

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Т.И. Хаметов

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
И МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ**

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2014

УДК 528.48 (075.8)

ББК 38.155 я73

X18

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и геодезия» ПГУАС Е.П. Тюкленкова;
главный геодезист ОАО «Пензенский ТИСИЗ» П.В. Терехин

Хаметов Т.И.

X18 Геодезическое сопровождение процессов строительства автомобильных дорог и мостовых переходов: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.

Изложены основы геодезического сопровождения процессов строительства автомобильных дорог и мостовых переходов. Особое внимание уделено геодезическому сопровождению изысканий автомобильных дорог и мостовых переходов, подготовительному периоду строительства дорог, разбивке кривых, возведению земляного полотна, устройству верхнего строения дороги, исполнительным съемкам, а также возведению опор и пролетных строений моста.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01, 08.04.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Хаметов Т.И., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог и мостовых переходов невозможны без выполнения различного рода геодезических работ. В настоящее время в практике строительства используются представленные в учебной и специальной литературе многообразные способы и приемы геодезического сопровождения процессов разбивочных и контрольных работ с различной степенью точности. Однако в строительных вузах недостаточно учебников и учебных пособий для студентов, обучающихся по направлению «Строительство». В то же время в используемых учебниках и учебных пособиях по инженерной геодезии представлен в неполном объеме материал по геодезическому сопровождению строительства автомобильных дорог и мостовых переходов.

В настоящем учебном пособии сделана попытка систематизировать наиболее рациональные способы геодезического сопровождения строительства автомобильных дорог и мостовых переходов. При этом особое внимание уделено технологии выполнения геодезических работ. В этой связи весь цикл геодезического сопровождения, например, строительства автомобильных дорог поделен на три основных периода: изыскательский, подготовительный и строительный.

ВВЕДЕНИЕ

Перенесение на местность трассы автомобильной дороги и мостовых переходов выполняет изыскательская организация. С процессом строительства этот период связан тем, что изыскатели натурно и документально сдают строительной организации закрепленную на местности трассу, которая в дальнейшем служит предметом детальных разбивок.

После выполнения изысканий строительная организация в присутствии заказчика производит полевую приемку вынесенной и закрепленной геодезическими знаками на местности трассы автомобильной дороги.

Прием-передача закрепленной трассы оформляется специальным актом за подписью представителей изыскателей, строителей и заказчика. В акте приема-передачи отражается выполненный объем работ по созданию планового и высотного обоснования трассы, а все закрепляемые и выносимые точки заносятся в схему закрепления трассы.

Строительная организация принимает от изыскателей следующие элементы закрепления с их выносками:

- пикетаж трассы;
- вершины углов поворота;
- створные точки на длинных прямых;
- главные и промежуточные точки переходных и круговых кривых;
- оси искусственных сооружений;
- полосу отвода.

При приемке работ изыскательского периода строительная организация принимает разбивку и закрепление всех сопряжений трассы автомобильной дороги в плане. При сопряжении прямых круговой кривой, помимо пикетажа, по длине кривой принимают точки начала круговой кривой (НК), ее середину (СК) и конец (КК). Если сопряжение выполнено сложными кривыми, то приемке подлежит пикетаж кривых – точки начала (НПК) и конца переходной кривой (КПК) и середина круговой кривой (СК).

При приемке высотного обоснования сверяют с каталогом и уточняют в натуре место расположения пунктов государственной нивелирной сети, использованных изыскателями. Выборочной проверке подлежат отметки пикетажа трассы и выносных точек.

Строительная организация в качестве приложения к акту принимает:

- продольный профиль трассы;
- ведомость реперов;
- журнал выносок с указанием закрепленных пикетов;
- схему закрепления трассы.

Кроме того, строительная организация должна располагать информацией о полосе отвода, границах лесных вырубок, типовых поперечных профилях земляного полотна, конструкции слоев дорожных оснований и покрытий, водоотводных устройствах и т.п.

Перечисленная техническая документация является исходной для осуществления геодезического сопровождения процессов строительства автомобильных дорог и мостовых переходов.

Часть I. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1. ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1. Технические требования и условия

Основное требование, предъявляемое к автомобильным дорогам, – это плавность и безопасность движения с заданными скоростями. В связи с этим на автомобильных дорогах строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривых (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Допустимые уклоны и минимальные радиусы кривых
на автомобильных дорогах

Наименование показателей	Категории дорог				
	30	40	50	60	70
Наибольшие продольные уклоны (основные), ‰	30	40	50	60	70
Наименьшие радиусы кривых в плане (основные), м	1000	600	400	250	125
Наименьшие радиусы вертикальных кривых (основные), м:					
– выпуклых	25000	15000	10000	5000	2500
– вогнутых	8000	5000	3000	2000	1500

На кривых небольших радиусов предельно допустимый уклон уменьшают. На кривых малых радиусов снижение продольных уклонов производится на величину от 10 % ($R = 50$ м) до 50 % ($R = 15$ м), где R – радиус кривой дороги.

Для обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах при высоких скоростях в последнее время внедряют так называемое *ландшафтное проектирование*, заключающееся в плавном сопряжении элементов трассы и гармоническом ее сочетании с окружающей средой и требующее, кроме плана и продольного профиля, построения перспективы местности, ландшафтно-архитектурного плана.

При ландшафтном проектировании должны выполняться следующие условия:

1. *Динамическое* – соответствие расчетных параметров трассы принятому режиму и скорости движения; плавное сопряжение элементов трассы.

2. *Оптическое* – отсутствие перспективных искажений, вызываемых неудачным вписыванием дороги в ландшафт и влияющих на режим движения; обеспечение оптической плавности трассы и расчетной видимости в плане и в профиле.

3. *Архитектурно-эстетическое* – гармоническое сочетание природного ландшафта и сооружений дороги.

4. *Психологическое* – отсутствие на трассе элементов неожиданностей для водителя: предыдущий участок должен раскрывать режим движения на последующем участке.

Для ландшафтного проектирования в процессе изысканий производят дополнительную аэрофотосъемку (перспективную, панорамную, цветную), наземную стереофотограмметрическую съемку сложных участков и другие работы, связанные с построением перспективы местности.

1.2. Состав и содержание изысканий

Строительству автомобильных дорог предшествует комплекс мероприятий, называемых изысканиями. По составу и содержанию изыскания можно выделить в три основные группы:

- рекогносцировочные изыскания для технико-экономического обоснования проекта;
- детальные технические изыскания для разработки технического проекта дороги и всех сооружений на ней;
- предпостроечные изыскания для составления рабочих чертежей.

Ниже рассмотрим более подробно их содержание.

Рекогносцировочные изыскания для технико-экономического обоснования проекта состоят из дорожно-экономических изысканий и выбора основного направления трассы.

В дорожно-экономические изыскания входят:

- а) изучение производительных сил района изысканий; выявление районов тяготения дороги;
- б) определение на мелкомасштабных планах наиболее экономичного варианта прохождения трассы, примерный подсчет интенсивности движения на ней;
- в) изучение условий по охране окружающей среды.

Для выбора основного направления дороги проводят:

- а) камеральное трассирование вариантов по топографическим картам среднего масштаба (1:50000 – 1:25000);
- б) составление на сложные участки фотосхем и фотопланов по имеющимся материалам аэрофотосъемки;
- в) изучение материалов геологической съемки и разведки прежних лет;

г) обзорную аэрофотосъемку в масштабе 1:30000 – 1:40000 больших переходов и сложных участков;

д) полевое обследование сложных участков; рекогносцировочную инженерно-геологическую съемку;

е) сравнение вариантов; примерное подсчеты объемов и стоимости работ; выбор основного направления;

ж) составление технического задания на проектирование дороги.

Детальные технические изыскания для разработки технического проекта дороги и всех сооружений на ней состоят из выбора оптимального варианта дороги, обследования трассы и согласования.

Выбор оптимального варианта дороги включает:

а) аэрофотосъемку полосы вариантов в масштабе 1:10000 – 1:15000; перспективную и панорамную аэрофотосъемку для ландшафтного проектирования;

б) построение на полосе трассирования плановой и высотной геодезической основы; привязку аэрофотоснимков; топографическое дешифрирование;

в) инженерно-геологическую съемку; инженерно-геологическое дешифрирование;

г) изготовление стереотопографическим методом планов или ортофотопланов полосы в масштабе 1:5000 – 1:10000 с сечением рельефа через 2–5 м; составление инженерно-геологических фотокарт и ландшафтно-архитектурных карт в масштабе аэрофотосъемки;

д) камеральное трассирование и проектирование вариантов; подсчеты объемов работ; технико-экономическое сравнение вариантов; выбор оптимальной трассы.

При автоматизированной системе проектирования вместо пунктов «г» и «д» выполняют построение на стереоприборах цифровой модели местности и на ЭВМ производят проектирование трассы и выбор вариантов.

Полевое обследование трассы и согласование включает:

а) вынесение по контурам оптимальной трассы в натуру; проведение полевого обследования трассы;

б) крупномасштабную инженерно-геологическую съемку трассы, гидрометрические работы на мостовых переходах, сбор сведений для расчета искусственных сооружений;

в) согласование трассы с землепользователями и заинтересованными организациями.

Предпроектные изыскания для составления рабочих чертежей состоят из детальной разбивки трассы на местности, разведочных и камеральных работ.

Детальная разбивка трассы на местности включает:

- а) полевое трассирование с разбивкой пикетажа и нивелированием;
- б) дополнительную съемку в масштабе 1:500 – 1:1000 с сечением рельефа через 0,5 м мостовых переходов и сложных мест;
- в) закрепление главных точек трассы.

В разведочные работы входят:

- а) инженерно-геологическая разведка трассы;
- б) гидрометеорологические и почвенные обследования;
- в) геодезическая привязка геологических выработок и гидростворов;
- г) детальная разведка карьеров строительных материалов; съемка карьеров.

После камеральной обработки материалов составляют планы и профили.

1.3. Проложение и закрепление на местности оси трассы

Трассой называют продольную ось проектируемого линейного сооружения. К линейным сооружениям относят подъездные, автомобильные дороги, линии электропередачи, связи, водопровода, канализации, теплосети и т.п., сооружения линейного типа с малой площадью застройки, но значительные по протяженности. Положение такого сооружения на местности определяется основным геометрическим параметром – осью трассы (ось проектируемого сооружения).

Основными элементами трассы являются планы прямых и кривых участков разного направления, плавно переходящих друг в друга и продольный профиль (вертикальный разрез по оси трассы), состоящий из прямых участков с разными уклонами.

Задать на местности направление оси трассы означает задать положение направления оси данного вида линейного сооружения.

При выборе направления проложения трассы необходимо руководствоваться соответствующими техническими условиями на ее проектирование. Так, для автомобильных дорог необходимо обеспечить плавность и безопасность движения, а для самотечных трубопроводов – уклоны и глубины заложения, обеспечивающие нормальное их функционирование. Кроме технических условий, в расчет принимают экономические, экологические и другие факторы.

Выполнение такого комплекса работ по выбору оптимального варианта прокладки трассы, отвечающего предъявляемым требованиям и дающего наибольший экономический эффект, называют **трассированием**.

Трассирование по имеющимся или вновь составленным в процессе изысканий топографическим картам и планам называют **камеральным трассированием**.

Работы по переносу и закреплению запроектированной трассы на местности называют **полевым трассированием**.

В процессе изысканий на местности должно быть обозначено положение оси сооружаемой дороги. Обозначение положения оси дороги на местности называется разбивкой трассы. В дальнейшем при строительстве по отношению к оси дороги разбивают остальные ее элементы и дорожные сооружения.

Геодезические работы, связанные с проложением трассы на местности, заключаются в выполнении следующих операций: назначение линий заданного направления и уклона, измерение или разбивка углов поворота, обозначение и закрепление трассы, разбивка кривых в углах поворота; разбивка всей трассы на стометровые отрезки, называемые пикетами, со съемкой прилегающей узкой полосы; нивелирование для определения высот точек, расположенных по трассе в трудных местах и для выбора мест под строительство дорожных сооружений. Кроме того, выполняются съемки и разбивки для других мероприятий, связанных с проектированием и строительством дороги, а также производится привязка съемки.

Трасса в плане (рис. 1) представляет собой сочетание прямых и разного рода кривых. Сопряжение двух прямых, образующих угол поворота, производится с помощью круговой кривой. Для более плавного соединения прямых с круговой кривой вставляют *переходные кривые* с обеих сторон круговой кривой. Переходные кривые имеют переменную кривизну в разных местах, нарастающую постепенно от точки касания до точки соединения с круговой кривой. Острые углы между прямыми обходят снаружи с помощью особого сочетания нескольких кривых, называемого *серпантинной*.

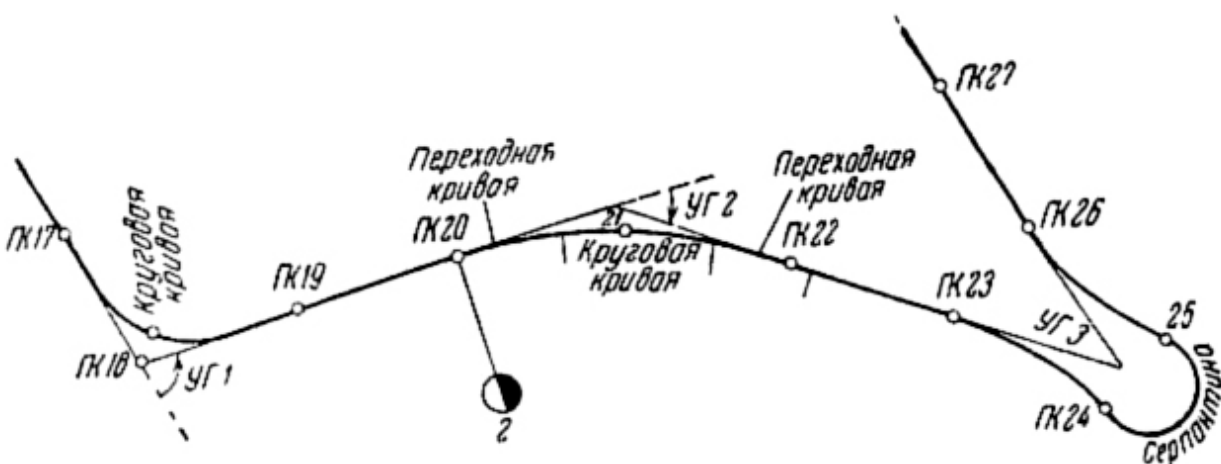


Рис. 1. Трасса автомобильной дороги

Работу по *проложению* и закреплению трассы на местности выполняет группа специалистов и рабочих, составляющих изыскательскую экспеди-

цию или партию. Изыскательская партия делится на отряды, а отряды – на бригады или звенья. Во главе изысканий идет звено *трассировщика*. Трассировщик устанавливает поворотные точки и назначает радиусы кривых в местах изменения направления трассы. Поворотные точки трассы, отмеченные трассировщиком, являются вершинами углов хода.

