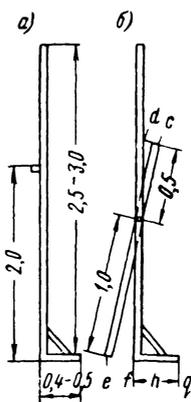


Рис. 85. Угольник и циркуль для обмера колодцев

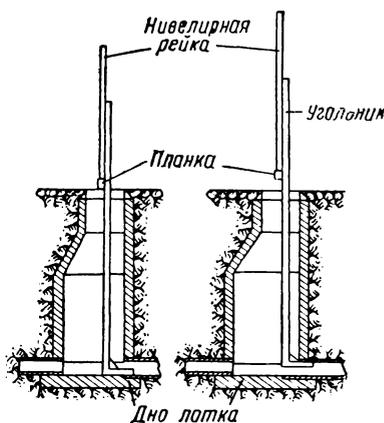


Рис. 86. Обмер диаметра трубы угольником в колодце

Кроме нивелировки колодцев подземной сети, необходимо также определить отметки и снять план выпусков канализационной и дренажной сети в ближайшие речки и овраги.

Нередко встречаются выпуски канализации в реки, устроенные ниже уровня воды. Такие выпуски отыскиваются по направлению трубопровода или по окраске струи воды, выпущенной из канализации.

Расположение выпусков в канализационную сеть из домов и служебно-технических зданий находят чаще всего по ближайшим канализационным колодцам. Таких колодцев на выпуске бывает иногда два: один — на коллекторе, другой — у здания. В последний может быть направлено несколько выпусков фановых труб из различных частей здания. Если к коллектору присоединяется канализация от группы домов, то выпуски из отдельных зданий через соответствующие колодцы направляются сначала в сеть дворовой канализации, а из нее в магистральный канал в одном пункте, где

также устанавливается колодец. Таким образом, путем вскрытия и обмера колодцев и определения по направлению труб их взаимного расположения могут быть составлены схема и профиль дворовой сети канализации и выпусков в нее. Что же касается выпусков фановых труб в домовые колодцы, то их расположение, размеры и отметки устанавливаются по специальному заданию, путем фиксации их расположения в колодцах, изучения расположения их в подвалах (а иногда — в подпольях домов путем их вскрытия). Отметки фановой трубы при выходе ее из здания иногда определя-

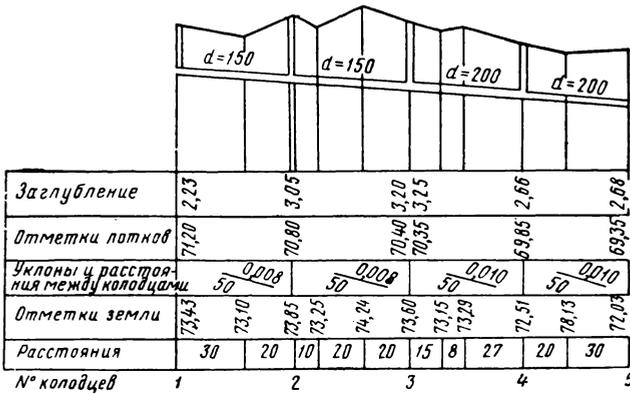


Рис. 87. Продольный профиль канализации

ются нивелировкой подоконников и измерением высоты подоконника над полом, толщины перекрытия над подвалом и расстояния от потолка подвала до расположения выхода фановой трубы через стенку.

Завершив сбор всех данных и обработав результаты съемок (абрисы, журналы измерения углов и нивелирования, замеры), приступают к составлению продольного профиля канализации согласно образцу на рис. 87, плану и технической записки с эскизами всех колодцев, вычерчиваемых в масштабе от 1 : 10 до 1 : 25.

ГЛАВА IX

ПРОСТЕЙШИЕ СЪЕМОЧНО-РАЗБИВОЧНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ПУТИ

§ 37. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИСПРАВЛЕНИИ РУСЕЛ ВОДООТВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При исправлении русел водоотводных сооружений (кюветов, нагорных и водоотводных канав и т. д.) выполняются следующие виды геодезических работ: восстановление направления оси сооружения в плане, точек перелома профиля, продольного уклона дна и поперечных уклонов откосов сооружения.

Для восстановления направления оси водоотводного сооружения в плане разбивается створ, направление которого должно совпадать с линией, проходящей посередине дна. Затем на направлении створа при помощи мерной ленты и нивелира восстанавливают точки перелома профиля и продольные уклоны дна. Чтобы восстановление было осуществлено возможно точнее, целесообразно иметь при себе данные о существовавших ранее длинах элементов профиля и уклонах.

В точках перелома профиля забивают колья так, чтобы разность их отметок h удовлетворяла равенству

$$h = d_c i_c, \quad (\text{IX.1})$$

где i_c — величина уклона, существовавшая ранее на данном элементе профиля;

d_c — длина существовавшего ранее элемента профиля русла.

Детальная разбивка линии, соответствующей продольному уклону i_c дна водоотводного сооружения на данном участке, ведется путем дополнительной забивки колея в промежутке между точками перелома профиля на необходимую высоту. Пусть русло сооружения, представленное на рис. 88, имеет перелом профиля в точке B . Уклон русла на участке от точки A до точки B равен i_1 , а на участке от точки B до точки C — i_2 .

Предположим далее, что установка колышков в промежуточных точках 1, 2 и т. д. каждого участка профиля русла сделана через d м по длине. При этих условиях проектные отметки точек

профиля русла на участке от точки A до точки B будут определяться по формуле

$$H_n = H_A - i_1 d_n, \quad (IX.2)$$

а на участке от точки B до точки C

$$H'_n = H_B - i_2 d'_n, \quad (IX.3)$$

где H_A и H_B — отметки точек перелома профиля;

i_1 ; i_2 — продольные уклоны русла;

d_n ; d'_n — расстояния, соответственно, от точки A и точки B до рассматриваемого сечения, в котором определяется проектная (восстанавливаемая) отметка дна русла. Пользуясь этими формулами для участка AB , можем записать:

$$H_1 = H_A - i_1 d;$$

$$H_2 = H_A - 2i_1 d \text{ и т. д.}$$

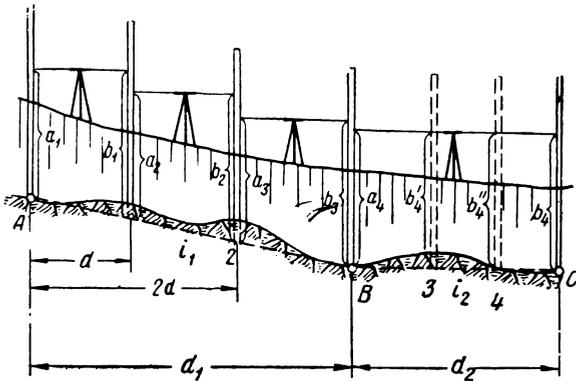


Рис. 88. Исправление продольного уклона русла на большой длине

Чтобы получить эти отметки с помощью нивелира, кольца в точках 1, 2 и т. д. забивают в землю так, чтобы

$$a_1 - b_1 = H_A - H_1 = i_1 d;$$

$$a_2 - b_2 = H_1 - H_2 = i_1 d \text{ и т. д.}$$

При разбивке линии с заданным уклоном i_1 или i_2 с помощью теодолита решение задачи несколько упрощается, поскольку необходимость в перестановке инструмента отпадает. Для получения проектных отметок в точках 1, 2 и т. д. на местности теодолит устанавливают в точке A. Затем, повернув трубу в вертикальной плоскости на угол, равный расчетному α_{p1} в направлении точки B, забивают кольца так, чтобы отсчеты на рейках во всех промежуточных точках 1, 2 и т. д. были равны высоте установки теодолита в точке A.

Для получения точек 3, 4 и т. д. теодолит переносят в точку B и действия, указанные выше, повторяют.

При установке трубы на расчетный угол α_p отсчет по вертикальному кругу будет равен:

$$\text{при круге право} - П = \alpha_p + MO; \quad (\text{IX.4})$$

$$\text{при круге лево} - Л = MO - \alpha_p. \quad (\text{IX.5})$$

Соотношения между углами α_p и значениями уклона i русла приведены в табл. 18.

Таблица 18

Соотношения между расчетными углами и величиной уклона

α_p	$i\text{‰}$	α_p	$i\text{‰}$
0°	0	24'03"	7,0
1'43"	0,5	27'30"	8,0
3'26"	1,0	30'56"	9,0
5'09"	1,5	34'22"	10,0
6'53"	2,0	37'48"	11,0
8'35"	2,5	41'14"	12,0
10'19"	3,0	44'40"	13,0
12'02"	3,5	48'06"	14,0
13'45"	4,0	51'33"	15,0
15'28"	4,5	54'59"	16,0
17'11"	5,0	1° 1'52"	18,0
18'54"	5,5	1° 8'44"	20,0
20'37"	6,0		

Исправление нарушенных русел водоотводных сооружений на небольшой длине (до 100 м) производится обычно с помощью визирок, как указано на рис. 89. В целях более точного восстановления

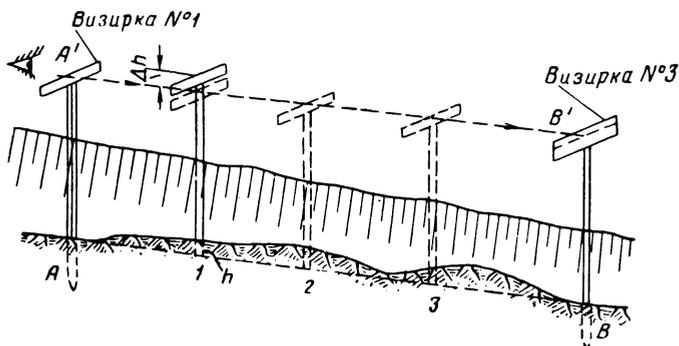


Рис. 89. Исправление продольного уклона русла водоотвода визирками

линии продольного уклона промежуточные точки 1, 2, 3 и т. д. целесообразно назначать не реже чем через 3—6 м. В дальнейшем эти точки могут служить основой для разбивки поперечников, если в этих сечениях русла нарушены откосы водоотводного сооружения. Для разбивки поперечника, например, в точке 1 рейку с уровнем

укладывают одним концом последовательно на правую и левую бровки водоотводного сооружения, а второй конец ее каждый раз поднимают так, чтобы рейка занимала горизонтальное положение (рис. 90). В этом положении пузырек уровня будет на середине. Затем в точках a или b с помощью метра измеряют по вертикали h_a и h_b сооружения.