Чтобы при проведении последующих работ можно было отыскать разбитую на местности трассу, ее закрепляют знаками.

На пикетах, плюсовых и главных точках кривых трассу закрепляют с помощью кольев и сторожков. Для закрепления выносных точек используют бетонные свайки, деревянные столбы и кольца. В скальных грунтах выноски отмечают краской или пересечением высеченных в скале канавок.

Пикетаж трассы выносят и закрепляют за границей полосы отвода с целью сохранения выносных точек на период строительства дороги. Пикетные и плюсовые точки выносят с помощью теодолита перпендикулярно к оси в виде створов из двух или четырех точек. В зависимости от топографических условий местности и мест притрассовой разработки грунта выноски устанавливают либо в одну сторону (правую или левую), либо в обе стороны от оси дороги. При этом расстояние от оси до ближайшей точки принимают постоянным в пределах 30–50 м.

На длинных прямолинейных участках трассы в местах установки теодолита ставят створные вехи на расстоянии 0,5–1 км друг от друга с условием обеспечения видимости смежных вех. На коротких прямых вехи ставят в вершинах углов поворота или на продолжениях тангенсов. На высоких точках закрепляют маячные вехи.

В вершинах углов поворота устанавливают столб с гвоздем для центрирования теодолита и указатель с надписью на его лицевой стороне, обращенной к вершине угла. Столб в вершине угла поворота окапывают канавой и обсыпают земляным холмиком. Вершину угла поворота закрепляют четырьмя выносными столбами или свайками, расположенными либо в створе биссектрисы (рис. 2), либо по продолжению линий тангенсов. Расстояние между выносными точками и вершиной угла поворота принимают не менее 20 м.

Главные точки кривых – начало переходной кривой (НПК) и ее конец (КПК) – закрепляют выносками из двух или четырех столбов или кольев по перпендикуляру к линии соответствующих тангенсов. Промежуточные (пикетные) точки круговой кривой закрепляют выносными точками, располагаемыми на линии, перпендикулярной к касательной в данной точке кривой; при этом расстояния до выносных столбов или кольев принимают аналогичными расстояниям при закреплении пикетажа прямых.

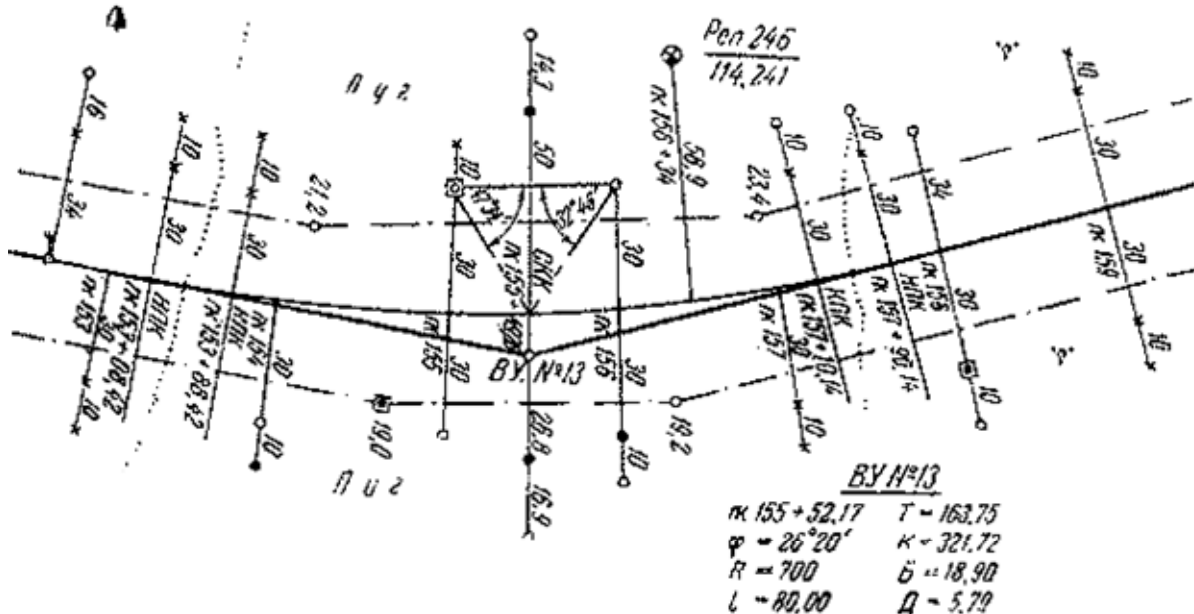


Рис. 2. Схема закрепления трассы от ПК 145 до ПК 159:

- ⊗ – постоянные реперы;
- – рабочие реперы на свайке;
- – рабочие реперы на столбике;
- – граница полосы отвода

Середину круговой кривой (СКК) закрепляют либо по линии биссектрисы с промером расстояния до первой выносной точки внутреннего угла, либо угловой засечкой с ближайших выносных точек закрепления пикетажа по кривой (см. рис. 2).

Оси искусственных сооружений на прямолинейных участках закрепляют выносками из сваек или столбов по линии, перпендикулярной к трассе.

Полосу отвода закрепляют межевыми знаками, бетонными свайками, затесами на деревьях, подлежащих рубке, пнях и т.д. Этими знаками пользуются как разбивочными при расчистке полосы отвода.

Вместе с трассировщиком или вслед за ним идет бригада угломерщиков, в обязанности которой входит проложение теодолитного хода по трассе с измерением или разбивкой углов поворота и определением расстояний между вершинами. Кроме того, угломерщик производит инструментальное вешение линий для облегчения разбивки пикетажа, определяет неприступные расстояния, совершает обход препятствий, разбивает большие углы для вписывания в них кратных кривых, определяет элементы кривых по назначенному трассировщиком радиусу и измеренному углу поворота, руководит прорубкой визирок, если трасса проходит через лес или кустарник, производит плановую привязку трассы к пунктам геодезических сетей.

Затем идет звено *пикетажиста*, осуществляющее разбивку пикетажа, расчет кривых и их разбивку, а также другие работы. Отдельное звено

обычно назначается для закрепления трассы. По разбитому пикетажу производится нивелирование специально организованными бригадами.

Пока трассировщик выбирает следующую поворотную точку, производится вешение предыдущего направления.

Инструментальное вешение линии, заданной конечными точками A и B , выполняется следующим образом.

Установив теодолит в точке A по отвесу и уровню, направляют центр сетки нитей на самую низкую видимую точку вешки, находящейся в пункте B (рис. 3). Закрепив алидаду, устанавливают последовательно вехи 1, 2 так, чтобы низ каждой из них был виден в центре сетки, после чего проверяют положение верхней части вешки по центру сетки.

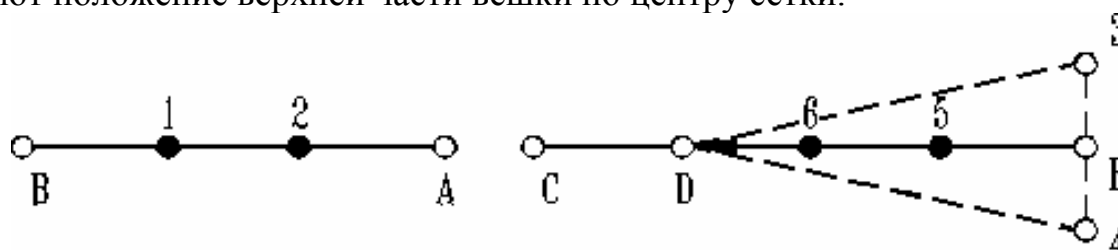


Рис. 3. Вешение линии теодолитом и обход препятствия

Если линию CD нужно продолжить вешением за точку D , то устанавливают в этой точке теодолит, наводят центр сетки на вешку, стоящую в точке C , и закрепляют алидаду. Затем переводят трубу через зенит и по центру сетки на продолжении линии CD устанавливают веху 3. Пусть из-за коллимационной ошибки трубы она не попала на продолжение створа линии CD . Тогда открепляют алидаду, наводят еще раз центр сетки на низ вешки, стоящей в точке C , алидаду закрепляют, а трубу снова переводят через зенит и устанавливают веху 4. Промежуток между вехами 3 и 4 делят пополам, получают точку E , лежащую на продолжении створа линии CD : в эту точку переставляют одну из вешек, а вторую убирают. Потом наводят центр сетки на точку E и устанавливают промежуточные вехи 5 и 6.

По окончании вешения окрашенные вешки вынимают и на их место устанавливают колья, очищенные в верхней части от коры и называемые *заменками*. Длина заменок 1,5–2,0 м, толщина 2–3 см. Среднее расстояние между вешками около 80 м; на ровных участках оно увеличивается, на пересеченных – уменьшается.

При нивелировании трассы на *изысканиях* автомобильных дорог допускают следующие упрощения.

Нормальное расстояние от нивелира до реек доводят до 100–150 м; отсчеты по рейкам округляют и записывают, как и отметки, в метрах, например 232 см записывают как 2,32 м. При двойном нивелировании допускают расхождения в превышениях до 2 см на каждой станции.

При пересечении трассой железных дорог нивелируют их по 200 м в каждую сторону. В качестве высотного обоснования используют пункты госу-

дарственной нивелирной сети, расположенные вблизи строительства дороги, и временные реперы (столбы, массивные местные предметы). На последних должно быть точно обозначено гвоздем или краской место постановки рейки. Реперы устанавливают вне зоны производства земляных работ и полосы отвода в пересеченной местности через 1 км, а в равнинной – через 2 км. Кроме того, реперы закладывают на площадках зданий, вблизи искусственных сооружений и у точек нулевых работ. Дополнительно к этому устанавливают реперы на переходах через большие реки, в местах сосредоточения земляных работ и при тоннельных пересечениях. Высотные знаки устанавливают за пределами возможных земляных работ.

В качестве рабочих реперов используют оголовки сваек и столбов выносных точек, пни деревьев твердых пород, выступы скал и т.д. Общее количество рабочих реперов должно быть 3–5 на 1 км трассы.

1.4. Разбивка на трассе круговых и кратных кривых

При расчетах и последующей разбивке круговой кривой на местности приходится иметь дело с шестью ее элементами, показанными на рис. 4: углом поворота α , известным из результатов измерений или разбивки в вершине угла (ВУ); радиусом кривой R , назначаемым трассировщиком с учетом рельефа, ситуации и технических условий проектирования дорог; длиной касательных T , называемых иначе тангенсами; длиной кривой от ее начала (НК) до ее конца (КК), называемой кривой и обозначаемой буквой K ; отрезком от ВУ до середины кривой (СК), называемым биссектрисой и обозначаемым буквой B ; домером D , равным разности между длиной двух касательных тангенсов и кривой.

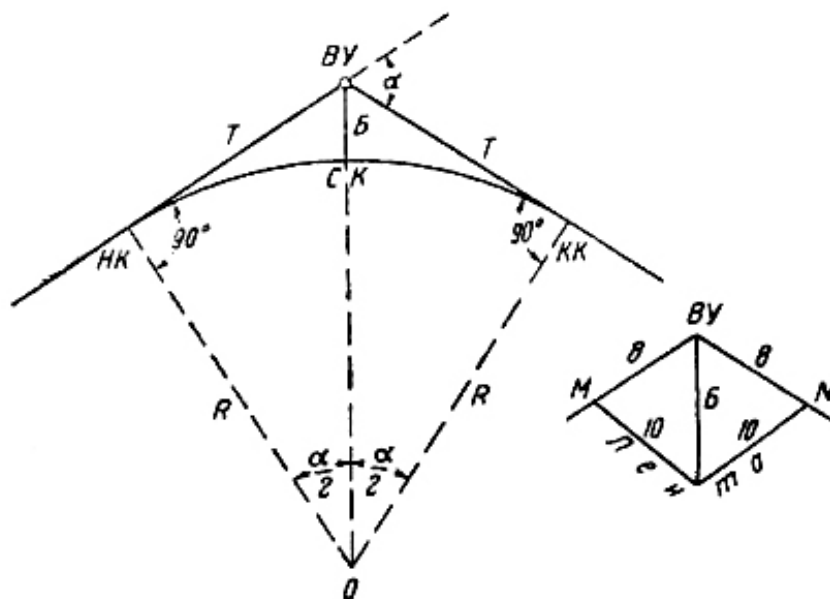


Рис. 4. Элементы круговой кривой

На автомобильных дорогах рекомендуются радиусы не менее 3000 м; минимальные радиусы следует брать для дорог 1 категории 600 м, а для V категории – 60 м.

Зная величины α и R , остальные элементы кривой вычисляют по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (1)$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}; \quad (2)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (3)$$

$$D = 2T - K. \quad (4)$$

Все вычисления, связанные с разбивкой кривых, ведут в пикетажном журнале.

Разбивка главных точек кривой на местности (начало, середина, конец) производится следующим образом.

Направление биссектрисы определяется угломерщиком. Отложив по этому направлению рулеткой отрезок, равный B , забивают колышек, обозначающий середину кривой. Если это сделал угломерщик, то пикетажист производит проверку. Пикетажное наименование середины кривой $СК = НК + 0,5K$; контроль: $СК + 0,5K = КК$.