Положение точек c или d можно определить достаточно точно, если отложить на рейке отрезок $a'c$ или $b'd$. Величины этих отрезков определяются по формуле

$$a'c = hn, \tag{IX.6}$$

где h — высота точки c или d относительно точек a или b в русле;

n — показатель крутизны откоса.

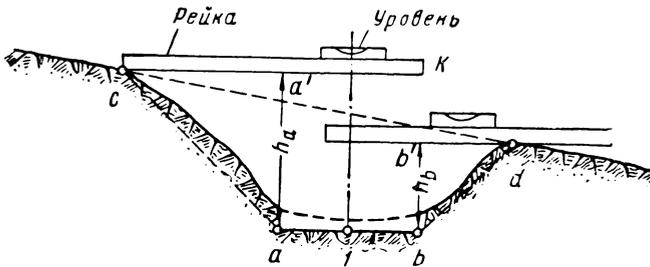


Рис. 90. Исправление откосов водоотводного сооружения

Значение n принимается в соответствии с данными табл. 19.

Таблица 19

Нормальная крутизна откоса в обычных грунтах

Наименование водоотводного сооружения	Показатель крутизны откоса n
Кювет:	
откос со стороны пути	1,0
откос со стороны поля	1,5
Нагорные канавы	} 1,5
Водоотводные канавы	
Резервы:	
откос со стороны пути	1,5
откос со стороны поля	1,0

Для определения положения бровки откоса на протяжении водоотвода протягивают шнур между одинаковыми точками смежных поперечников.

§ 38. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИСПРАВЛЕНИИ ПРОСАДОК ПУТИ

Для исправления просядок пути требуется всего лишь один вид геодезических работ — определение величины вертикальной деформации пути. Величину видимой просядки определяют, пользуясь визирками (рис. 91) или специальным оптическим прибором — визиром с мишенью.

Потайные просядки измеряют обычно мерными клиньями или специальными приборами, фиксирующими величину потайной просядки под шпалой в момент прохода подвижного состава.

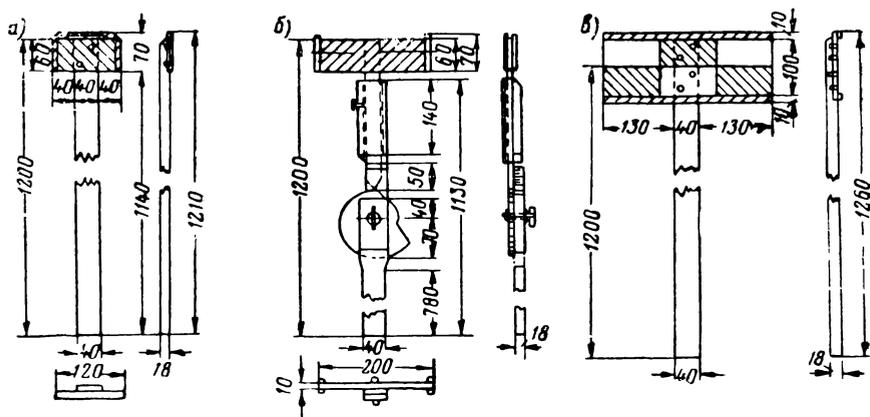


Рис. 91. Комплект металлических визирок:
а — глазная; б — раздвижная; в — двойная

Для определения величины видимой просядки пути выбирают на головке рельса менее просевшей рельсовой нити две точки *A* и *B* (рис. 92), положение которых на глаз не должно иметь каких-либо отступлений в профиле и плане.

Далее в точках *A* и *B* (на головке рельса) устанавливают визирки № 1 и № 3 (нераздвижные). При помощи раздвижной визирки № 2 определяют величину видимой просядки Δh в точках 1, 2, 3 и т. д. пути, переставляя ее через шпалу в интервале от точки *A* до точки *B*. Если в этих же точках произвести дополнительно промер пути по уровню, величина просядки на противоположной (более просевшей) рельсовой нити определится как

$$\Delta h' = \Delta h + \Delta h_{\text{ш}}, \quad (\text{IX.7})$$

где Δh — величина просядки в данной точке пути на менее просевшей рельсовой нити;

$\Delta h_{\text{ш}}$ — величина понижения более просевшей рельсовой нити, определенная по уровню шаблона в той же точке пути.

На пропущенных шпалах величина просядки пути определяется как среднее из просядок на соседних шпалах.

Более удобным прибором в работе является оптический визир с мишенью, который, подобно визиркам, устанавливается на головку рельса менее просевшей рельсовой нити в точках *A* или *B*. Расстояние между этими точками не должно быть более 35 м.

Поворотом трубы в вертикальной плоскости наводят горизонтальную нить визира, установленного, например, в точке *A*

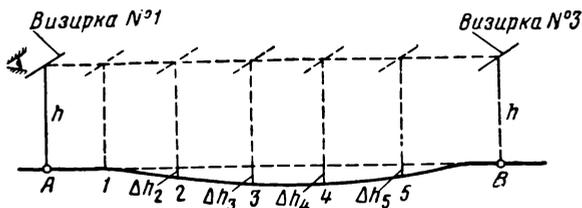


Рис. 92. Определение видимой просадки пути

на нулевое деление мишени, установленной в точке *B*. Затем, переставляя мишень через шпалу, читают в трубу величину просадки.

Измерение потайных просадок с помощью мерного клина ведется в следующем порядке. Сначала потайные просадки отыскивают путем простукивания концов шпал штангой с грушевидным наконечником. Затем идут с промером величины потайных просадок, для чего у концов каждой отмеченной при простукивании шпалы отрывают балласт и в просвет между нижней постелью шпалы и поверхностью балласта подводят клин (рис. 93). Величину потайной просадки пишут мелом на шпале.

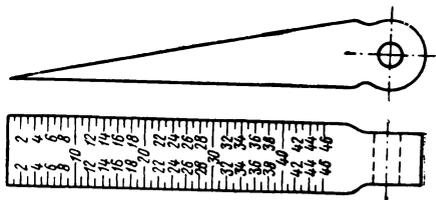


Рис. 93. Мерный клин

При измерении потайных просадок необходимо следить за тем, чтобы шпалы плотно прилегали к подкладкам, а последние — к подошвам рельсов.

В противном случае на всех провисших шпалах необходимо предварительно выправить подкладки, добить костыли с подвеской шпал и только после этого производить отрывку концов шпал и измерение потайной просадки.

Для определения величины потайной просадки в момент прохода поезда пользуются прибором Обухова или методом Темрюка¹.

¹ Метод Темрюка и прибор Обухова подробно описаны в «Справочнике дорожного мастера и бригадира пути». Трансжелдориздат, 1950.

§ 39. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИСПРАВЛЕНИИ ПУТИ НА ПУЧИНАХ

Исправление пути на пучинах сопровождается следующими видами геодезических работ:

- а) измерение высоты пучинного горба;
- б) разбивка длины пучины¹.

Работы по измерению высоты пучинного горба производят визирками, как правило, на той рельсовой нити, которая имеет наибольшую высоту взбугривания. Положение второй (менее взбугренной) рельсовой нити в профиле определяется относительно первой при помощи уровня путевого шаблона.

Исправление пути на пучине заключается в устройстве плавных отводов от ее вершины (горба).

С каждой стороны горба отвод устраивают из двух элементов: первый элемент l_1 длиной 5 м делают с пологим уклоном, а второй, имеющий длину l_2 , в зависимости от высоты горба с более крутым.

Чем выше скорости движения поездов, тем положе должны быть уклоны отводов. При скорости движения поездов выше 70 км/ч первому элементу длиной 5 м придают уклон 0,001, а второму — 0,002; при скорости движения от 50 до 70 км/ч первый элемент делают с уклоном 0,0015, второй — 0,003. Если же скорость движения поездов ниже 50 км/ч, то первому элементу придают уклон 0,002, а второму — 0,003.

Длина второго элемента отвода определяется из равенства

$$l_2 = \frac{h - 5i_1}{i_2}, \quad (\text{IX.8})$$

где h — высота пучины,

i_1 — крутизна уклона первого элемента отвода,

i_2 — крутизна уклона второго элемента отвода.

Если пучины располагаются так, что расстояние между концами отводов двух смежных пучин остается менее 10 м, то путь между вершинами горбов поднимают с соблюдением отвода от одного к другому крутизной 0,001, 0,0015, 0,002, как указано выше, в зависимости от скорости движения поездов. Выправка пути в этом случае ведется по визиркам с горба на горб².

¹ Под термином «длина пучины» понимают участок пути, подлежащий исправлению на пучинных подкладках.

² Правила исправления пути на пучинах подробно излагаются в «Руководстве бригадиру пути», Трансжелдориздат, 1957.

Г Л А В А X

ПОЛЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПЕРЕНОСЕ ПРОЕКТА НА МЕСТНОСТЬ

§ 40. РАЗБИВКА ЛИНИИ С ЗАДАННЫМ УКЛОНОМ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ, СРЕДНЕМ И ПОДЪЕМОЧНОМ РЕМОНТЕ ПУТИ

Разбивка линии с уклоном, соответствующим проектному положению головки рельса, производится нивелиром, теодолитом и рейкой с уровнем.