Направление биссектрисы можно определить, если разделить угол между касательными пополам с помощью ленты, как указано справа на рис. 4. Для этого на сторонах угла от его вершины откладывают одинаковые отрезки, например по 8 м, получают точки M и N , в которых закрепляют концы ленты. Взявшись за середину ленты, отходят от ВУ до полного выравнивания и натяжения ленты, в результате получают точку на биссектрисе. Затем от вершины угла откладывают величину биссектрисы B по найденному направлению.

Для отыскания точек, соответствующих началу и концу кривой ($НК$ и $КК$), откладывают от вершины угла на сторонах его величину тангенсов T , забивают колышки и пишут на них, кроме пикетажного наименования, соответственно $НК$ и $КК$. При длине тангенсов, превышающей одну-две ленты, лучше поступить иначе. От уже забитого пикета или плюса, ближайшего к главной точке кривой, откладывают разность их пикетажных наименований и получают положение искомой главной точки. Например, по расчету получилось $НК ПК 42 + 57,15$, значит, нужно найти пикет 42, отложить от него вперед 57,15 м, забить колышек и написать на нем $НК$ и пике-

тажное наименование +57,15. Можно сделать иначе: от пикета 43 отложить 100 – 57,15 = 42,85 м. Так как измерение трассы за вершиной угла производится после расчета кривой, то конец кривой отмечают по ленте на соответствующем отсчете.

Домер из результатов измерений нужно исключить по следующим причинам.

Если бы измерения производились двумя лентами, одна из которых двигалась бы по ломаной, а другая – по кривой, то за концом кривой на обеих лентах в одних и тех же точках получились бы отсчеты, отличающиеся от двух касательных именно на эту величину. Чтобы на ленте, перемещаемой по ломаной, получить такие отсчеты, как будто она передвигалась по кривой, нужно в каком-нибудь месте исключить из счета домер, т.е. отложив, например, на касательной отрезок 20 м + Д, считать его в пикетаже за 20 м. Обычно домер откладывают сразу же за вершиной угла. Для этого пикетажист берет у заднего рабочего одну шпильку и ставит ее вперед по ленте на расстоянии домера от задней шпильки. После этого оба рабочих вынимают воткнутые в землю шпильки и тянут ленту вперед так, чтобы конец ее оказался у воткнутой пикетажистом шпильки. Если домер больше одной или нескольких лент, например Д = 47,32 м, шпильку заднего мерщика переставляют вперед по ленте на 7,32 м и, кроме того, от заднего мерщика переднему передают две шпильки.

Таким образом, на касательных это расстояние фактически равно 100 м + Д, т.е. 147,32 м. Но, если подойти к пикету, на ленте можно будет прочесть 100 м. На кривой этот пикет и фактически равен 100 м. Так поступают при разбивке каждой кривой.

Кратные кривые разбивают тогда, когда трасса делает поворот на большой угол и при этом приходится принимать большой радиус. В таких случаях удобнее взять несколько малых углов, в сумме составляющих большой с расчетом, чтобы кривые, вписанные в малые углы, составили общую кривую. Конечная точка каждой малой кривой должна совпадать с начальной точкой следующей кривой, иначе говоря, малые кривые должны следовать *одна за другой впритык*.

Величину малых углов подбирают по формуле, так, чтобы каждая кратная кривая, кроме первой, начало которой уже определено, начиналась на пикете, а именно:

$$\alpha = \frac{180^\circ}{\pi R} K. \quad (5)$$

Следовательно, кратные кривые берут по 100 или по 200 м, не включая в эту группу первую и последнюю кривые, длину которых определяют иначе. Например пусть $\alpha = 35^\circ 37'$, $R = 1200$ м, кривая начинается на ПК 34 + 20,00 (рис. 5). Первую кривую надо взять длиной 180 м, тогда вторая

кривая начинается на ПК 36. Дальше нужно брать кривые по 200 м. В таблицах значений главных кратных кривых (табл. 2) при $R = 1200$ м можно взять для $K_1 = 180$ м величину $\alpha = 8^\circ 36'$, $T_1 = 90,17$ м, $D_1 = 0,34$ м, $B_1 = 3,38$ м; для $K_2 = K_3 = 200$ м получаем: $\alpha_2 = \alpha_3 = 9^\circ 33'$, $T_2 = T_3 = 100,23$ м, $D_2 = D_3 = 0,46$ м, $B_2 = B_3 = 4,18$ м. Если вычесть из большого угла сумму трех малых, то останется угол $\alpha_4 = 7^\circ 55'$, по которому из таблиц для элементов кривых при $R = 1200$ м определяют $T_4 = 83,04$ м, $K_4 = 165,81$ м, $D_4 = 0,26$ м, $B_4 = 2,86$ м. По этим данным можно найти вершины малых углов и точки касания кривых, совпадающие с пикетами. Разбивку большого угла на составляющие его малые обычно производит угломерщик при проложении теодолитного хода по трассе. Числовые величины для разбивки кратных кривых выбирают из табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Кратные кривые

К	α	Т	Д	Б	К	α	Т	Д	Б
180	$8^\circ 36'$	90,17	0,34	3,38	200	$9^\circ 33'$	100,23	0,46	4,18
190	9,04	95,20	0,40	3,77	210	1002	105,27	0,54	4,61

Расчет пикетажного наименования главных точек для каждой кратной кривой выполняют аналогично рассмотренному выше, имея заданное пикетажное наименование начала кривой ПК 34 + 20,00 м.

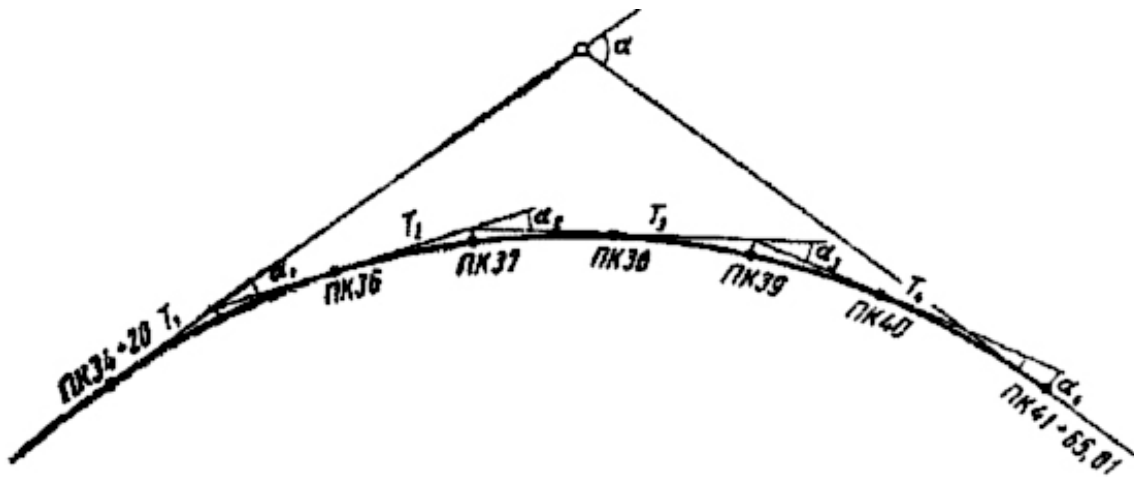


Рис. 5. Кратные круговые кривые

Из рис. 5 следует, что только пикеты 35 и 41 требуют специального выноса на кривую, все же остальные оказались на своих местах уже в процессе разбивки главных точек. Отсутствие грубых ошибок при разбивке проверяется румбами.

1.5. Прием-передача закрепленной трассы

Перенесение на местность трассы автомобильной дороги производит изыскательская организация. С процессом строительства этот период связан тем, что изыскатели натурно и документально сдают строительной организации закрепленную на местности трассу, которая в дальнейшем служит предметом детальных разбивок.

После выполнения изысканий строительная организация в присутствии заказчика производит полевою приемку вынесенной и закрепленной геодезическими знаками на местности трассы автомобильной дороги. Прием-передача закрепленной трассы оформляется специальным актом за подписью представителей изыскателей, строителей и заказчика.

В акте приема-передачи отражается выполненный объем работ по созданию планового и высотного обоснования, а все закрепляемые и выносимые точки заносятся в схему закрепления трассы (см. рис. 2).

Строительная организация принимает от изыскателей следующие элементы закрепления с их выносками:

- пикетаж трассы;
- створные точки на длинных прямых;
- вершины углов поворота;
- главные и промежуточные точки переходных и круговых кривых;
- оси искусственных сооружений;
- полосу отвода.

При приемке работ изыскательского периода строительная организация принимает разбивку и закрепление всех сопряжений трассы автомобильной дороги в плане. При сопряжении прямых круговой кривой, помимо пикетажа, по длине кривой принимают точки НК, СК и КК. Если сопряжение выполнено сложными кривыми, то приемке подлежит пикетаж кривых – точки НПК, КПК и СКК.

При приемке высотного обоснования сверяют с каталогом и уточняют в натуре месторасположение пунктов государственной нивелирной сети, использованных изыскателями. Выборочной проверке подлежат отметки пикетажа трассы и выносных точек.

Строительная организация в качестве приложения к акту принимает:

- продольный профиль трассы;
- ведомость реперов;
- журнал выносок с указанием закрепленных пикетов;
- схему закрепления трассы.

Кроме того, строительная организация должна располагать информацией о полосе отвода, границах лесных вырубок, типовых поперечных профилях земляного полотна, конструкции слоев дорожных оснований и покрытий, водоотводных устройствах и т.п.

Перечисленная техническая документация является исходной для производства последующих разбивочных работ.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные требования, предъявляемые к автомобильным дорогам.
2. Понятие ландшафтного проектирования.
3. Выделите три основных группы изысканий.
4. Что включает в себя детальная разбивка трассы?
5. Из каких операций состоят геодезические работы, связанные с проложением трассы на местности?
6. Кто выполняет работу по проложению и закреплению трассы на местности?
7. Назовите главные точки кривой.
8. Что используется в качестве рабочих реперов при проложении и закреплении оси трассы?
9. Какие элементы закрепления с их выносками принимаются строительной организацией от изыскателей?
10. В каких случаях выполняют разбивку кратных кривых?

2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Подготовительный период строительства автомобильных дорог включает сгущение геодезических пунктов для закрепления трассы в плане, установку нивелирных реперов и определение их абсолютных отметок. Эти работы производят одновременно с детальной разбивкой земляного полотна в плане и по высоте. Работы подготовительного периода выполняют до начала возведения и разработки земляного полотна.

2.1. Восстановление и закрепление трассы

Между проектированием и строительством дороги проходит определенный промежуток времени, за который точки закрепления трассы частично утрачиваются. Поэтому перед началом строительных работ трассу восстанавливают, принимая за основную окончательно выбранную и закрепленную на местности при полевом трассировании и определенную чертежами рабочей документации трассу.

В случае последующего уничтожения знаков закрепления трассы их восстанавливают силами строительной организации. При восстановлении трассы, планового и высотного обоснования точность выполняемых геодезических работ должна быть не ниже допусков, установленных «Инструкцией по инженерным изысканиям для линейного строительства», основные положения которой приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Виды невязок геодезических измерений	Допустимая невязка измерений
Расхождение в измерении горизонтального угла	$2'$
Угловая невязка при n измеренных углах	$3'\sqrt{n}$
Относительная ошибка линейных измерений:	1:1000
в равнинной местности	1:500
в горной местности	
Невязка в отметках высотного хода по трассе длиной L , км	$50\sqrt{L}$, мм

В состав работ по восстановлению трассы автомобильной дороги входят:

- 1) инструментальное восстановление пикетажа с контрольным промером линий и углов и с детальной разбивкой кривых;
- 2) контрольное нивелирование по пикетажу с дополнительным сгущением сети рабочих реперов;
- 3) закрепление трассы с выносом знаков крепления за пределы зоны земляных работ.

При восстановлении за основу принимают трассу, окончательно выбранную и закрепленную в натуре в процессе изысканий, при этом руководствуются документами рабочего проекта: планом и профилем трассы, ведомостью прямых и кривых, схемой закрепления трассы.

Восстановление трассы начинают с *отыскания* на местности *вершин углов ее поворота*. Отдельные вершины, на которых не сохранились знаки крепления, находят промерами от постоянных местных предметов согласно абрисам их привязки или прямой засечкой по проектным углам из двух соседних вершин трассы.

Если не сохранились знаки крепления на нескольких подряд расположенных углах поворота и не представляется возможным восстановить их от местных предметов, то приходится этот участок трассы восстанавливать вновь, придерживаясь взятых с проекта углов поворота и расстояний.

Одновременно с восстановлением вершин измеряют углы поворота трассы и сравнивают полученное значение с проектными. При обнаружении значительных расхождений направление трассы на местности не изменяют, а исправляют значение проектного угла поворота и пересчитывают по исправленному углу все элементы кривых.

Затем приступают к *контрольному измерению* линий с разбивкой пикетажа. Пикеты и точки пересечения трассой водотоков и магистралей устанавливают в створе по теодолиту. При этом стараются не допускать сплошной передвижки старого пикетажа. При обнаружении промахов в линейных измерениях (при трассировании пропущена лента) или при значительном накоплении ошибок делают неправильные (рубленные) пикеты, т.е. пикеты, не равные 100 м, с тем, чтобы в дальнейшем восстанавливаемый пикетаж по возможности был ближе к пикетажу, который был разбит при трассировании и по которому составлялся проектный продольный профиль; в противном случае рабочие отметки, данные в проекте, не будут соответствовать натуре.

На закруглениях трассы детально разбивают переходные и круговые кривые, причем для кривых с радиусом 500 м и больше эта разбивка делается через 20 м, а при радиусе, меньшем 500 м, – через 10 м.

Если главные точки кривых в подготовительный период уничтожены, их восстанавливают. В основном восстановление осуществляют путем створных промеров от знаков крепления главных точек. Кроме того, для восстановления точек НК, КК, НПК пользуются разностью пикетажных значений восстанавливаемых точек и ближайших пикетов, имеющих на местности. Откладывая по направлению тангенса к вершине угла значение вычисленного расстояния, находят положение искомых точек на местности. Точки конца переходной кривой восстанавливают способом прямоугольных координат путем отложения по перпендикуляру необходимых величин от направления тангенса. Середину круговой кривой восстанавливают по направлению биссектрисы внутреннего угла закругления, откладывая от вершины угла численное значение биссектрисы кривой. Вос-

становление главных точек кривых необходимо для производства детальных разбивок закруглений.

После восстановления пикетажа и детальной разбивки кривых трассу закрепляют. Знаки крепления устанавливают вне зоны земляных работ так, чтобы они сохранились на протяжении всего строительства.

Углы поворота обычно прочно закрепляют при трассировании. Если это крепление повреждено, его возобновляют. Если вершина угла попадает в зону земляных работ, то ее закрепляют двумя знаками на продолжении сторон.

Дополнительные углы, оси малых переходов и пересечений, пикеты крепятся одной створной плоскостью, перпендикулярной к оси трассы.

Знаки крепления окапывают и маркируют. При маркировке указывают наименование знака, в какую сторону от оси (по ходу пикетажа) знак вынесен, и расстояние от осевой точки до знака крепления. Все это записывают в журнал закрепления трассы.

Одновременно с закреплением трассы для удобства обслуживания строительных работ сгущают сеть рабочих реперов с таким расчетом, чтобы на 4–5 пикетов трассы был один репер. В качестве реперов стремятся использовать различные местные предметы, устойчивые по высоте, и знаки крепления, установленные ниже глубины промерзания.

В *контрольное нивелирование* трассы включают все пикетные и плюсовые точки и всю сеть постоянных и временных реперов. Для уточнения подсчета объемов земляных работ в местах, где поперечный уклон превышает $0,1(6^\circ)$, разбивают и нивелируют дополнительные поперечники.

При восстановлении трассы могут быть произведены некоторое ее корректирование и улучшение расположения на местности для уменьшения объема земляных работ и увеличения устойчивости отдельных сооружений. Так, могут быть спрямлены некоторые участки, найден более удачный переход или обход неустойчивых в геологическом отношении мест, более рационально размещены радиусы кривых и уклоны продольного профиля. Все изменения, внесенные при восстановлении трассы, передаются в проектирующую организацию для утверждения.

При восстановлении трассы земельный отдел производит отвод и закрепление на местности полосы отчуждения.

2.2. Разбивка элементов поперечного профиля земляного полотна

В подготовительный период строительства одновременно с работами по восстановлению обоснования производят детальную разбивку и крепление земляного полотна (строительных поперечников), а также всех сопутствующих элементов строящейся дороги. При производстве разбивоч-

ных работ этого периода используют принятую от изыскателей схему закрепления трассы и журналы выносок и реперов.

Разбивка поперечников состоит в обозначении на местности в плане и по высоте всех характерных точек поперечного профиля полотна: проезжей части, обочин, бровок, откосов, кюветов, подошвы насыпей и т.п. (рис. 6).

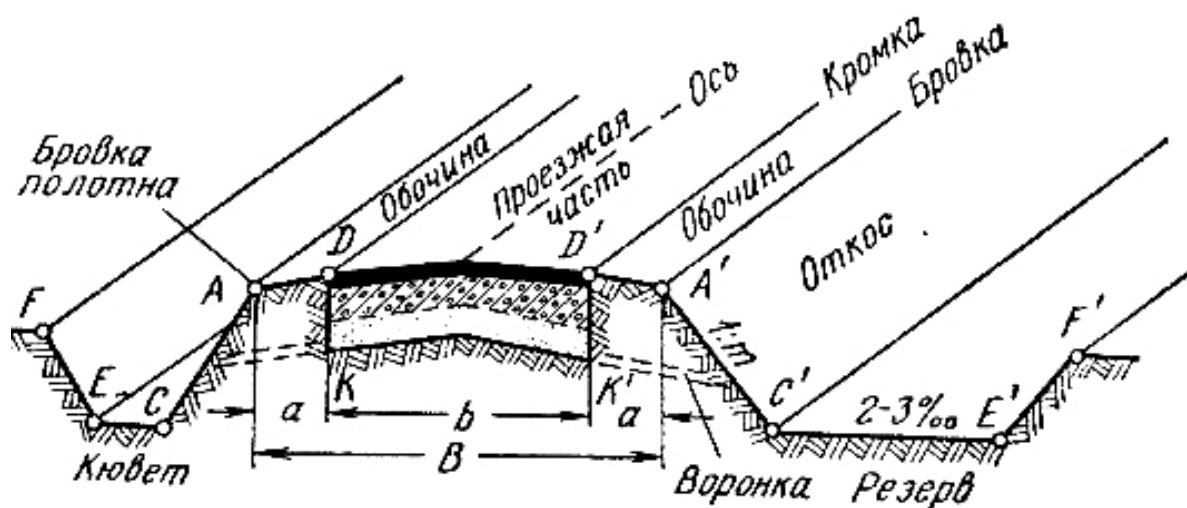


Рис. 6. Поперечный профиль земляного полотна

Ширина проезжей части может быть 6–15 м, в зависимости от категории дороги. Для укрепления проезжей части с обеих сторон устраивают обочины шириной 2–3,75 м. К обочинам примыкают откосы. Линия, отделяющая обочины от откосов, называется бровкой дорожного полотна. Проектные отметки в продольном профиле даются по бровке. Для устройства искусственного покрытия на проезжей части в дорожном полотне делают специальное земляное корыто $DKK'D'$.

Для стока воды поверхность дорожного полотна имеет поперечный уклон от середины к бровкам. Величина этого уклона назначается в зависимости от типа покрытия. На цементно-бетонных и асфальтобетонных дорогах проезжая часть имеет уклон 15–20‰, на щебеночных и гравийных – 20–30‰, на мостовых – 30–40‰. Обочины имеют поперечный уклон на 20‰ больше уклона проезжей части. Дно корыта имеет поперечный уклон, как правило, равный уклону проезжей части.

Вдоль дорожного полотна устраивают боковые водоотводные каналы – кюветы. Средняя глубина кювета 0,6 м, продольный уклон его дна должен быть не менее 2–3‰.

К разбивочным работам приступают после расчистки полосы отвода от леса, пней, кустарника и удаления растительного слоя. Разбивки должны на 1,5–2 км опережать фронт земляных работ, производство которых начинают только после постановки всех необходимых разбивочных знаков. Работы по детальной разбивке выполняют в такой технологической последовательности.

Используя основные осевые точки и выноски их закрепления, намечают положение поперечников по трассе, которые в дальнейшем необходимы для производства детальной разбивки. Как правило, поперечники разбивают на всех пикетных и плюсовых точках. В пересеченной и горной местности поперечники разбивают не только в основных точках, но и в местах производства нулевых работ.

На прямолинейных участках трассы поперечники разбивают через 20–40 м и на всех переломах продольного профиля. Для этого с помощью теодолита и ленты строго в створе оси трассы разбивают плюсовые точки между пикетами, например, +20, +40, +60, +80 м. Это будут осевые точки поперечников. Сами же поперечники разбиваются вправо и влево от этих точек, перпендикулярно к оси трассы. Прямой угол строится с помощью гониометра или эккера, а необходимые по проекту расстояния до характерных точек поперечного профиля откладываются лентой или рулеткой.

Чтобы восставить перпендикуляр к прямолинейному участку трассы с помощью теодолита, необходимо установить теодолит в соответствующей точке трассы, совместить нули лимба и алидады и ориентировать визирную ось по направлению трассы. Затем, повернув алидаду на 90° , следует закрепить по направлению визирной оси искомый створ. Для нахождения створа в противоположную от оси сторону нужно перевести трубу через зенит или повернуть алидаду на 180° .

Восстановление перпендикуляров к прямолинейным и криволинейным участкам трассы используется для нахождения на местности створов, по которым произведены разбивка и планово-высотное закрепление элементов земляного полотна.

Для восстановления перпендикуляра с помощью эккера необходимо эккер процентрировать над точкой, расположенной в створе двух вех (вехи *A* и *B*, рис. 7). Затем поворачивают эккер так, чтобы изображение одной из вех после отражения от двух зеркал было видно наблюдателю в окно эккера. По полученной линии визирования выставляют веху *C*. Продолжение линии *CD* получают ее провешиванием или аналогичным построением перпендикуляра в противоположную сторону.

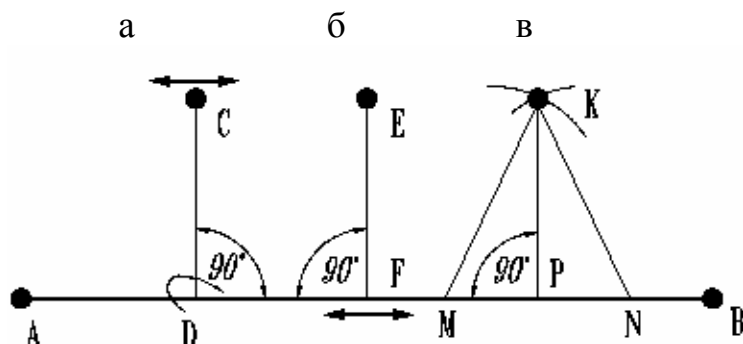


Рис. 7. Разбивка перпендикуляров на прямых

Чтобы опустить перпендикуляр на ось трассы из точки E (см. рис. 7), передвижением наблюдателя с эккером вдоль оси AB добиваются совмещения видимого через эккер изображения вехи E с одной из вех створа AB . После этого отвесом проектируют на землю положение эккера F .

Этот прием используют также для восстановления пикетов по трассе от точек их закрепления.

При построении перпендикуляра к оси способом линейных засечек (см. рис. 7) от соответствующей точки P трассы в обе стороны по оси откладывают равные расстояния $PM = PN$. Затем из точек M и N двумя рулетками одинаковой длины засекают точку K их пересечения. Створ KP представляет собой перпендикуляр к трассе.

На криволинейных (в плане) участках поперечники разбивают по линии, перпендикулярной к касательной в точках круговой кривой, расположенных через 5 м при радиусе до 100 м, через 10 м при радиусе от 100 до 500 м и через 20 м при радиусе свыше 500 м. На вертикальных сопряжениях продольного профиля разбивку производят через 20 м на выпуклых и через 10 м на вогнутых кривых.

На этих участках поперечники должны располагаться по направлению к центру кривой, т.е. перпендикулярно к касательной к кривой в точке разбивки поперечника. Так как обычно при разбивке кривой положение ее центра на местности не определяют, для разбивки поперечников на кривой применяют способ, основанный на том, что точки на кривой при ее детальной разбивке располагаются через равные отрезки ab , $bв$, $вг$ и т.д. (рис. 8).

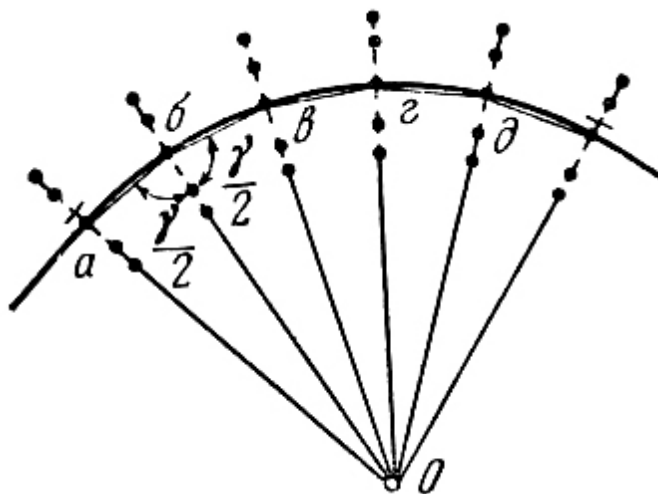


Рис. 8. Разбивка перпендикуляров к кривым

Для разбивки поперечника в осевой точке кривой измеряют угол между хордами, соединяющими эту точку с двумя соседними точками. Затем, разделив угол пополам, строят на местности его биссектрису. Очевидно, что направление биссектрисы будет совпадать с направлением радиуса кривой, вдоль которого от осевой точки и разбивают поперечник.

На полученных поперечниках осуществляют детальную разбивку земляного полотна. Перенесению на местность подлежат проекции бровок земляного полотна, границы заложения откосов насыпей, выемок, резервов и водоотводных сооружений. В полученных точках плановой разбивки устанавливают вешки-визирки или другие знаки, на которые геометрическим нивелированием передают проектные отметки, которые соответствуют отметке бровки дорожного полотна в законченном виде.

Рабочие отметки, т.е. высоты насыпей или глубины выемок, равны разности проектных отметок по бровке и отметок местности по оси. При этом если проектная отметка больше отметки местности, то дорога идет по насыпи, а если меньше – в выемке.

Для удобства выноса в натуру проектных отметок и уклонов перед выходом в поле составляют так называемый писанный профиль, в котором на основании продольного профиля дороги (рабочего проекта) вычисляют для каждого разбиваемого в натуре поперечника проектные и рабочие отметки, глубины кюветов и другие данные.

2.3. Разбивка поперечников в насыпи

Для разбивки насыпей (рис. 9) производят расчет выносимых на местность геометрических элементов земляного полотна. К ним относят расстояние по поперечнику от оси дороги до бровок ($B/2$) и основания насыпи (d).