На участках капитального, среднего и подъемочного ремонтов пути пользуются чаще всего нивелиром. При разбивке линии с расчетным уклоном под нивелир сначала производят вынос отметки проектного положения головки рельса в точки начала или конца подъемки пути. Затем в зависимости от средств механизации, предусмотренных проектом работ по подъемке пути, ведут разбивку линии путем установки кольшков. Если в проекте работ на подъемку пути предусмотрено использование машин тяжелого типа (балластер и др.), установку кольшков при разбивке линии с расчетным уклоном целесообразно вести на обочине земляного полотна на расстоянии, достаточном для того, чтобы они не были нарушены механизмами.

При подъемках пути с использованием средств малой механизации кольшки устанавливают: на междупутье, если работы ведутся на двухпутном участке; на откосе балластной призмы — при работе на однопутном участке.

Вынос отметки проектного положения головки рельса производится обычно от существующего положения головки рельса в данной точке пути. С этой целью на обочине или других указанных выше местах забивают кол так, чтобы разность отсчетов на рейках, установленных на головке рельса существующего пути и забитом колу, была равна величине подъемки пути в этой точке. Если на участках капитального, среднего и подъемочного ремонта пути проектом предусмотрена укладка щебеночного балласта, то рядом с колом, на котором вынесена отметка проектного положения головки рельса, забивают второй кол и на него выносят отметку верхней границы песчаной подушки в данной точке пути.

Дальнейшая методика разбивки линии с заданным уклоном ничем не отличается от работ по разбивке продольного уклона водо-

отводного сооружения. Расстояние между точками детальной разбивки линии с заданным уклоном назначается обычно в соответствии с длиной уложенных на данном участке пути рельсов. При этих условиях забивка кольев ведется, как правило, против стыков рельсовой нити и в местах перелома профиля.

Для постановки пути на проектную отметку во всех точках поочередно подъемку пути производят до тех пор, пока рейка с уровнем, уложенная одним концом на головку рельса, а вторым на кол, не займет горизонтального положения. Подъемку пути в середине звена делают на глаз по уровню стыков.

§ 41. РАЗБИВКА СТРЕЛОЧНОЙ УЛИЦЫ

Различают два случая разбивки стрелочной улицы: первый — примыкающей к прямолинейному основному пути; второй — примыкающей к криволинейному основному пути.

Примыкание стрелочной улицы к прямолинейному основному пути возможно по трем вариантам (рис. 94): первый — стрелочная улица примыкает к ос-

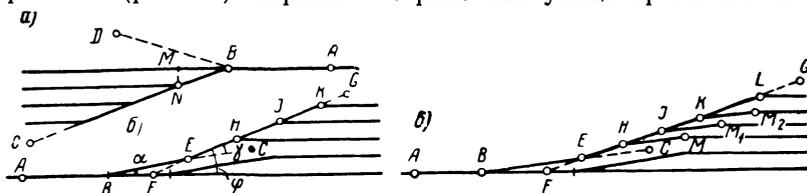


Рис. 94. Варианты укладки стрелочной улицы

новному пути под углом крестовины перевода, укладываемого на основном пути (рис. 94, а), второй — марка крестовины на основном пути отличается от марки крестовин переводов, укладываемых на стрелочной улице (рис. 94, б), и, наконец, третий — стрелочная улица направлена под большим углом к основному пути, чем угол крестовины перевода на основном пути и переводов, располагаемых на стрелочной улице (рис. 94, в).

Первый вариант этого случая — самый простой. В проекте обычно указано расположение центра перевода на основном пути относительно оси станции или от стыка рамного рельса ближайшего существующего на этом пути стрелочного перевода. Если проект укладки стрелочной улицы составлен по плану, специально снятому для проекта развития станции, то можно для удобства разбивки показать на чертеже расположение стрелочного перевода, укладываемого на примыкании улицы к основному пути, от ближайшей точки плановой основы, установленной при съемке станции. Иногда указывается положение не центра перевода, а положение математического центра крестовины или стыка рамного рельса. Кроме проекта укладки улицы, надо иметь чертеж стре-

лочного перевода или выписку из него всех размеров для разбивки: длину перевода от стыка рамных рельсов до стыка пригоночных рельсов за крестовиной, расстояния от стыка рамных рельсов до остряков, до центра перевода и до математического центра крестовины, положение конца крестовины. Далее надо иметь положение и величину ординат для разбивки переводной кривой и ширину колеи в характерных местах.

Для разбивки желательно иметь теодолит, однако можно в менее ответственных случаях обойтись и без него. Надо иметь обязательно пять вех, стальную мерную ленту длиной 20 м, которая при автоблокировке заменяется тросом Лукерьиной длиной 50 м, а также стальную рулетку длиной 5—10 м с миллиметровыми делениями. На пути с автоблокировкой стальная рулетка заменяется деревянной складной линейкой длиной 2 м.

Перед началом разбивки необходимо проверить правильность положения основного пути на прямой. Если он расстроен, то необходимо его тщательно отрихтовать. После этого отмеряют от заданной исходной точки расстояние до центра перевода и закрепляют полученную точку колом, забитым точно по оси пути. Все разбивочные работы, производимые для укладки стрелок, съездов и пересечений, нужно делать с точностью до ± 10 мм; поэтому мерные приборы должны быть проверены, а действия согласованы с этой точностью и выполняться с большой тщательностью. Колья, закрепляющие результаты разбивки, должны быть забиты прочно, а верх их иметь правильную поверхность. Кроме того, после забивки кола нужно расстояние до него проверить и забить в нужном месте гвоздь. Если дано положение не центра перевода, а математического центра крестовины или переднего стыка рамного рельса, то нужно найти положение центра перевода. Во всяком случае, кроме центра перевода, нужно обязательно также установить положение переднего стыка рамного рельса.

Если окажется, что указанное в проекте положение центра перевода и соответственно стыка рамного рельса потребует укладку рубок длиной менее 4 м, то стрелочный перевод примыкания улицы соответственно сдвигают вперед или назад до 2—2,5 м против указаний проекта. Об этом следует поставить в известность составителей проекта, так как возможно есть соображения, по которым такая сдвигка нежелательна.

Когда положение центра перевода установлено и закреплено колом, переходят к разбивке стрелочной улицы. На забитой точке В (рис. 94, а) устанавливают и тщательно центрируют теодолит, а для его ориентирования по оси основного пути ставят вежу А на расстоянии не менее 200 м. Необходимо заметить, что как положение центра перевода, так и установка вехи для ориентирования теодолита должны быть выполнены с точностью до 5 мм. При разбивке улицы под углом крестовины поступают следующим образом: при крестовине марки 1/9 угол равен $6^{\circ}20'25''$, поэтому если теодолит при совмещении нуля верньера с нулем лимба был ориентирован на точку А

(см. рис. 94, а), а улицу от точки *B* нужно разбить в направлении точки *C*, то поворачивают алидаду так, чтобы отсчет равнялся $180^\circ - 6^\circ 20' 25'' = 173^\circ 39' 35''$. Если бы улицу нужно было у точки *B* направить на точку *D*, то отсчет на лимбе должен бы был равняться $186^\circ 20' 25''$.

Если работают теодолитом с точностью отсчета в 1', то для указанного выше случая поступают так: отбивают сначала угол при отсчете $173^\circ 39'$, выставляя по нити сетки трубы веху или шпильку на расстоянии 100—200 м. Правильность угла следует проверить повторной отбивкой с постановкой вехи после поворота трубы через зенит. Верное направление соответствует середине между вехами. В эту середину ставится веха и на нее ориентируется нить сетки трубы при отсчете $173^\circ 39'$. Затем изменяют отсчет на 1 мин, в данном случае увеличивают его до $173^\circ 40'$. Нить сетки сместится с вехи на некоторое расстояние *d*; его измеряют, выставив предварительно рядом с вехой шпильку в створе визирования.

Очевидно, что для получения угла стрелочной улицы выставленную веху для угла $173^\circ 39'$ нужно сдвинуть на величину

$$\Delta_p = \frac{d}{60''} \cdot 35''$$

в сторону возрастания счета делений на лимбе, т. е. в данном случае ближе к основному пути. В результате получим точку, которую нужно закрепить на направлении стрелочной улицы.

Описанное уточнение разбивки имеет смысл делать только в том случае, если на улицу выходит больше четырех путей. При меньшем числе путей разбивка не уточняется, но для контроля делается дважды.

Разбивку стрелочной улицы можно делать и без теодолита. Для этого от точки *B* — центра перевода — откладывают по прямому пути расстояние *BM*, кратное марке крестовины, например при $1/9$ —18 м или 27 м. В точке *M* с помощью эккера или угольника откладывают в сторону ответвления пути соответственно 2 или 3 м и ставят точку *N*. Направление через точки *B* и *N* определит ось стрелочной улицы с точностью до нескольких минут.

На оси стрелочной улицы *BC* разбивают центры стрелочных переводов согласно проектным расстояниям между ними. Если они не указаны, а указана ширина междупутей, то расстояние между центрами переводов по улице можно определить делением этой ширины на синус угла крестовины. Например, если расстояние между осями путей равно 5,3 м, а марка крестовин переводов равна $1/9$, то расстояние между центрами переводов будет равно

$$\frac{5,30}{0,11042} = 48,00 \text{ м.}$$

При втором варианте первого случая укладки стрелки на основном пути, сначала устанавливают и разбивают направление *BC* (рис. 94, б), как описано выше. Далее можно поступить двояко:

либо, отложив указанное в проекте расстояние BE до вершины угла поворота на стрелочную улицу, отбивают из точки E теодолитом направление EG под углом γ к BC , либо (для большей точности разбивки), отложив на основном пути расстояния BF до точки пересечения направления стрелочной улицы EG с осью основного пути, отбивают теодолитом от направления FA угол ϕ в направлении стрелочной улицы EG . Длина BF , если она не указана в проекте, получается из выражения

$$BF = BE \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\sin \varphi}.$$

Величина BE и углы φ и α будут даны в проекте укладки. Центры переводов H и I и вершина угла K разбиваются от точки E по данным проекта. У вершин E и K надо разбить кривые по данным проекта, пользуясь таблицами для разбивки кривых, а также указаниями § 4 главы II настоящей книги.

Третий вариант (рис. 94, в) отличается от предыдущего тем, что после разбивки от точки F стрелочной улицы EG и центров переводов H , I и K необходимо еще от этих центров разбить вершины углов M , M_1 и M_2 и кривые по указанным в проекте расстояниям и углам поворота у этих точек. Эта разбивка может быть упрощена, если пути за вершинами M , M_1 , M_2 и L параллельны основному пути AB . Тогда вместо откладывания у этих точек углов поворота угломерным инструментом нужно отмерить по проекту на основном пути расстояния до проекций точек M , M_1 , M_2 и от оси основного пути по перпендикуляру отложить эти точки, определив расстояние до них из проекта укладки по ширине междупутий.

Примыкание стрелочной улицы к криволинейному пути здесь рассматривается только в части укладки стрелочного перевода на основном пути. Укладка перевода в этом случае возможна по трем вариантам:

первый — когда стрелочная улица ответвляется во внешнюю сторону кривой, а переводная кривая стрелочного перевода направлена по основному пути (рис. 95). Такая укладка стрелочного перевода на главном пути обычно не допускается и не всегда осуществима;

второй — когда часть кривой на основном пути заменяется прямой вставкой, достаточной для укладки на ней стрелочного перевода, и двумя кривыми до и после прямой вставки меньшего радиуса (рис. 96). Выделение прямой вставки вызывает большую сдвижку оси основного пути;

третий — когда выделяются отдельно прямые вставки для рамных рельсов и для крестовины.

По двум последним вариантам примыкание стрелочной улицы возможно осуществлять как внутрь, так и наружу кривой.

При всех вариантах второго случая необходимо установить путем предварительной разбивки на месте возможный пункт укладки стрелочного перевода без рубок или с рубками допустимой длины

и произвести тщательный обмер существующей кривой и расчет рихтовок, соответствующих схеме укладки.

По первому варианту для определения положения центра перевода необходимо по таблицам для разбивки круговых кривых найти биссектрису AB (см. рис. 95), соответствующую углу крестовины укладываемого перевода и радиусу кривой R . Эту величину нужно в выбранном месте отложить от оси пути с учетом рихтовки во внешнюю сторону кривой; полученная точка явится центром перевода. Если теперь от этой точки отложить в каждую сторону величину тангенсов кривой из таблиц и забить на оси пути точки C и D , то они укажут начало двух прямых, идущих от этих точек к вершине B (центру перевода), где они пересекаются под углом α , соответствующим марке крестовины.

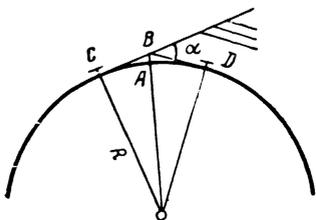


Рис. 95. Примыкание стрелочной улицы на кривой

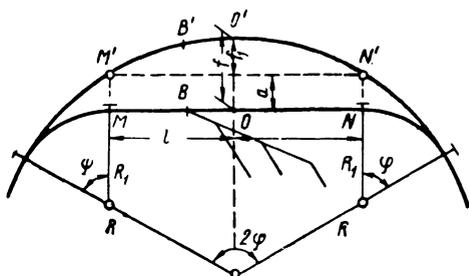


Рис. 96. Укладка стрелки на прямой вставке

Такая схема укладки перевода без обеспечения прямой вставки перед рамными рельсами возможна только на кривых радиуса не менее 400 м, а в пределе при укладке перевода марки 1/11 — не менее 350 м и марки 1/9 — 300 м.

По второму варианту для примыкания стрелочной улицы необходимо, во-первых, установить длину прямой вставки для укладки перевода, если она не указана в проекте. Она определяется длиной стрелочного перевода от переднего стыка рамного рельса до хвоста крестовины с добавлением удвоенной длины отвода возвышения наружного рельса кривой. Задаваясь радиусом R_1 кривых примыкания к прямой вставке, получаем расчетом углы φ поворота этих кривых (см. рис. 96) по формуле

$$\sin \varphi = \frac{l}{2(R - R_1)}.$$

Величина f сдвижки основного пути равна:

$$f = 2(R - R_1) \sin^2 \frac{\varphi}{2}.$$

Для разбивки стрелки примыкания необходимо установить, в зависимости от типа стрелочного перевода и направления его отвления, положение концов M и N прямой вставки относи-

тельно точки B , показать кольшками M' и N' их положение на оси пути относительно выбранного положения центра перевода B' , найти середину O' и отсюда отложить в нужную сторону расчетную величину f сдвижки пути. Направление прямой вставки для укладки пути будет параллельно разбитой линии $M'N'$. Следовательно, если через точку O , указывающую величину сдвижки пути, разбить на местности параллельную $M'N'$ линию, то она будет указывать положение прямой вставки после рихтовки и переукладки пути. Чтобы эту линию разбить, нужно отложить от точек M' и N' величину

$$a = f - f',$$

где f' — стрела изгиба кривой радиуса R основного пути при длине хорды l .

Эта стрела определяется по формуле

$$f' = \frac{l^2}{8R}.$$

Между полученными таким образом точками M и N на местности провешивают линию и закрепляют кольшком центр перевода B . Затем у этой точки разбивают направление стрелочной улицы, как это изложено выше для первого случая.

По третьему варианту для укладки стрелки примыкания на кривой путь рихтуется и переукладывается так, чтобы получить отдельно прямые вставки для рамного рельса и для крестовины. Расчеты такой укладки сложны и их нельзя делать на месте, поэтому укладка должна быть подробно рассчитана проектной организацией с указанием на чертеже всех необходимых размеров. Сама разбивка на местности сводится к окончательному выбору точки примыкания, что изложено при рассмотрении первого случая, и к разбивке двух прямых вставок и центра перевода, аналогично описанному выше второму варианту разбивки на кривой.

Если пути, выходящие на стрелочную улицу, должны располагаться параллельно основному криволинейному, то примыкание такой улицы требует тщательного и сложного расчета в процессе проектирования. Следовательно, разбивка их на местности возможна только на основе детально разработанного проекта, в котором приводятся все необходимые для разбивки размеры.

§ 42. РАЗБИВКА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

Разбивка стрелочного перевода на прямой

При разбивке стрелочного перевода на местности нужно определить и закрепить кольями положение следующих его элементов (рис. 97, а): центр перевода B , стык рамного рельса A , конец перевода — стык пригоночных рельсов C , математический центр кр-

стовины D . Иногда еще обозначают начало остряков G и начало и конец крестовины E и F . Взаимное расположение этих точек указано на эпюрах стрелочных переводов и пересечений, которые должны быть приложены к проекту. В проекте показывается схема перевода (см. внизу на рис. 97, б), на которой размеры отнесены к осям путей.

На местности нужно прежде всего тщательно отрихтовать путь, а затем отмерить расстояние до центра перевода B или стыка рамного рельса A от оси станции или иной, указанной в проекте, постоянной точки и строго на оси пути в соответственном месте забить кол. Если кол пришелся над шпалой, то положение точки отмечается краской на шейке рельса.

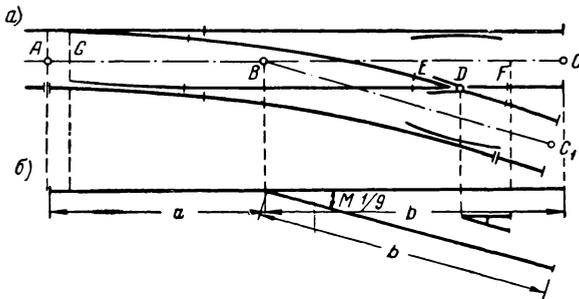


Рис. 97. Схема стрелочного перевода:
а — в рельсовых нитях; б — в осях

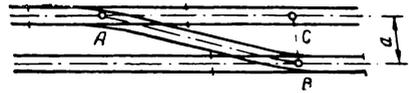
Когда на местности разбит центр перевода или стык рамного рельса, то разбивку остальных точек производят, руководствуясь эпюрой укладки стрелочного перевода или схемой перевода в осях.

Для разбивки точки C_1 , указывающей направление бокового пути, нужно от центра перевода по оси пути в сторону крестовины отложить число метров, кратное знаменателю марки крестовины, и отметить полученную точку. В этой точке на угольнике или эккером нужно к оси пути восстановить перпендикуляр и отложить на нем в сторону бокового пути число метров, кратное числителю марки крестовины. Например, если марка крестовины $1/9$ и было отложено от центра перевода по прямому пути $2 \times 9 = 18$ м, то от полученной точки поперек пути нужно отложить 2 м. Поставив в этой точке вежу, откладывают от центра перевода в направлении вежи расстояние $BC_1 = b$ и закрепляют конец линии колышком. Перечисленных точек совершенно достаточно для укладки стрелочного перевода. Положение рельсов переводной кривой устанавливают от наружного рельса прямолинейного пути по ординатам, указанным на эпюре.

Разбивка основных точек перевода при укладке его на кривой описана в § 41.

Разбивка съезда между параллельными путями

Разбивка съезда между параллельными прямыми путями (рис. 98) выполняется в следующем порядке. Если в проекте указана величина междупутья a , то нужно оси путей привести в соответствие с ней. Если же ширина междупутья не указана, то ее нужно измерить на протяжении укладки съезда в трех местах и взять с учетом возможной рихтовки путей среднее значение, которое и используется далее для разбивки съезда.



Назначив окончательно положение центра A одного из переводов, забивают кол на оси пути, отмечая центр гвоздем. Затем откладывают по оси пути длину AC , равную ширине междупутья a , умноженной на знаменатель марки крестовины. Из точки C угольником или эскером отбивают перпендикуляр и на пересечении его с осью соседнего пути забивают кол B . Имея, таким образом, положение центров двух переводов, производят разбивку каждого из них так, как это описано выше.