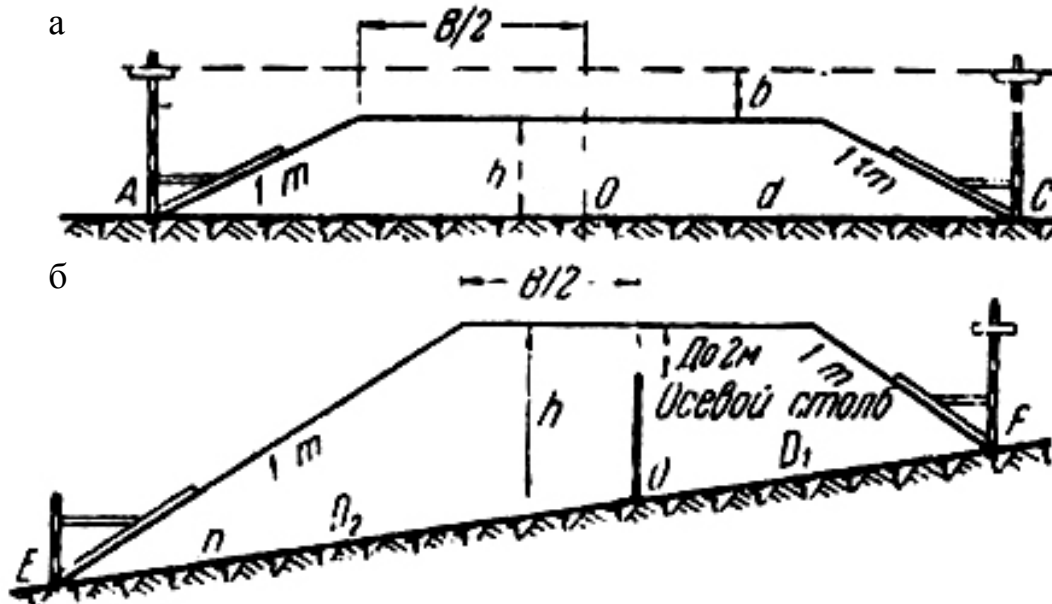


Рис. 9. Разбивка насыпей

Если при разбивке насыпи местность имеет поперечный уклон не более 1:10 (см. рис. 9), то расстояние d от оси до границы основания насыпи (откоса) вычисляют по формуле

$$OA = OC = d = \frac{B}{2} + hm, \quad (6)$$

где B – проектная ширина земляного полотна;

1: m – проектный уклон откоса (отношение h к заложению откоса m);

h – высота насыпи, определяемая разностью проектной отметки верха земляного полотна и фактической отметки поверхности земли.

Например, при ширине дорожного полотна $B = 12$ м, высоте насыпи $h = 4$ м и крутизне откосов 1: $m = 1:1,5$ будем иметь $d = 12/2 + 1,5 \cdot 4 = 12$ м.

Для обозначения бровок от оси дороги по створу поперечника откладывают в обе стороны расстояние $B/2$, а для границ откосов – расстояние d . При поперечном уклоне местности более 1:10 (см. рис. 9) расстояния от оси дороги до нагорной D_1 и подгорной D_2 границ откосов будут различными. Положение точек F и E фиксируют, отложив по наклонной местности отрезки OF и OE . Их значения удобно вычислять по поперечному уклону местности 1: n и крутизне откоса 1: m , а именно:

$$OF = D_1 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n + m}; \quad (7)$$

$$OE = D_2 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n - m}, \quad (8)$$

где 1: n – уклон поверхности земли по поперечнику разбивки, значение которого вычисляют по поперечному профилю или определяют с помощью контрольного шаблона.

Например, при ширине полотна 10 м, высоте насыпи 6 м, крутизне откосов $m = 1:1,5$ и угле наклона местности $n = 1:4$ получим:

$$\frac{B}{2} + mh = 14 \text{ м};$$

$$D_1 = \frac{14 \cdot \sqrt{4^2 + 1}}{4 + 1,5} = 10,48 \text{ м};$$

$$D_2 = \frac{14 \cdot \sqrt{4^2 + 1}}{4 - 1,5} = 23,08 \text{ м}.$$

При уклоне местности, меньшем 1:10 ($v < 6^\circ$), величины D_1 и D_2 можно вычислить по упрощенным формулам:

$$D_1 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \cdot \frac{n}{n+m}; \quad (9)$$

$$D_2 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \cdot \frac{n}{n-m}. \quad (10)$$

Расстояния D_1 и D_2 откладывают от оси с помощью рулетки. При наличии пересеченного микрорельефа по створу поперечника с помощью контрольного шаблона под уклоном 1: n укладывают на ребро доску (рейку), которую используют для отложения наклонных расстояний D_1 и D_2 .

Изложенный способ разбивки поперечников на косогорах имеет высокую производительность и дает точные результаты при сравнительно однообразном угле наклона местности. Последний или измеряется в натуре, или определяется по перечному профилю. Поперечники на косогорах могут быть также разбиты способом приближений с помощью уровня, рейки и откосного лекала.

Полученные точки детальной разбивки земляного полотна закрепляются вешками-визирками и лекалами, которые устанавливают на пикетах и переломах проектного профиля. На оси зарывают планку с перекадиной вверху – визирку, с таким расчетом, чтобы верх визирки был на уровне проектной отметки полотна. У подошвы насыпи устанавливают откосные лекала, характеризующие крутизну насыпи. По лекалам автогрейдером нарезают борозду глубиной до 20–30 см с целью обозначения границ насыпи между точками разбивки. Для этого отвал автогрейдера устанавливают под проектным заложением откоса и поворачивают его в плане с таким расчетом, чтобы грунт с отвала сходил в сторону насыпи. Нарезанная борозда используется как своеобразная разбивка для возведения первого слоя насыпи. При возведении насыпи бульдозером или грейдерами за счет грунта из боковых резервов борозды не нарезают.

При производстве земляных работ скреперами, чтобы не мешать движению последних, лекала следует ставить реже. При этом визирки можно установить за пределами полотна у подошвы насыпи. В процессе работы крутизна откосов и ширина полотна периодически проверяется переносными шаблонами и промерами от восстанавливаемой оси.

При разбивке однослойных насыпей (h до 0,5 м) по оси забивают колья так, чтобы их верхний срез находился на проектной отметке верха земляного полотна. Как правило, такие насыпи возводят грейдерами, для которых разбивают линию первого зарезания на расстоянии $\rho = \frac{\ell}{2 \sin \alpha}$ от бровок откоса в полевую сторону (здесь ℓ – ширина отвала грейдера; α – угол

его захвата). Высотную разбивку однослойных насыпей дублируют установкой вешек-визирок за пределами резервов у выносных точек закрепления земляного полотна. При этом горизонтальные планки визирок закрепляют с некоторым постоянным превышением (от 1 до 1,5 м) над проектными отметками верха земляного полотна. Такое закрепление позволяет в дальнейшем контролировать отсыпку насыпи, определять отметки дна резервов и водоотводных сооружений. Для этого используют линию визирования между вешками, установленными не только на одном поперечнике, но и между смежными поперечниками разбивки. Плановое положение элементов полотна определяют также от вешек-визирок.

Для насыпей высотой более 0,5 м все колья, расположенные в точках детальной разбивки границ откосов, заменяют инвентарными откосниками. Откосники устанавливают с обеих сторон насыпей по два на каждом поперечнике. При этом установку откосного лекала осуществляют с помощью контрольного шаблона под проектным значением заложения откоса насыпи.

Для разбивки насыпей высотой до 2 м также используют вешки-визирки, которые устанавливают по отвесу у вертикальной стойки откосников. Высота насыпи фиксируется горизонтальными планками, закрепляемыми с постоянным превышением b над проектной отметкой верха земляного полотна (см. рис. 9,а). Передачу отметок на планки вешек-визирок производят геометрическим нивелированием от ближайших точек высотного обоснования.

При высоте насыпи более 2 м на оси полотна вкапывают столбы с таким расчетом, чтобы их верхний торец был на 1,5–2 м ниже проектной отметки верха земляного полотна (см. рис. 9,б). На столбах сверху вниз с интервалом через 1 м наносят деления, которые в дальнейшем используют для визуального контроля высоты насыпи. Кроме того, у нанесенных делений записывают расстояния до левой и правой бровок от уровня метки. В последующем оставшуюся высоту насыпи от верха осевого столба размечают путем установки откосников и вешек-визирок аналогично рассмотренным выше случаям.

На планках вешек-визирок, срезах столбов или откосниках записывают пикетажное положение поперечника, высоту насыпи, расстояние до оси и превышение относительно осевой точки. Эти же данные фиксируют в разбивочном журнале.

Когда насыпь вчерне закончена, для окончательной отделки полотна восстанавливают ось и выносят в натуру по поперечникам проектные отметки с учетом запаса на последующую осадку грунта.

При разбивке поперечников автодорожного полотна необходимо учитывать способ устройства корыта и обочин. В насыпи корыта устраивают с полуприсыпными обочинами, когда грунт, вынутый из корыта, идет на до-

сыпку обочин, или с присыпными обочинами, когда проезжую часть устраивают на построенном вчерне земляном полотне, а обочины создают из грунта, привезенного со стороны.

Для возведения насыпей вчерне при разбивке поперечников бровки полотна должны быть отсыпаны несколько ниже проектных отметок, а дорожное полотно должно быть немного шире с тем, чтобы после досыпки обочин дорога заняла проектное положение.

Наиболее часто устраивают *полуприсыпные обочины*. В этом случае земляное полотно вчерне устраивается без поперечного уклона, а величина уменьшения высоты бровки этого полотна находится из условия равенства объемов грунта, вынутого из корыта и присыпанного на обочинах.

При устройстве присыпных обочин поверхности земляного полотна в черновом виде придают поперечный уклон, равный проектному уклону дна корыта.

2.4. Разбивка поперечников в выемке

Расстояния от оси трассы до бровок выемок (OM и ON) на местности с уклоном более 1:10 (рис. 10,а), вычисляют по формуле

$$OM = ON = d = \frac{B}{2} + c + mh, \quad (11)$$

где c – ширина кювета поверху.

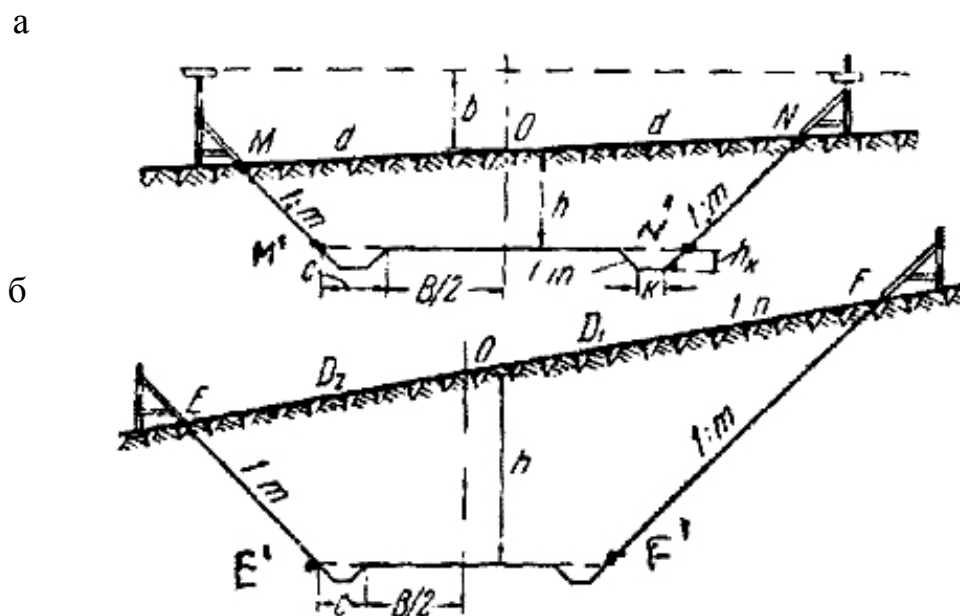


Рис. 10. Разбивка выемок

Величину c определяют по формуле

$$c = 2m_1 h_k + k, \quad (12)$$

где h_k – глубина кювета;

$1:m$ – уклон откоса кювета;

k – ширина кювета по дну.

Таким образом, в равнинной местности для нахождения полевых бровок выемки по перпендикулярам к оси в обе стороны от нее с помощью рулетки откладывают расстояние D и закрепляют кольями точки M и N . Отмерив от этих точек величину заложения откоса (hm), находят и закрепляют точки M' и N' . Таким образом, на первом этапе, когда земляное полотно создается вчерне, поперечный профиль в выемке задается в виде некоторой трапеции $MM'N'N$. В дальнейшем при отделке земляного полотна делают разбивку под кюветы, корыто и обочины.

При разбивке выемок на местности с поперечным уклоном более 1:10 расстояние от оси до границы выемки будет меньшим в сторону понижения ската и большим в нагорную сторону (см. рис. 10,б). Наклонные расстояния до нагорной D_1 и подгорной D_2 границ выемки вычисляют по формулам:

$$D_1 = \left(\frac{B}{2} + c + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n - m}; \quad (13)$$

$$D_2 = \left(\frac{B}{2} + c + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n + m}. \quad (14)$$

Величину поперечного уклона местности определяют по поперечному профилю и с помощью контрольного шаблона. Для нахождения нагорной границы откоса выемки с помощью рулетки от оси вверх по уклону откладывают расстояние $OF = D_1$, для подгорной стороны – расстояние $OE = D_2$.

С целью обозначения границ выемки по найденным на местности точкам границ откосов автогрейдером нарезают борозду, которая является своеобразной разбивкой в начальной стадии разработки выемки.

Для облегчения производства земляных работ в точках E и F , разбитых на бровках выемки, устанавливают откосники, показывающие крутизну откоса. По мере разработки грунта механизмами повторяют разбивку осевых точек и точек E' и F' и указывают оставшуюся глубину выемки. Аналогично делается разбивка и при сооружении водоотводных канав.

Для высотной разбивки выемок используют вешки-визирки, которые устанавливают по отвесу у вертикальных стоек откосников. При этом горизонтальные планки вешек-визирок закрепляют на некотором условном уровне $h + b$ (см. рис. 10,б). Величину b выбирают произвольной, но не бо-

лее 1 м. Кроме того, при выборе величины b необходимо учитывать, что значение $h + b$ может быть принято постоянным для всей длины участка выемки. Абсолютная отметка линии визирования, равная $H_{\text{лв}} = H_{\text{пр}} + h + b$, передается на горизонтальные планки вешек-визирок с помощью нивелира от выносных точек высотного закрепления или ближайшего репера трассы.

Полученная линия визирования позволяет в дальнейшем с помощью вешек или реек контролировать послойную разработку выемки на глубину до 3 м. На выемке с большей глубиной при ее разработке экскаватором на всю глубину вешки-визирки не устанавливают. При послойной разработке глубокой выемки вешки-визирки и откосники переставляют на плоскость откосов. Перестановку осуществляют при остаточной глубине выемки менее 3 м.