Рис. 98. Разбивка и укладка съезда

Разбивка перекрестного съезда

При разбивке перекрестного съезда, после рихтовки путей и установки их параллельно на расстояние a , сначала разбивают отдельно съезд AD (рис. 99), а затем съезд BC . Точка E пересечения съездов должна находиться посередине междупутья и на равном расстоянии от всех четырех центров переводов. Эту точку нужно тщательно закрепить колом, так же как и точки A , B , C и D .

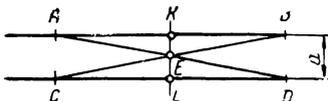


Рис. 99. Разбивка укладки перекрестного съезда

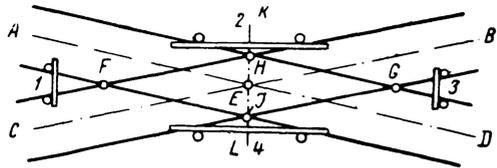


Рис. 100. Разбивка глухого пересечения

После этого можно произвести разбивку в точке E г л у х о г о п е р е с е ч е н и я. Цель такой разбивки — указать на местности точное положение четырех крестовин — H , I , F и G (рис. 100). Их положение можно указать кольями, однако эти колья в самом начале работ будут закрыты или уничтожены стрелочными брусками и крестовинами, что затруднит проверку правильности укладки. Поэтому лучше сделать закрепление разбивки обносками, обозначенными на рис. 102 цифрами $1, 2, 3, 4$, которые нужно расположить так, чтобы они не мешали укладке брусков и крестовин. Для каж-

дой обноски надо забить в землю два кола, а к ним прибить на высоте 20 см от головки рельса доски такой длины, чтобы они своими концами переходили несколько за рабочие канты рельсов пересекающихся путей. Когда обноска будет установлена, на них сначала выносят оси FG и HI , т. е. диагонали ромба, образуемого четырьмя математическими центрами крестовин. Для этого от точки E центра глухого пересечения строят линию HI , проходящую через точки K и L , лежащие на осях параллельных путей посередине расстояния между центрами переводов A, B и C, D (см. рис. 99 и 100). Линию FG строят перпендикулярно HI из точки E экером. Направления этих осей фиксируют на обносках зарубками, запилами или забивкой гвоздей так, чтобы к ним можно было привязать и натянуть чалки (нити капроновые, из полиамидной смолы или просто из бечевки или проволоки). Затем нужно на обноску вынести и закрепить положение четырех рабочих граней укладываемых рельсов. Для этого от осей путей AD и BC откладывают половину ширины колеи, т. е. 762 мм, и также закрепляют на ребрах досок обноска, как указано выше. Если теперь через закрепленные точки натянуть четыре нити, то в точках их пересечения определится положение математических центров крестовин, что даст возможность уложить их с нужной точностью по месту и направлению.

§ 43. РАЗБИВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОСЕЙ МАЛЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Работы по разбивке искусственных сооружений, расположенных на оси существующего ж.-д. пути и на проектируемом обходе, почти не имеют различия. В обоих случаях необходимо прежде всего проверить и восстановить правильное положение оси пути. При варианте, когда сооружение расположено на прямой пути, действуют следующим образом. На расстоянии не менее 200 м от сооружения в одну и другую стороны выбирают участки хорошо отрихтованного пути и устанавливают на оси пути одного участка теодолит, а на оси пути другого участка — веху. Затем теодолит наводят на веху и по вертикальной нити провешивают ось пути, устанавливая вехи «на себя», т. е. приближая их установку постепенно от начальной вехи к теодолиту. Две из этих вех нужно поставить вблизи искусственного сооружения по обе его стороны так, чтобы с них была видна любая точка поверхности земли в пределах намеченного проектом места расположения сооружения. Опорными точками для разбивки сооружения на прямом участке обхода должны служить точки углов поворота.

Чтобы разбить и закрепить ось сооружения, совпадающую с осью пути, в пониженных местах его расположения, т. е. спроектировать ее на местность, необходимо теодолит перенести на место установки одной из этих вех и, ориентируя его на удаленную веху на оси пути, обозначить затем вехами положение оси сооружения по всей пониженной части. Если ближайшего к теодолиту берега не видно,

то теодолит надо переставить на место вехи, расположенной на противоположном берегу, и повторить вышеописанную разбивку.

После разбивки продольной оси сооружения разбивают положение поперечной оси. Она определяет собой расположение сооружения на железнодорожной линии. Это положение указано в проекте сооружения: если сооружение возводится на перегоне, то положение его указано по пикетажу линии; если же оно сооружается на станционных путях, то чаще всего его положение указывается относительно оси станции. По этим данным с помощью стальной ленты откладывают расстояние от ближайшего пикета или иной указанной в проекте прочно закрепленной точки и забивают кол.

На этой точке устанавливают эккер или теодолит, центрируют, ориентируют по оси пути и отбивают прямой угол по обе стороны от оси пути. Направление оси обозначают вехами. Если в проекте угол не 90° , то эккер использовать нельзя и нужный угол откладывают теодолитом или гониометром. Этим заканчивается разбивка осей сооружения.

Оси обычно закрепляют свайками диаметром 10—12 см, забитыми в землю ручной бабой на глубину около 0,7 м или столбами, вкапываемыми на глубину около 1 м. Такие столбы устанавливают по одному или по два в каждом конце продольной и поперечной оси. Один из этих столбов можно сделать высотным репером. При этом, если постройка моста продлится более года или разбивка делается осенью для работ будущего года, то репер нужно закопать на 0,25—0,50 м ниже глубины промерзания грунта. Кроме того, в нижнем конце репера надо врезать и прибить две взаимно перпендикулярные планки, препятствующие выпиранию репера из земли при промерзании верхних слоев грунта.

Для того чтобы на столбах, закрепляющих ось, положение последней закрепить точнее, следует сначала вместо вех, указывающих направление осей, забить небольшие колышки или воткнуть в землю шпильки от ленты. Затем на расстоянии 2 м от этих шпилек надо забить в землю четыре колышка, расположенных по концам двух прямых, пересекающих шпильку, протянуть между ними попарно проволоку через шпильку и закрепить положение проволок либо гвоздиками, либо зарубками на кольях. Убрав затем проволоки и шпильку, забивают вместо последней свайку или выкапывают яму для установки столба. Когда свайка забита или установлен столб, натягивают через зарубки на кольях снова проволоки и в точке их пересечения забивают в столб гвоздь или делают зарубку. Можно еще рекомендовать забивку вровень с поверхностью земли около каждого столба на расстоянии 1 м в сторону сооружения (или от него, в зависимости от условий сохранности) по направлению оси сооружения еще отрезков железной трубы диаметром 2—2,5 см, длиной 0,5—0,7 м для контроля на случай повреждения столбов в процессе строительных работ. В целях предохранения от повреждения столбы следует окрасить в белый или красный цвет и оградить. Если грунт скалистый, то вместо установки столбов расчищают и выравнивают

поверхность скалы в точке оси, зубилом вырубает две перекрещивающиеся на точке канавки, а иногда еще вокруг точки кружок диаметром 10—20 см. Канавки и кружок закрашивают масляной краской.

Если сооружение расположено на кривой, то прежде всего проверяют кривую путем повторной разбивки ее. Для этого нужно, в соответствии с указаниями главы III, сделать обмер, расчет и выправку кривой, если разбиваемое сооружение будет построено на существующем пути. Если же сооружение запроектировано на участке, расположенном по кривой, где рельсового пути в момент разбивки нет, то нужно сделать разбивку кривой от тангенсов способом ординат либо способом углов. Для этого

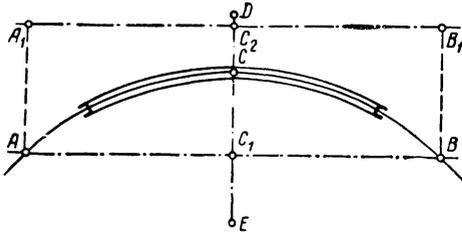


Рис. 101. Разбивка оси моста на кривой

способом ординат либо способом углов. Для этого

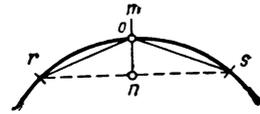


Рис. 102. Разбивка направления опор на кривой

прежде всего надо провесить направления прямых, примыкающих к кривой, найти точку пересечения их и измерить угол поворота теодолитом. Затем по указанному в проекте радиусу кривой и длинам переходных кривых сделать основную и детальную разбивку кривой через 10 м. После этого промерами лентой по оси кривой назначают точку C (рис. 101) расположения поперечной оси моста в соответствии с проектом. От этой точки разбивают в строго одинаковом от нее расстоянии еще две точки A и B так, чтобы они оказались вне пределов работ. Между точками A и B провешивают прямую линию и находят ее середину C_1 . Если теперь в этой точке восстановить перпендикуляр эккером или теодолитом, то он должен пройти через ранее поставленную точку C , и этот перпендикуляр будет поперечной осью моста. Поперечную ось продолжают в обе стороны от продольной оси моста и обозначают вехами или шпильками в точках D и E вне пределов работ. Затем все четыре точки A , B , D и E на прямолинейной оси моста закрепляют столбами, свайками или зарубками на скале.

Детальная разбивка опор моста обычно производится от прямолинейной оси AB . Если по местным условиям это потребуется, можно разбить еще вспомогательную прямолинейную ось $A_1 B_1$ вне пределов работ и детальную разбивку вести также относительно нее.

Положение центров отдельных опор малого моста на кривой устанавливают от прямолинейной оси способом координат. Если все пролеты одинаковы, то становятся с теодолитом в центре O каждой опоры (рис. 102), измеряют угол между тремя центрами опор и,

и закрепляют поперечную ось моста. Разбивка же осей сооружения на обходе, расположенном на кривой, ничем не отличается от случая расположения моста на кривой основного пути.