На планках вешек-визирок или на откосной рейке записывают пикетажное положение поперечника, глубину выемки по оси и по бровке, расстояние до оси и превышение относительно осевой точки. Эти данные фиксируют и в журнале разбивок.

Когда выемка в основном закончена и осталось добрать до проектной отметки 10-20 см, для чистовой отделки намечают точки, определяющие положение кюветов, корыта и обочин и с помощью нивелира эти точки устанавливают на уровень проектных отметок.

Проектные отметки характерных точек поперечного профиля дорожного полотна вычисляют от отметки бровки $H_{\text{бр}}$ по проектным уклонам и ширине отдельных частей (рис. 11).

Например, проектная отметка по оси корыта

$$H_0 = H_{\text{бр}} + a_1 i_0 + \frac{b}{2} i_1 - h, \quad (15)$$

где h – толщина дорожного покрытия по оси.

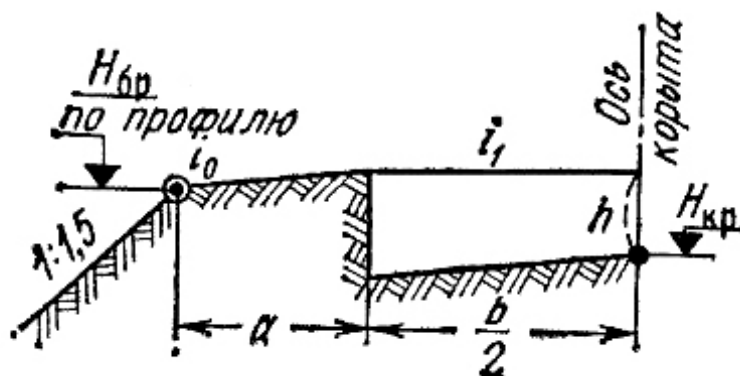


Рис. 11. Разбивка точек, определяющих положение кюветов, корыта и обочин

Для окончательной отделки земляного полотна поперечники разбивают через 20 м. На участках с вертикальными кривыми малых радиусов, где

применение визирок ограничено, поперечники необходимо разбивать через 10 м.

Проектные отметки земляного полотна выносятся в натуру с точностью 1 см

2.5. Закрепление элементов детальной разбивки створными знаками

Следующим этапом геодезических работ подготовительного периода является закрепление детальной разбивки створными знаками за границей полосы отвода дороги с целью создания возможности восстановления точек детальной разбивки в случае их утраты на местности.

Установки осевого столба или двух вешек-визирок на одном поперечнике достаточно для закрепления высотных элементов земляного полотна. Элементы плановой разбивки насыпей и выемок закрепляют парными створными знаками, которые устанавливают за границей полосы отвода. Выносные точки знаков закрепляют одновременно с разбивкой поперечников. Первую точку устанавливают на постоянном для всех знаков расстоянии от оси, равном 30–50 м, а вторую – на 5–15 м дальше. Парные знаки устанавливают по обе стороны от оси в створе поперечника. Превышения выносных точек относительно осевой точки данного поперечника определяют геометрическим нивелированием. На стороне кола, обращенной к оси сооружения, записывают пикетажное положение поперечника, измеренные расстояния до оси и границы откоса и превышение над осевой точкой.

В скальных грунтах выносные точки створных знаков обозначают пересечением высеченных канавок или прямых линий, нанесенных масляной краской. Такие точки обкладывают валиками из камней, а необходимые надписи выполняют краской на скале или ближайших крупных камнях.

При производстве строительных работ выносные точки закрепления детальной разбивки становятся опорными при восстановлении от них точек оси и границ откосов и служат временными реперами при определении рабочих отметок насыпей и выемок в процессе их сооружения.

Кроме того, линия выносных точек служит базисом для закрепления и последующего восстановления осевых точек полотна способом угловых засечек.

При закреплении оси на прямолинейных участках трассы способом угловых засечек выбирают две выносные точки (базис), равноотстоящие от оси, при расстоянии между ними не менее 50 м (рис. 12,а). Базис засечек располагают от оси на таком расстоянии, чтобы была обеспечена види-

мость осевых точек при готовом земляном полотне. Последовательно устанавливая теодолит в этих точках, измеряют углы засечек на осевые точки, подлежащие закреплению. Закрепление оси на прямых производят через 300–500 м трассы, в местах сосредоточенных земляных работ, а также у высоких насыпей и глубоких выемок. Результаты угловых измерений, пикетажное положение выносных точек, принятых в качестве опорного базиса, и абрис засечек вносят в журнал разбивочных работ.

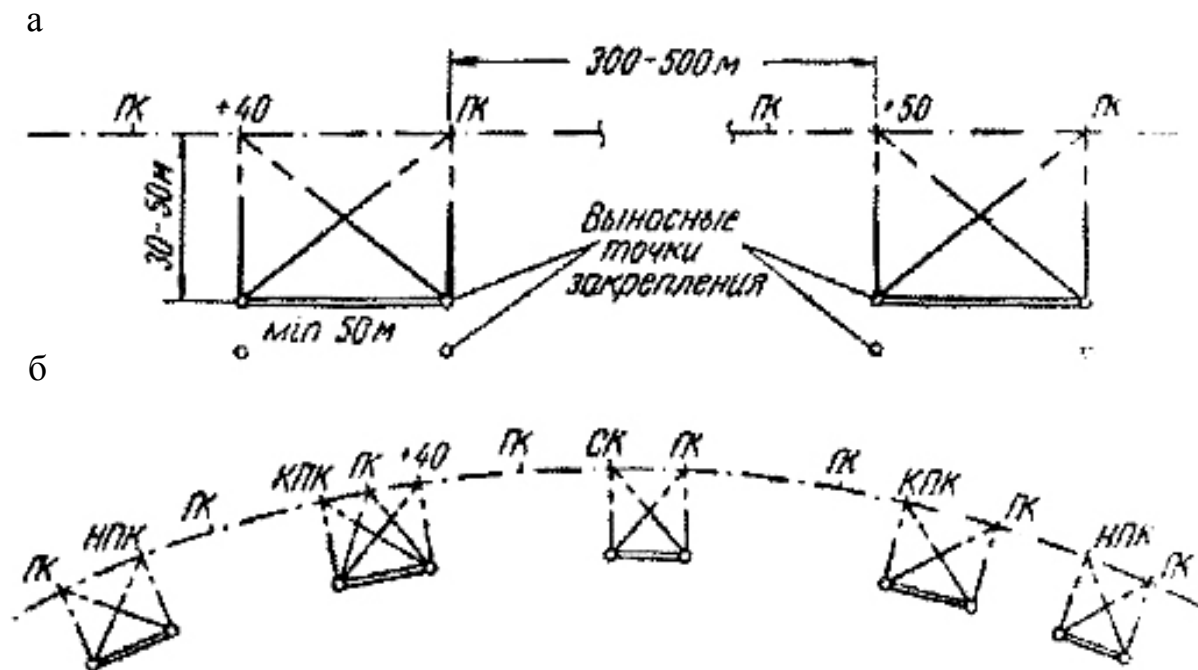


Рис. 12. Закрепление оси угловыми засечками

Выбор базисов засечек на кривых обычно производят с нагорной стороны, так как в этом случае создаются наилучшие условия обеспечения видимости осевых точек как до начала производства земляных работ, так и после их окончания. В качестве засекаемых точек выбирают главные точки кривых и точки, расположенные по круговой кривой. Расстояние до засекаемых точек не должно быть более 200 м. В соответствии с этим намечают местоположение базисов (рис. 12,б). Затем от направления базиса измеряют углы на засекаемые точки, а в журнал вносят пикетажное положение точек базиса, их расстояние от оси и абрис засечек с указанием измеренных углов.

Все элементы детальных разбивок заносят в журнал разбивочных работ. В табл. 4 приведен образец журнала применительно к рис. 12 от ПК 153 до ПК 156. В графе «Примечание» помещают необходимые эскизы, абрисы угловых засечек, описание знаков, схемы их расположения и др.

Т а б л и ц а 4

Журнал разбивочных работ

Пикетажное расстояние, км	Пикетные и плюсовые точки	Высота или глубина сооружения, м	Радиусы кривых R, мм	Расстояния от оси до границ откосов, м		Превышения границ откосов над осевыми точками, см	
				влево	вправо	левых	правых
15	3 + 00	+1,20	–	7,80	7,60	+1	+14
15	3 + 08,42	+0,84	–	7,41	6,78	–10	+32
15	3 + 88,42	+1,36	700	8,55	7,41	–34	+42
15	4 + 00	+1,42	700	8,43	8,13	–20	0
15	5 + 00	+1,80	700	8,85	8,31	–10	+26
15	5 + 49,28	+2,10	700	9,33	9,39	–12	–16
15	6 + 00	+2,00	700	9,00	9,66	–0	–44

Расстояния от выносок, м				Превышения выносных точек над осевой, см		Углы засечек		Примечание
до оси		до границ откосов		левых	правых	a	b	
слева	справа	слева	справа					
–	30,00	–	22,40	–	+39	–	–	Пикет
30,00	40,00	22,59	32,40	–58	+46	–	–	
40,00	–	32,59	–	–63	–	–	–	НПК
30,00	–	21,45	–	–61	–	–	–	КПК
40,00	30,00	31,45	21,87	–64	+16	–	–	Пикет
–	40,00	–	31,87	–	+27	–	–	”
30,00	30,00	21,15	21,69	–44	+51	–	–	
40,00	26,80	31,15	17,41	–38	–74	47°34'	32°46'	СКК
50,00	43,70	40,67	34,31	–67	–63	–	–	
64,30	30,00	54,97	20,34	–54	–73	–	–	
30,00	40,00	21,00	30,34	+9	–89	–	–	Пикет

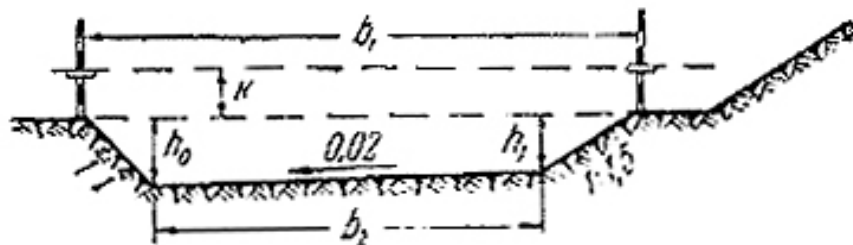
2.6. Разбивка и закрепление резервов и водоотводов

Резервы и водоотводные сооружения относят к сопутствующим элементам земляного полотна.

Резервы выполняют односкатные (рис. 13,а) с уклоном от земляного полотна при их ширине до 10 м и двускатные с уклоном к центру резерва

при ширине более 10 м (рис. 13,б). Ширина резерва по верху и по дну, а также глубина по водостоку и в местах примыкания откосов указываются в проекте.

а



б

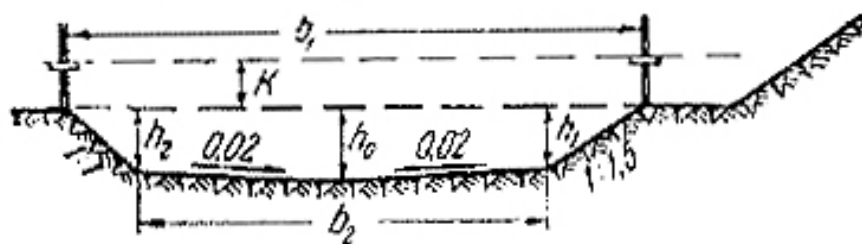


Рис. 13. Разбивка и закрепление резервов

Для выноса на местности внутренней бровки резерва от оси земляного полотна откладывают указанное в проекте расстояние, затем отложением ширины резерва по верху получают положение внешней бровки откоса. Разбивка и закрепление резервов заключается в установке вешек-визирок по внутренней и внешней бровкам откосов через каждые 50 м длины резерва, при этом на вешках горизонтальные планки закрепляют на высоте $(h_0 + k)$, где k – постоянная величина, выбираемая в пределах от 1 до 1,5 м.

Для закрепления продольного уклона резерва горизонтальные планки всех вешек-визирок устанавливают на каждом поперечнике при одинаковой величине $(h_0 + k)$. В этом случае полученная плоскость визирования будет параллельной проектному уклону водотока резерва. Необходимые отметки передают на планки вешек-визирок геометрическим нивелированием.

Величины b_1 , b_2 , h_0 , h_1 , h_2 , k (см. рис. 13,а, б), расстояние от внешней бровки резерва до выносных точек закрепления оси земляного полотна, а также пикетажное положение разбитого поперечника резерва фиксируют в журнале разбивочных работ.

С целью перехвата и отвода дождевых и грунтовых вод от земляного полотна устраивают различного типа водоотводные сооружения. При возведении земляного полотна на косогорах нагорные и водоотводные каналы вырывают до начала производства основных земляных работ. Грунтовые воды отводят путем устройства различного типа дренажей. При этом продольный уклон водоотводных сооружений должен быть не менее 5 ‰, а допускаемые отклонения от проектного продольного профиля не должны превышать $\pm 0,005$.

Вынос в натуру водоотводных сооружений в плане производят промерами от оси земляного полотна или от линии выносных точек. Необходимые расстояния определяют по проектным материалам, а при разбивке от выносных точек вычисляют с использованием данных журнала разбивочных работ.

Разбивку поперечников водоотводных сооружений производят через каждые 20 м. Для обозначения на местности водоотвода забивают колья на их оси и бровках откосов. Пикетажное положение разбитого поперечника водоотвода, глубину канавы по его оси, расстояния от оси до бровок, а также расстояния от оси до выносных точек закрепления земляного полотна фиксируют в журнале разбивочных работ. Перечисленные линейные промеры служат закреплением разбивки водоотвода в плане.

Расстояния до откосных бровок водоотвода на косогоре вычисляют по аналогии с их определением у выемок по следующим формулам:

✓ для нагорного откоса

$$D_1 = \left(\frac{b}{2} + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n - m}; \quad (16)$$

✓ для подгорного откоса

$$D_2 = \left(\frac{b}{2} + mh \right) \cdot \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n + m}, \quad (17)$$

где b – ширина кювета по дну; остальные обозначения те же, что и в формулах (11)–(14).