§ 44. РАЗБИВКА ВОДООТВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Водоотводными сооружениями на железных дорогах являются кюветы в выемках, нагорные и забанкетные канавы около выемок, канавы и резервы у насыпей и различные дренажные сооружения. Разбивочные работы на них производятся в большинстве случаев при перенесении в натуру проектов углубления этих сооружений, чтобы обеспечить свободное протекание расчетных расходов воды. Следовательно, главную роль играет высотная разбивка. Поэтому в первую очередь вдоль разбиваемого сооружения нужно установить и пронивелировать реперы, которые располагаются примерно через 500 м друг от друга и на расстоянии не более 50—60 м от сооружения. Если реперы нужны только на строительный сезон, то все они могут быть временного типа, в соответствии с указаниями главы I.

Разбивка поверхностных водоотводов

Разбивка для осуществления углубления кюветов, нагорных и водоотводных канав производится так: по бровке канавы, которая не будет заваливаться землей при работах по расчистке, провешивают линию и разбивают пикетаж с плюсовыми точками в характерных местах. В процессе нивелирования ходами от репера к реперу рейку ставят в каждой точке пикетажа и против этих точек на дно кювета, канавы или резерва. Полученные при нивелировании допустимые невязки в превышениях между реперами распределяют пропорционально на связующие точки. Округлив отметки до 1 см, составляют продольный профиль по бровке и по дну канавы в масштабе горизонтальном 1 : 2000, вертикальном — 1 : 200. На профиль наносится проектная линия дна канавы и вычисляются рабочие отметки относительно бровки и дна. Разбивку назначенного проектом дна канавы, если расчистка будет производиться вручную, производят от точек на бровке, для чего нужно иметь колья, топор, лопату, линейку длиной 1—1,5 м с вделанным в нее уровнем и рейку такой же длины с сантиметровыми делениями. Согласно рабочим отметкам относительно бровки выкапывают лопатой на дне канавы у каждой точки пикетажа ямку и забивают в нее точку так, чтобы ее верх отстоял по высоте от точки пикетажа на величину соответствующей рабочей отметки. Для этого кол *a* (рис. 104) забивают постепенно и по мере забивки на него ставят рейку *b* и делают отсчеты на ней по низу линейки *c*, уложенной горизонтально по уровню с опиранием одним концом на верх кола *d*. В дальнейшем в процессе работ по расчистке канавы отметки дна между точками пикетажа проверяют с помощью визирок (см. главу IX).

Кюветы на существующих железных дорогах очень часто очищают путевым стругом.

Если кювету нужно придать уклон, отличный от уклона железнодорожного полотна, описанную выше нивелировку и разбивку производят после прохода струга.

В тех случаях, когда канава прокладывается вновь, разбивку ее по имеющемуся проекту делают иначе. Сначала производят проверку пикетажа и восстанавливают утраченные колья. Если проект канавы был составлен по плану в горизонталях, то производят разбивку ее оси с закреплением пикетажа кольями. После нивелировки пикетов и плюсов составляют продольный профиль канавы и наносят проектную линию, выбранную в соответствии с ожидаемым расходом воды,

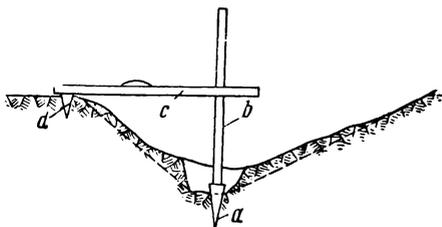


Рис. 104. Разбивка глубины канавы

характером грунта и уклонами местности¹. Затем подсчитывают рабочие отметки канавы, которые должны быть близки рабочим отметкам проекта (могут отличаться от них в среднем на 10—15 см). По натурным рабочим отметкам, а также указанным в проекте

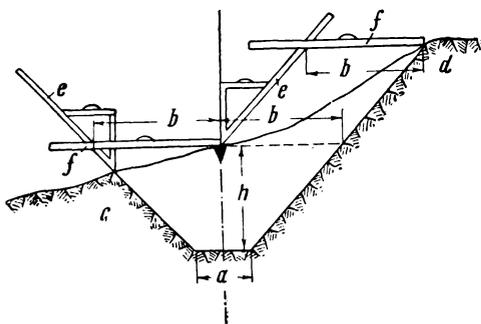


Рис. 105. Разбивка канавы на косогоре

перечными размерами канавы производят на местности разбивку положения бровок канавы на каждой точке пикетажа. Если канава разбивается на косогоре, то при разбивке бровок *c* и *d* канавы пользуются откосными шаблонами, как это показано на рис. 105. Расстояние *b* от оси до бровки канавы, рассчитанное по глубине *h* при горизонтальной поверхности

земли, отсчитывается от конца рейки *f* и закрепляется на откосном шаблоне *e*, поставленном, как показано на рисунке. При этом рейка *f* и верхняя полка откосного шаблона должны быть горизонтальны. Бровки канавы закрепляют кольшками, а иногда также бороздой, проложенной между кольшками вдоль канавы. При разработке канавы вручную у точек у точек по оси канавы на сторожках надписывается глубина. Разбивка дна делается от точек на оси, причем около этих

¹ Подробно о проектировании канав см. «Справочник изыскателя». Трансжелдориздат, 1948.

точек земля не выбирается, пока не будет канава выкопана до проектной отметки.

При механизированной разработке канавы точки на оси ее будут в самом начале работы уничтожены. Они служат только для направления снаряда вдоль канавы. В лучшем случае удается сохранить точки *c* и *d* у границ разработки. Если они тоже будут уничтожены, то после прохода снаряда разбивают вдоль канавы по бровке пикетаж, его нивелируют и т. д., т. е. поступают точно так же, как при разбивке для расчистки канавы, что подробно описано выше, и планируют после этого откосы и дно канавы вручную.

Разбивка дренажных сооружений

Здесь рассматриваются особенности разбивки деревянных рамных или свайных лотков, а также глубоких дренажей: подкюветных и от отдельных устройств станций (поворотных кругов, замедлителей и стрелок механизированных сортировочных горок, от широких парков путей) и разбивочные работы при укладке дренажного коллектора и выводе его к точке сброса вод.

Глубокие деревянные дренажные лотки устраивают обычно в выемках взамен кюветов. Для их проектирования и разбивки нужно проложить по бровке полотна пикетаж и пронивелировать как его, так и кюветы точно таким же образом, как это описано выше для работ по расчистке кювета. Нередко к этому добавляется съемка поперечников. По полученным данным составляется проект, а в соответствии с ним производятся работы по разбивке. Сначала от оси пути против каждой точки пикетажа отмеряют расстояние до траншеи и ширину ее для установки стенок лотка. Затем кольями обозначают положение каждой рамы или сваи. При рытье траншеи и разметке положения нижних распорок между сваями разбивку глубины делают так, как это описано выше для расчистки канав и показано на рис. 104.

Для разбивки глубоких дренажей необходимо иметь проект его устройства в составе плана, продольного и поперечных профилей, привязанных к пикетажу линии. Так как рытье глубоких траншей вдоль железнодорожного полотна для устройства дренажа требует, как правило, забивки шпунтового ограждения по обеим сторонам траншеи или установки крепей, то разбивку начинают с обозначения на местности положения шпунтовых или крепежных стенок относительно оси. Для разбивки дна и укладки дренажных труб в плане и по высоте удобно пользоваться распорками между стенками шпунтов, устанавливаемых минимум в два яруса по мере углубления траншеи. Однако для контроля неизменности их положения на бровке полотна или откосах выемок рекомендуется забить прочно в землю через 100 м по длине траншеи колья и их пронивелировать с привязкой к реперам. Нивелируют также по оси траншеи верх распорок, пометив места установки рейки краской, с указанием положения этой точки по пикетажу. От этих распорок

измеряется глубина траншеи и указывается необходимая по проекту глубина укладки дренажных труб.

Разбивка дренажей на станции производится совершенно аналогично описанному: сначала разбивают оси дренажей в плане от указанных в проекте постоянных сооружений или опорных пунктов съемки станции, если эти оси не были уже разбиты при сборе данных для составления проекта. Затем производят проверку проектного профиля путем контрольной нивелировки по оси, после чего разбивают крепи или шпунтовые стенки и далее поступают, как это было только что описано выше.

Дренажный коллектор, в который выводятся отдельные дренажные трубы, располагается либо вне парков путей, либо по широкому междупутью. Трубы в таком коллекторе укладывают ниже глубины промерзания по проектному уклону. Этот уклон обычно мал и потому требуется повышенная точность высотной разбивки. Для составления рабочего проекта прокладывают в намеченном направлении пикетаж, производят нивелировку и составляют продольный профиль, образец которого приведен на рис. 87.

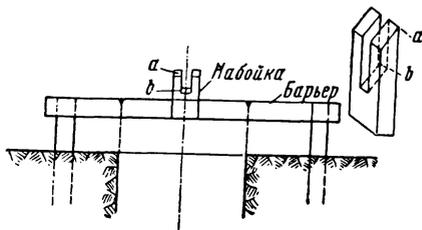


Рис. 106. Разбивка канализации

Если траншея для укладки труб будет прорезаться механизмом, то его водителю нужно указать направление и дать выписку глубин из профиля траншеи. Поскольку весь пикетаж по трассе коллектора при этом будет уничтожен, то его предварительно выносят в сторону за пределы отвала земли и нивелируют. После окончания работы механизма, опираясь на этот пикетаж, производят разбивку дна траншеи для точной укладки труб. Для такой укладки на всех колодцах и через 50—100 м по длине коллектора устанавливают над траншеей так называемые барьеры (рис. 106), для чего по обе стороны траншеи на расстоянии около 1 м от ее края забивают в землю ручной бабой сваики диаметром 10—12 см. Эти сваики опиливают поверху на одной высоте и к ним прибивают горизонтально поперек траншеи доску толщиной 35—50 мм. Отметки верха досок барьеров определяются привязкой к реперам и служат для планировки дна траншеи и укладки труб.

По наибольшей разности между дном траншеи и верхом барьера h_0 прибивают к барьерам набойки из досок. Набойки имеют вид детали, показанной на рис. 106: уровень a относится ко дну лотка, уровень b — ко дну траншеи. Середина выреза набойки должна находиться на оси трубы, а линия среза a — быть горизонтальной. После такой установки верх набоек на участке коллектора с одинаковым уклоном будет располагаться в одной плоскости, параллельной проектным дну канавы и лотку труб. Поэтому для проверки правильности планировки дна траншеи и укладки труб изготавливается

ходовая визирка длиной h_0 (рис. 107) с угольником вниз. При установке этой визирки на дно ее верх должен находиться в одной плоскости с уровнем выреза b на набойке. При укладке же труб угольник визирки устанавливается на дно лотка трубы и путем подбивки (или отрывки дна) под трубой добиваются, чтобы верх визирки лежал в плоскости, проходящей через верх соседних набоек на уровне a . Правильность установки труб на оси проверяется по отвесу, опущенному от середины выреза набойки. Если траншею копают вручную, то всю описанную выше установку

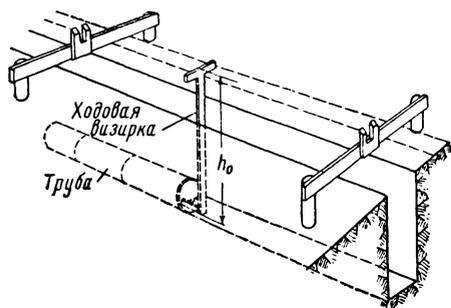


Рис. 107. Разбивка при укладке труб канализации

барьеров и набоек производят до начала работ, отмечая при этом на барьерах также ширину траншеи.

Разбивка колодцев делается при помощи установленного над его центром барьера. Отметка дна его проверяется от верха барьера, центр колодца выносится от центра барьера вниз с помощью отвеса.

Разбивка вывода от дренажного коллектора к точке сброса вод ничем не отличается от описанной выше работы по разбивке коллектора. Так же производят разбивку при укладке коллекторов канализации.

§ 45. РАЗБИВКА ОБНОСКИ С НАНЕСЕНИЕМ НА НЕЕ ОСЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЯ

Для детальной разбивки на местности малых мостов, труб, жилых и технических зданий очень часто вокруг сооружений устанавливают обноски, описанные выше при разбивке перекрестного съезда. Новейшие, более совершенные способы строительства сооружений из сборных элементов требуют высокой точности разбивки. Часто абсолютная ошибка разбивки взаимного положения стен не должна превышать $\pm 0,5$ см. Более совершенный тип обноски, показанный на рис. 108, позволяет обеспечить повышенную точность разбивки. В этом случае от точек плановой основы выносят сначала с точностью 2—3 см поперечную и продольную оси сооружения, относительно которых вокруг сооружения не ближе 1—1,5 м от края котлована разбивают и затем закапывают или забивают через 3—4 м столбы или сваи диаметром 12—15 см, возвышающиеся над землей на 1,5 м или более. Столбы после установки нивелируют и по данным этой нивелировки срезают их верх на одном уровне. Часто столбы срезают на отметке пола 1-го этажа, если он запроектирован на высоте 1,5 м над поверхностью земли. После этого к стол-

бам параллельно осям сооружения прибивают на ребро доски обнос- ки толщиной 40—50 мм так, чтобы их верхняя грань пришлась на уровне столбов, т. е. была горизонтальной, а ребра досок стояли бы на одной прямой линии. Для этого в столбах выпиливают соответ- ствующие полки, размеченные по протянутому параллельно осям здания шнуру. Обноску делают сплошной по всему периметру; однако для обеспечения въезда автомашин внутрь обноска иногда в одном или двух местах вставляют съемную доску (показанную, на- пример, на рис. 108 буквами *AB*). Верхнюю грань досок нужно об- стругать.

Когда обноска закончена, на нее выносят от опорных точек оси здания более тщательно, чем это было сделано при разбивке обноска. Эти оси после проверки их разбивки закрепляют непосредственно

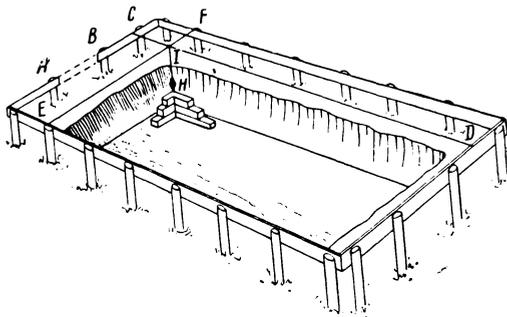


Рис. 108. Применение обноска

на обноске неглубокими запилами или маленькими гвоздиками. На- звания или номера закрепляемых на обносках точек подписывают под каждой точкой на вертикальных стенках обноска несмываемой (масляной) краской.

После этого от осей, закрепленных на обносках, разбивают все остальные необходимые оси и грани, ведя все промеры непосред- ственно по верхней полке обноска хорошо выверенной рулеткой. Если ведется разбивка длинного здания, которое будет собираться из готовых элементов, то ленту нужно натягивать динамометром с силой 10 кг и при температурах ниже $+(10 \div 5^\circ)$ и выше $+(30 \div 35^\circ)$ вводить в промеры поправку за температуру ленты (стальной ру- летки) по формуле

$$\Delta l_t = 0,000012(t - 20^\circ)l,$$

где 0,000012 — коэффициент линейного расширения стали;

t — температура ленты при измерении;

l — длина отложенной линии.

Температуру ленты измеряют при помощи термометра, привязан- ного к двум обрезкам ленты (под и над термометром), уложен- ным на обноску.

Пример. Температура ленты $t = -5^\circ$, отложена длина 162 м. Найти температурную поправку:

$$\Delta l = 0,000012(-5 - 20) \cdot 162 = -0,049 \text{ м.}$$

Так как в данном случае лента имеет температуру ниже $+20^\circ$, то она будет короче нормальной, и величину 49 мм нужно прибавить к отложенной линии.

При разбивке, очевидно, каждый размер должен быть отложен от закрепленной оси по каждой противоположной обноске. Протянув между этими точками проволоку, получим в пространстве горизонтальную прямую, от которой можно строить отвесом вертикальную плоскость. Две такие проволоки CD и EF (см. рис. 108) дают на пересечении точку I , указывающую, например, положение угла наружных стен, и для его закладки можно точку I снести на уровень кладки отвесом IH .

Если котлован под здание будет выкопан механизмами (экскаваторами или скреперами), то обноска разбивается после окончания работы этих механизмов.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

§ 46. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПУТИ

1. Топографо-геодезические работы, выполняемые в пределах полосы отвода, должны производиться в строгом соответствии с требованиями «Руководства по проектированию и оформлению полосы отвода железных дорог», «Технических указаний по проверке продольного профиля пути железных дорог МПС», «Указаний по съемке железнодорожных станций и узлов», «Руководства по проектированию вторых путей» и других инструкций, действующих в системе МПС.

2. Все виды геодезических работ, выполняемые на пути, должны производиться под наблюдением руководителя работ, который несет ответственность за их безопасность.

Руководитель работ должен хорошо знать и выдержать испытания по ПТЭ, Инструкции по сигнализации, Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ и Правилам техники безопасности.

3. Рабочие, принятые на полевые топографические работы, должны получить вводный инструктаж по безопасным приемам труда от своего непосредственного руководителя. Вводный инструктаж регистрируется в специальном журнале. В последующем проводится обучение правилам техники безопасности. Проверка знаний проводится комиссионно и оформляется актами.

4. К производству геодезических работ на пути не должны допускаться лица с физическими недостатками, препятствующими выполнению порученных работ, а также подростки моложе 16 лет.

5. При съемках пути руководитель работ лично или через особо выделенного человека — сигналиста — должен непрерывно следить за поездами, подходящими к месту работы с обеих сторон. По сигналу сигналиста руководитель работ заблаговременно (когда расстояние до приближающегося поезда не менее 400 м) дает распоряжение рабочим об уходе с пути на обочину земляного полотна, где они могут стоять не ближе 2 м от крайнего рельса.

6. С получением сигнала о подходе поезда по любому пути многопутного участка все работники должны сойти с пути на ближайшую обочину земляного полотна на расстояние не менее 2 м от крайнего рельса и убрать с колеи инструмент. Возвращать-

ся рабочим на место для продолжения работы разрешается руководителем работ только после того, как он убедится, что вслед за поездом нет подталкивающего локомотива или дрезины и что по пути, на котором производятся работы, не проходит поезд, отдельно следующий локомотив или дрезина как в правильном, так и в неправильном направлении.

7. Перед началом работ в стесненных местах, когда по обеим сторонам пути расположены высокие платформы, здания, заборы и крутые откосы выемок, а также на мостах и в тоннелях для безопасности рабочих должны быть приняты следующие меры:

а) руководитель работ должен ясно указать всем рабочим, куда они должны уходить с пути при приближении поезда; кроме того, на станциях место и время работ должны быть своевременно согласованы с дежурным по станции с соответствующей записью в журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ и связи;

б) если высокие платформы, здания, заборы, крутые откосы выемок, траншей и т. п. протяжением более 100 м не позволяют рабочим разместиться сбоку от пути, то работы в этом случае должны ограждаться сигналами остановки установленным порядком;

в) во время производства работ на мостах руководитель работ обязан выделить сигналиста для наблюдения за приближением поездов к месту работ и для своевременного оповещения рабочих.

8. Перед началом работ в тоннелях должно быть выставлено необходимое количество сигналов (в тоннеле и за порталами с обеих сторон) для предупреждения рабочих о подходе поездов не менее чем за 1 км от места работ. Руководитель обязан указать каждому рабочему нишу, куда он должен отойти при пропуске поезда, и обеспечить освещение ниш. Машинистам поездов должны выдаваться предупреждения о более частой подаче оповестительных сигналов.

9. При всяком вынужденном перерыве в работе речники или пикетажисты должны сойти с пути на обочину земляного полотна. Садиться отдыхать на рельсы, концы шпал, внутри рельсовой колеи и на междупутьях категорически запрещается.

10. При работе на электрифицированных участках запрещается приближаться самому или подносить какие-либо предметы на расстояние менее 2 м к находящимся под напряжением и не огражденным проводам или частям контактной сети.