Полученные расстояния откладывают в соответствующую сторону от оси водоотвода и фиксируют кольшками.

Разбивку кюветов производят после вскрытия выемки и планировки ее основания. Для разбивки кюветов восстанавливают положение оси земляного полотна и по его перпендикулярам к ней в обе стороны с помощью рулетки откладывают величину

$$\frac{B}{2} + \frac{c}{2},$$

где B – ширина полотна дороги;

c – ширина кювета поверху, которую определяют согласно формуле (12).

Полученную точку фиксируют как ось кювета. Отложив вправо и влево от нее половины ширины кювета, находят внутреннюю и внешнюю границы откоса.

Разбивку и плановое закрепление дренажных траншей производят аналогично разбивке и закреплению нагорных канав. Дополнительные попе-

речники разбивают на местах расположения смотровых колодцев и на перепадах уклонов.

Высотное закрепление водоотводных сооружений производят вешками-визирками, располагаемыми за пределами зоны производства земляных работ. Как правило, вешки-визирки устанавливают с нагорной стороны на расстоянии 3-5 м от оси водоотвода через каждые 20 м в местах разбивки поперечников. При этом планки вешек-визировок устанавливают на отметке дна поперечников и закрепляют на отметке дна водоотвода плюс постоянная величина, выбираемая в пределах от 1 до 1,5 м. Отметки на планки передают геометрическим нивелированием от ближайшего репера трассы или высотных точек закрепления.

Высотные закрепления дренажей производят обносками или вешками-визирками через 20 м. Дополнительные обноски или вешки-визирки устанавливают у смотровых колодцев, а в местах перепада уклонов закрепляют по две планки, соответствующие отметкам подводящего и отводящего уклонов.

Контрольные вопросы

1. Назовите состав работ по восстановлению и закреплению трассы.
2. С чего начинают восстановление трассы?
3. Что можно использовать в качестве постоянных или временных реперов при обслуживании строительных работ?
4. Какие геодезические работы выполняют в подготовительном периоде?
5. Какие элементы поперечного профиля полотна дороги обозначают на местности при разбивке поперечников?
6. Насколько разбивочные работы должны опережать фронт земляных работ?
7. В какой технологической последовательности выполняют детальную разбивку поперечников?
8. Как восстановить перпендикуляр к участку трассы с помощью теодолита, эккера?
9. Приведите схему построения перпендикуляра к участку трассы способом линейных засечек.
10. Расчеты каких геометрических элементов земляного полотна выполняют при разбивке поперечников в насыпи?
11. Как вычисляют расстояние от оси трассы до бровок выемок при разбивке поперечников в выемке?
12. Как закрепляют элементы детальной разбивки створными знаками за границей полосы отвода дороги?
13. Как выполняют разбивку и закрепление резервов?
14. Как осуществляют плановое закрепление водоотводных сооружений?

3. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРИВОЛИНЕЙНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ

3.1. Круговые кривые

Прямолинейные участки трассы допускается сопрягать круговыми кривыми при радиусе более 2000 м. При меньших радиусах сопряжение осуществляют сложной кривой с включением в нее круговой и двух переходных кривых. Поскольку для процесса строительства недостаточно пикетажного обозначения кривых, в подготовительный период осуществляют детальную разбивку кривых.

Детальная разбивка кривой заключается в том, что на ней устанавливают колышки через кратные промежутки (5, 10 или 20 м, в зависимости от радиуса кривой) так, чтобы достаточно ясно обрисовывалось положение кривой на местности. Для этой цели пользуются одним из следующих способов: прямоугольных координат, углов или продолженных хорд.

При детальной разбивке кривой *способом прямоугольных координат* положение каждой ее точки определяют на местности в системе прямоугольных координат. При этом за ось x принимают направление тангенса от начала или конца кривой к вершине угла поворота, за ось y – перпендикулярное к оси x направление. Координаты точек на кривой вычисляют по формулам

$$x = R \sin\varphi; \quad (18)$$

$$y = R(1 - \cos\varphi), \quad (19)$$

где – φ угол поворота,

$$\varphi = \frac{180^\circ k}{\pi R} = \rho \frac{k}{R}; \quad (20)$$

здесь k – интервал разбивки кривой.

По формулам (18), (19), (20) составлены специальные таблицы (табл. 5), с помощью которых по известному радиусу кривой R и интервалу разбивки k выбирают значение кривой без абсциссы ($k - x$) и значение величины y .

Для разбивки кривой (рис. 14) по направлению тангенса от НК (или КК) откладывают величину k (точка b). Затем отмеряют назад взятую из таблицы величину ($k - x_1$) и из полученной точки a с помощью эскера откладывают табличное значение y_1 и закрепляют полученную точку e .

Таблица 5

k	$R = 250$		$R = 200$		k
	$k - x$	y	$k - x$	y	
5	0,00	0,05	0,00	0,06	5
10	0,00	0,20	0,00	0,25	10
15	0,01	0,45	0,01	0,56	15
20	0,02	0,80	0,03	1,00	20

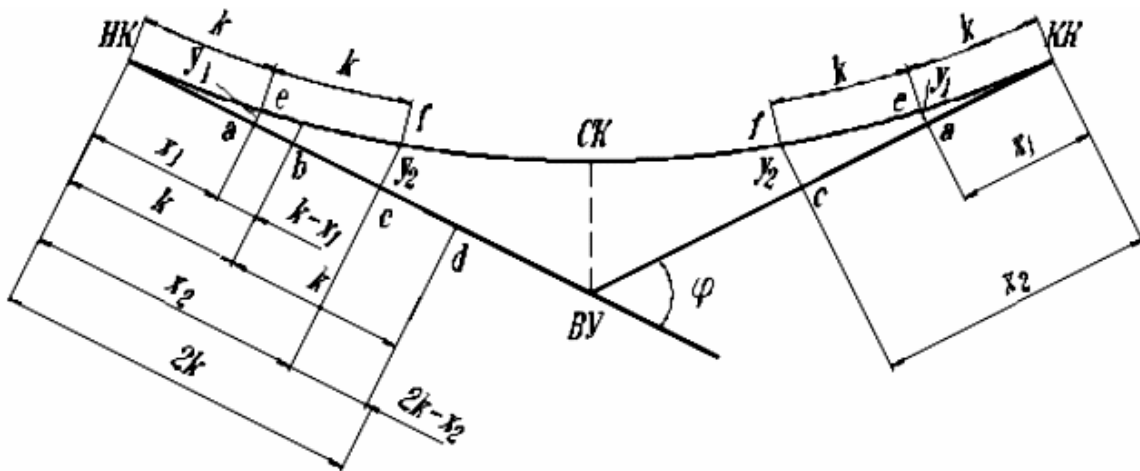


Рис. 14. Детальная разбивка кривых способом прямоугольных координат

Чтобы найти положение следующей точки кривой, по направлению тангенса от точки b откладывают величину k (точка d), отмеряют назад табличное значение $(2k - x_2)$ и восстанавливают в точке c перпендикуляр y_2 .

Полученные точки e, f и т.д. будут находиться на расстоянии k по кривой друг от друга. Как правило, разбивку ведут от начала и конца кривой по направлению к ее середине. Аналогично разбивку можно производить отложением координат x и y для каждой точки кривой. Контролем разбивки служит совпадение разбиваемых точек с пикетажными, а также получение точки $СК$.

Способ прямоугольных координат наиболее точен, но имеет недостаток – в случае длинной кривой ординаты получаются значительными, отчего снижается скорость разбивки, а в пересеченной местности – и ее точность. Для устранения этого недостатка кривую делят на две одинаковые части. Так, например, кривую ACE (рис. 15) делят на две одинаковые кривые ABC и CDE и для каждой из них производят детальную разбивку, принимая $AF = FC = CQ = QE$ за соответствующие тангенсы, определяемые по формуле

$$T_1 = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}. \quad (21)$$

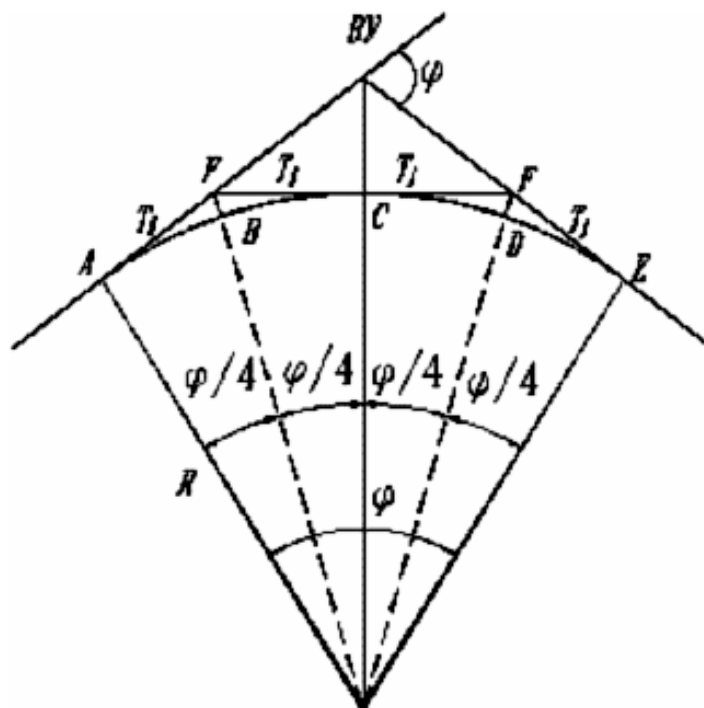


Рис. 15. Разбивка кратных кривых

Отложив от точек A и E по направлению к вершине угла отрезки, вычисленные по формуле (21), получают точки F и Q , служащие дополнительными вершинами углов поворота для кривой того же радиуса. Каждую из полученных кривых разбивают отдельно способом прямоугольных координат.

При детальной разбивке круговой кривой способом *продолженных хорд* расстояния между точками кривой должны образовывать равные хорды. Величину хорды принимают идентичной величине интервала разбивки k . Положение первой точки a на кривой (рис. 16) может быть определено способом прямоугольных координат или способом линейных засечек. При способе линейных засечек по направлению тангенса от точки НК (КК) откладывают длину хорды k , замечая положение точки a . Затем линейной засечкой со стороны k и $1/2S$, где

$$S = \frac{k^2}{R}, \quad (22)$$

получают в их пересечении точку a на кривой, которую закрепляют.

Для получения последующей точки протягивают ленту по продолжению створа линии НК– a и в точке b' на расстоянии от a , равном k , ставят шпильку. Закрепив один конец ленты в точке a , другим описывают дугу $b'b$ радиусом k . Точка b определится линейной засечкой, образованной радиусами-векторами и S .

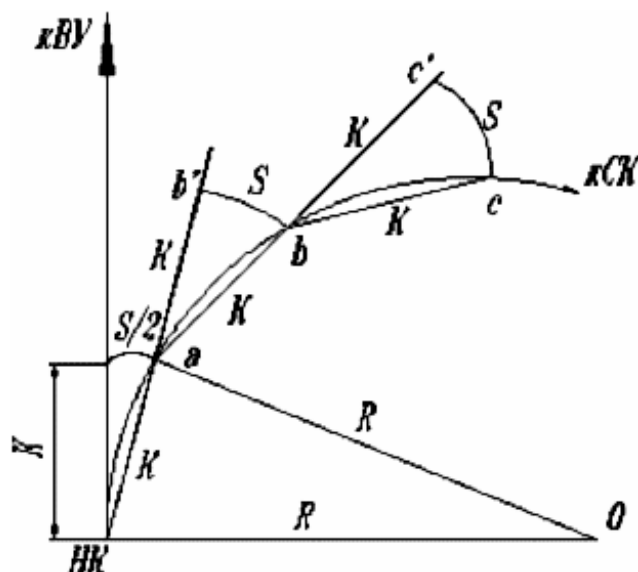


Рис. 16. Детальная разбивка кривых способом продолженных хорд

Аналогично поступают со всеми последующими точками. Разбивку также ведут от начала и конца кривой по направлению к ее середине. Контроль детальной разбивки этим способом аналогичен предыдущему. Недостатками способа продолженных хорд является накопление ошибок разбивки по мере увеличения числа отложений хорды k .

При детальной разбивке способом углов частоту расположения точек на кривой также определяет интервал разбивки k . С помощью таблиц вычисляют угол $1/2\alpha$ по формуле

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{k}{2R}. \quad (23)$$

Затем устанавливают теодолит в точке начала или конца кривой, совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба ориентируют визирную ось трубы по направлению тангенса (на вершину угла поворота). Закрепив лимб и поворачивая алидаду в сторону кривой, устанавливают отсчет $[1/2\alpha]$ и по направлению визирной оси откладывают длину хорды k (рис. 17). Полученную точку a закрепляют колом.

Затем устанавливают отсчет $a = 2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ и, удерживая один конец ленты в точке a , другой, отстоящий от первого на длину хорды k , устанавливают на пересечение с проекцией вертикальной нити сетки теодолита, получая положение точки b на кривой. Аналогично строят все последующие точки на обеих ветвях кривых, откладывая углы $3\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, $4\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ и т.д. Недостатки этого способа те же, что и у способа продолженных хорд.