Работники, обнаружившие обрыв провода контактной сети, обязаны сообщить об этом на ближайший дежурный пункт контактной сети, дежурному по станции, поезвному диспетчеру или энергодиспетчеру и до прибытия бригады контактной сети следить за тем, чтобы никто не касался оборванных проводов и не подходил к ним ближе 10 м. В случае, если оборванные провода заходят внутрь габарита приближения строений и могут быть задеты при проходе поезда, место обрыва необходимо оградить сигналами остановки.

11. При ведении геодезических работ в зимнее время руководитель работ должен предусматривать время на обогрев рабочих и возможность прекращения работ при низких температурах.

Время на обогрев рабочих должно включаться в общее рабочее время. Длительность перерывов для обогрева и условия полного прекращения работы регламентируются соответствующими постановлениями местных Советов.

§ 47. РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Расследование и учет на железнодорожном транспорте несчастных случаев, связанных с производством, ведется согласно Инструкции, утвержденной МПС и согласованной ЦК профсоюза рабочих железнодорожного транспорта 24 марта 1953 г.

Расследованию подлежат все несчастные случаи, которые произошли с рабочими и служащими в связи с их работой на производстве и вызвали утрату трудоспособности.

При каждом несчастном случае, связанном с производством и вызвавшем утрату трудоспособности не менее чем на один рабочий день, составляется акт (см. приложение).

ЛИТЕРАТУРА

- Б л и з н я к Е. В. Гидротехнические изыскания. Госстройиздат, М., 1956.
- Главтранспроект. Указания по съемке железнодорожных станций и узлов. Трансжелдориздат, 1956.
- Главтранспроект. Технические условия проектирования железных дорог нормальной колеи. Трансжелдориздат, М., 1954.
- Главтранспроект. Указания по производству топографо-геодезических работ при изысканиях железных дорог. Трансжелдориздат, 1952.
- Главтранспроект. Руководство по проектированию и оформлению полосы отвода железных дорог. Трансжелдориздат, 1953.
- Главтранспроект. Руководство по проектированию вторых путей. Трансжелдориздат, М., 1948.
- ГУГК. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Геодезиздат, М., 1950.
- ГУГК. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000 и 1 : 2 000. Геодезиздат, М., 1955.
- Техника безопасности на железнодорожном транспорте. Трансжелдориздат, М., 1951.
- Правила техники безопасности при железнодорожных изысканиях. Изд. Отдела труда и зарплаты Минтрансстроя. М., 1956.
- Поваренков С. Д. Справочник дорожного мастера и бригадира пути. Трансжелдориздат, М., 1954.
- П о п о в В. В. Уравнивание полигонов. Геодезиздат, М., 1954.
- Сорокин Н. Н. Руководство бригадиру пути. Трансжелдориздат, М., 1957.
- Соков Н. А. Методы обследования и лечения земляного полотна. Информ. письмо Донецкой дороги. г. Сталино, 1955.
- Степанов Н. Н. Геодезия в городском строительстве. Т. II. Министерство коммунального хозяйства. Л.—М., 1950.
- Теплов А. В. Железнодорожное водоснабжение. Трансжелдориздат, 1955.
- Ш и л о в П. И. Геодезия. Геодезиздат. М., 1955.

А К Т

**служебного расследования несчастного случая, связанного
с производством (с временной утратой трудоспособности)**

№ _____

Составляется начальником предприятия, учреждения в 5 экземплярах и передается им администрации вышестоящей организации (в отделение дороги и в службу Управления дороги), фабзавкому (месткому), техническому инспектору ЦК профсоюза (пятый экземпляр остается в делах хозяйственной единицы, предприятия)

1. Название хозяйственной единицы, предприятия
 2. Адрес хозяйственной единицы, предприятия
 3. Фамилия, имя и отчество пострадавшего
 4. Мужчина, женщина (подчеркнуть)
 5. Возраст (год рождения)
 6. Цех, в котором постоянно работает пострадавший
Табельный №
 7. Выполняемая работа (должность)
 8. Стаж: а) сколько времени работает на данной работе (должности)
в данном цехе
б) сколько лет работает всего по данной профессии
 9. Несчастный случай произошел в . . . ч. . . (местное время). . . числа
. месяца 195 . . г. через . . ч от начала работы.
 10. Место несчастного случая (отделение, цех, мастерская, станция, пе-
регон, км)
 11. Подробное описание обстоятельств и причин несчастного случая
.
 12. Проходил ли пострадавший обучение безопасным методам работы,
инструктаж
 13. Когда был испытан пострадавший в знании правил и инструкций
по технике безопасности
 14. Перечень мероприятий по устранению причин, вызвавших несча-
стный случай, с указанием сроков выполнения
.
- Расследование произведено и акт составлен в . . . ч (местное время)
. числа месяца 195 . . г.

Начальник хозяйственной единицы, предприятия

15. Сведения о выполнении мероприятий, указанных в п. 14 акта . . .
.

Начальник хозяйственной единицы предприятия

Председатель фабзавкома, месткома :

16. Исход несчастного случая — приступил к работе, установлена ин-
валидность, случай смертельный (подчеркнуть)

№ по пор.	Диагноз по больничному листу	Освобожден от работы		Число дней нетрудоспособ- ности (в рабочих днях)
		с . . .	по . . .	
1				
2				
3				

Итого

Начальник хозяйственной единицы, предприятия

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр-
От авторов	3
Г л а в а I. Общие сведения	5
§ 1. Содержание геодезических работ	5
§ 2. Поверки геодезических инструментов и простейшие их исследования	6
Г л а в а II. Съёмка полосы отвода, плана и профиля пути при натурной проверке и для составления проектов капитального и среднего ремонта пути	20
§ 3. Техническая документация	20
§ 4. Пикетаж	21
§ 5. Съёмка полосы отвода	26
§ 6. Продольное нивелирование и съёмка поперечных профилей	35
§ 7. Составление плана полосы отвода	41
§ 8. Составление продольных и поперечных профилей	48
Г л а в а III. Съёмка и расчет элементов существующих кривых	52
§ 9. Съёмка кривых	52
§ 10. Геодезические работы при закреплении ж.-д. пути в плане реперами	63
§ 11. Расчет кривых	65
Г л а в а IV. Съёмка железнодорожных станций	96
§ 12. Плановая и высотная основа съёмки	96
§ 13. Съёмка путей, зданий, сооружений и других устройств	99
§ 14. Съёмка сортировочных горок и вытяжек	103
§ 15. Съёмка сетей подземных устройств	104
§ 16. Съёмка искусственных сооружений и водоотводов	104
§ 17. Съёмка воздушных линий и подземной электросети	105
§ 18. Камеральная обработка материалов съёмки	106
Г л а в а V. Производство полевых и камеральных работ при съёмке больных и временных объектов железнодорожного пути	109
§ 19. Геодезические работы при организации наблюдений за деформациями земляного полотна	109
§ 20. Съёмка больных мест земляного полотна для разработки проектов лечения их	112
§ 21. Геодезические работы при разработке проектов замены временных искусственных сооружений на постоянные	113
§ 22. Камеральная обработка материалов съёмки	116
Г л а в а VI. Съёмка площадей под застройку служебно-техническими и жилыми зданиями	117
§ 23. Нивелирование площади по квадратам	117
§ 24. Нивелирование площади по поперечникам	119

	Стр.
§ 25. Съемка площадок тахеометром	120
§ 26. Составление планов на основе съемки	121
Г л а в а VII. Гидрологические и гидрометрические работы при обследовании искусственных сооружений	123
§ 27. Наблюдение за зимним режимом водотока	123
§ 28. Изучение характера ледохода и ледостава	124
§ 29. Организация водомерных постов для наблюдения уровней воды. Съемка живых сечений водотоков	125
§ 30. Определение скоростей течения при помощи поплавков	129
§ 31. Одноточечный способ определения скоростей течения по поплавкам	131
§ 32. Измерение скоростей течения при помощи вертушек	133
§ 33. Вычисление расхода воды водотока	136
Г л а в а VIII. Геодезические работы при ремонте водоснабжения и канализации	142
§ 34. Съемка водохранилищ	142
§ 35. Проверка профиля напорной и разводящей сети	146
§ 36. Проверка профиля канализации	149
Г л а в а IX. Простейшие съемочно-разбивочные геодезические работы при текущем содержании пути	152
§ 37. Геодезические работы при исправлении русел водоотводных сооружений	152
§ 38. Геодезические работы при исправлении просадок пути	156
§ 39. Геодезические работы при исправлении пути на пучинах	158
Г л а в а X. Полевые геодезические работы при переносе проекта на местность	159
§ 40. Разбивка линии с заданным уклоном при капитальном, среднем и подъемном ремонте пути	159
§ 41. Разбивка стрелочной улицы	160
§ 42. Разбивка стрелочных переводов и пересечений	165
§ 43. Разбивка и закрепление осей малых искусственных сооружений	168
§ 44. Разбивка водоотводных сооружений	172
§ 45. Разбивка обноски с нанесением на нее осей элементов сооружения	176
Г л а в а XI. Техника безопасности при выполнении геодезических работ	179
§ 46. Основные правила безопасного ведения геодезических работ на пути	179
§ 47. Расследование несчастных случаев	180
Литература	181
Приложение	182

Александр Федорович *Лютц*, Василий Павлович *Сорокин*
 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ
 Обложка художника *Г. Л. Казаковцева*

Технический редактор *Е. Н. Боброва*

Корректор *О. Н. Ходкевич*

Сдано в набор 17/III 1959 г. Подписано к печати 9/VII 1959 г.
 Формат бумаги 60×92¹/₁₆. Печатных листов 11,5. Бум. листов 5,75.
 Учетно-изд. листов 11,73. Тираж 5 000. Т08026. ЖДИЗ 35013. Заказ тип. 1325
 Цена 5 р. 90 к. Переплет 1 руб.
 ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ, Москва, Басманный туп., 6а.

6 р. 90 к.