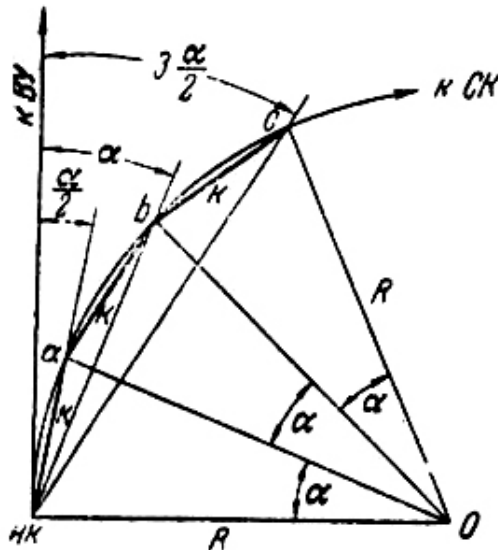


Рис. 17. Детальная разбивка кривых способом углов

3.2. Переходные кривые

При движении автомобиля по прямой на дорожное полотно действует лишь сила массы его, направленная вертикально. При переходе же с прямой, где радиус равен бесконечности, на круговую кривую, где радиус имеет то или иное конечное значение, внезапно возникает центробежная сила, под действием которой автомобиль испытывает боковой толчок. Для устранения этого толчка необходимо, чтобы центробежная сила нарастала постепенно. Это, в свою очередь, при сохранении одной и той же скорости возможно тогда, когда кривая имеет непрерывно изменяющийся радиус ρ , который, начиная от бесконечности, в точке соприкосновения с прямой, постепенно уменьшается и достигает некоторого значения R в точке соединения с круговой кривой того же радиуса (рис. 18). Применяемые на дорогах кривые, радиус которых ρ непрерывно изменяется от бесконечности до заданного значения R , называются *переходными*.

Переходные кривые вставляют при входе на круговую кривую и выходе с нее для обеспечения наибольшей скорости движения автотранспорта на участках кривых малого радиуса (менее 2000 м). Длина переходных кривых принимают в интервале от 20 до 120 м. Радиус переходной кривой ρ для любой ее точки, отстоящей от начала кривой на расстоянии ℓ , определяют по формуле

$$\rho = \frac{C}{\ell}, \quad (24)$$

где ρ – переменный радиус кривизны;
 C – параметр кривой ($C = R\ell$);
 ℓ – длина переходной кривой.

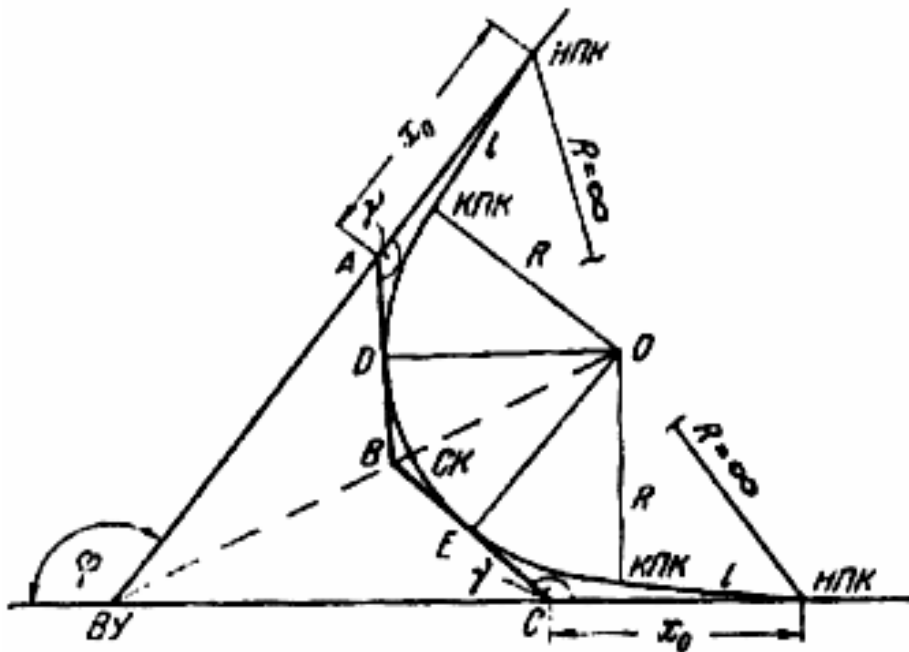


Рис. 18. Разбивка переходной кривой

Вследствие небольшой длины переходных кривых их детальную разбивку производят обычно способом прямоугольных координат от тангенса. Круговой элемент сложной кривой разбивают совместно с переходной кривой или одним из вышеописанных способов. Чаще всего детальную разбивку всей сложной кривой производят от точки начала переходной кривой, которую принимают за единое начала координат, производя разбивку закругления непрерывно без деления на круговую и переходные кривые. На этом принципе составлено большинство таблиц, с помощью которых по значению радиуса круговой кривой и интервалу разбивки выбирают значения x и y , необходимые для осуществления детальную разбивки.

В связи с тем, что значения y в пределах круговой кривой очень быстро возрастают, ее разбивку способом прямоугольных координат ограничивают ординатами, не превышающими 20 м. Оставшуюся часть кривой разбивают тем же способом, но от касательных AB и CB , проведенных к серединам обеих ветвей круговой кривой (см. рис. 18).

Для нахождения касательных от точек начала переходной кривой по направлению к вершине угла поворота откладывают величину x_0 ; в полученных точках C и A устанавливают теодолит и отложением угла γ получают искомые направления. Величины x_0 и γ приведены в таблицах в соответствии с применяемым радиусом круговой кривой и длиной соответствующей ей переходной кривой. Детальную разбивку производят от точек A и C по направлению к середине круговой кривой, при этом значения ординат сна-

чала убывают соответственно до точек E и D , а затем возрастают, достигая максимального значения в точке B . При использовании этого способа ординаты для разбивки кривых любого радиуса не превышают 20 м.

Контролем разбивки сложной кривой является совпадение разбиваемых точек с имеющимися пикетажными, а также получение точки середины круговой кривой с двух ветвей закругления.

3.3. Вертикальные кривые

При пересечении соседних участков дороги, имеющих разные уклоны, образуется выпуклый или вогнутый перелом. Выпуклый перелом, или гребень (точка B на рис. 19), служит препятствием для видимости впереди движущегося автомобиля. В вогнутом переломе C автомобиль испытывает толчок при переходе на линию CE противоположного уклона. Для плавности движения автотранспорта все переломы продольного профиля в вертикальной плоскости сопрягают вертикальными выпуклыми или вогнутыми круговыми кривыми. Радиусы кривых, особенно выпуклых, назначают в зависимости от скорости движения и расчетной видимости встречного автомобиля. Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых кривых установлены в зависимости от категории дороги в пределах от 600 до 25000 м, а вогнутых – от 200 до 8000 м.

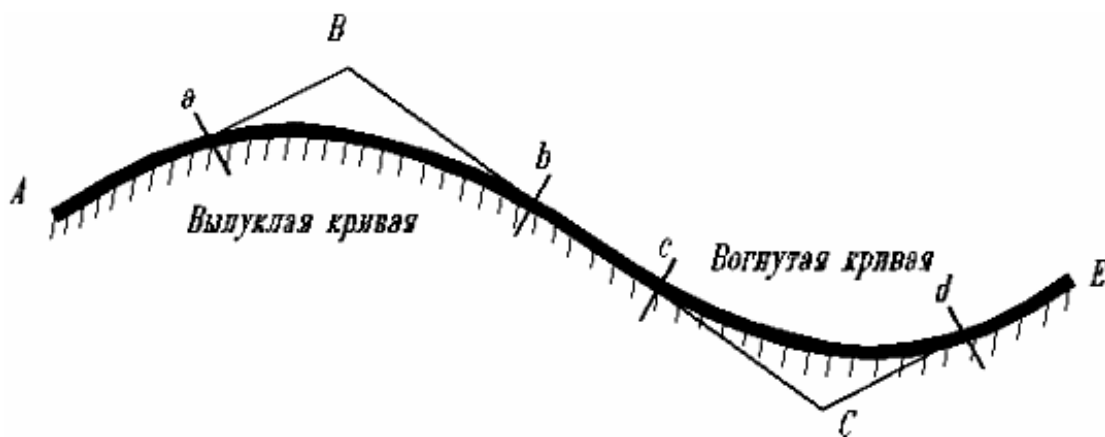


Рис. 19. Вертикальные кривые

Как правило, на чертеже продольного профиля трассы (рис. 20) отображают вид вертикальной кривой, значение радиуса, величины сопрягаемых уклонов i_1 и i_2 , пикетажные значения начала, середины и конца кривой, а также высоты ее пикетажных точек. Но, поскольку детальную разбивку вертикальных кривых производят через определенный интервал, предварительно рассчитывают пикетажные значения высот точек по кривой.

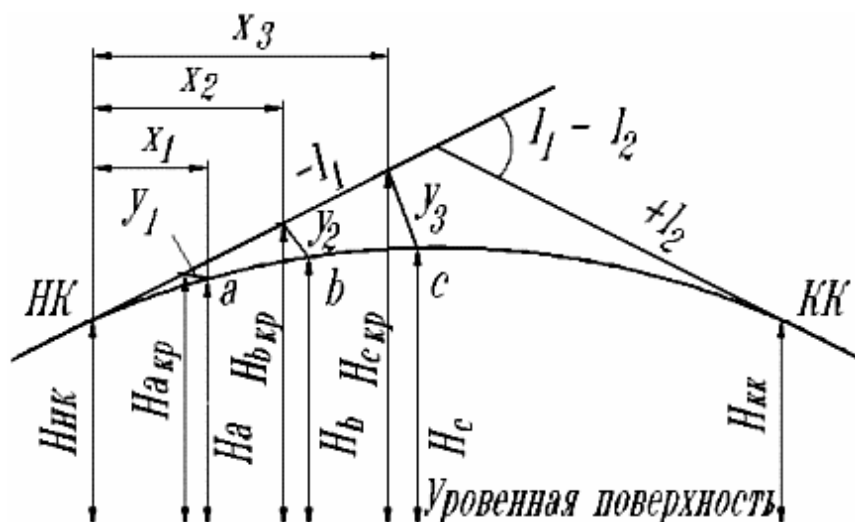


Рис. 20. Разбивка вертикальных кривых

Расчет отметок промежуточных точек производят с использованием таблиц для разбивки вертикальных кривых. В таблицах по величине радиуса вертикальной кривой через определенный интервал приведены значения x и y , соответствующие абсциссе от начала или конца кривой, и перпендикулярные к ней значения ординат. Значения y можно определить и аналитически по формуле

$$y = \frac{x^2}{2R}. \quad (25)$$

При разбивке на местности абсциссы $x_1, x_2, x_3 \dots$ через принятый интервал откладывают по пикетажу трассы от начала или конца вертикальной кривой (см. рис. 19). Соответствующие абсциссам ординаты $y_1, y_2, y_3 \dots$ вычисляют или выбирают из таблиц и определяют высоты всех промежуточных точек кривой. Для этого ординаты y с практически допустимой погрешностью считают направленными вертикально и вводят как поправку в красные отметки $H_{a_{кр}}, H_{b_{кр}}$ линий сопряжений вертикальной кривой.

При этом на выпуклых вертикальных кривых от красных отметок линий сопряжения отнимают соответствующие ординаты, а на вогнутых — прибавляют. Контролем расчета отметок вертикальных кривых является получение отметок пикетажных точек, взятых с продольного профиля трассы.

Вынос на местность отметок вертикальных кривых осуществляют геометрическим нивелированием. Отметки выносят на специальные колья или вешки-визирки через горизонт прибора путем установки по рейке отсчета, получаемого как разность горизонта прибора и отметки выносимой точки.

3.4. Серпантины

Кроме рассмотренных типов кривых, плавный переход с одного прямолинейного участка трассы на другой можно произвести не с внутренней, а с внешней стороны угла с помощью особого сочетания кривых, имеющего змеевидную форму и называемого *серпантиной* (от фр. serpent – змея) (рис. 21).

Серпантины устраивают обычно при зигзагообразном подъеме трассы по крутому склону, вследствие чего нижняя часть ее располагается на насыпи, а верхняя – в выемке. Полотно дороги приходится устраивать нередко с подпорными стенками.

При трассировании дороги по крутому склону часто приходится развивать линию в виде зигзагов с очень острыми внутренними углами. В этом случае нет возможности сопрягать прямые участки с помощью обычных закруглений, так как вследствие большой разности высот между началом и концом кривой и незначительной длины самого закругления получаются большие продольные уклоны, намного превышающие предельные. В связи с этим сопряжение линий на таких участках осуществляется с помощью серпантин, т.е. сложных внешних закруглений.

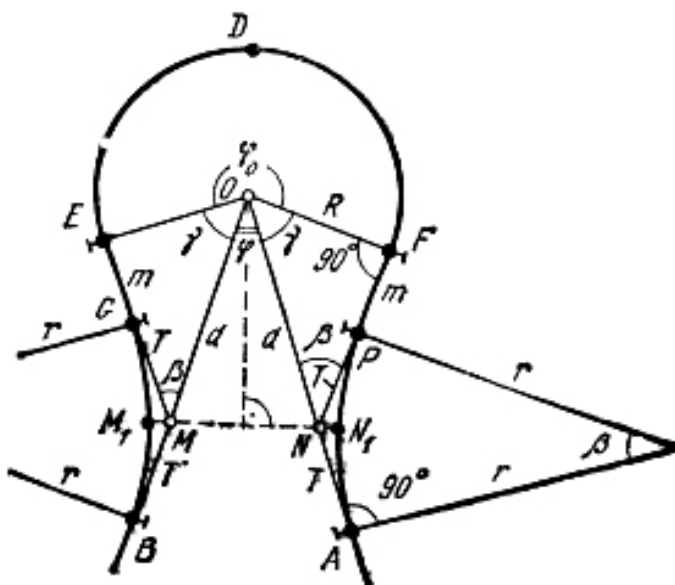


Рис. 21. Разбивка симметричной серпантины 1-го рода

На косогорных трассах серпантины часто проектируют также для обхода оврагов, ущелий и других препятствий.

Основными элементами серпантины являются:

1. Основная круговая кривая FDE радиусом R ;
2. Две вспомогательные кривые AP и BG с радиусами r_1, r_2 ;
3. Две прямые вставки или переходные кривые $PF = m_1$ и $EG = m_2$.

У симметричных серпантин прямые вставки и радиусы вспомогательных кривых между собой одинаковые, а у несимметричных – разные. Прямых вставок может и не быть, тогда вспомогательные кривые примыкают непосредственно к основной кривой. Если две вспомогательные кривые направлены в разные стороны, то такие серпантины называют 1-го рода. Если в одну сторону – то 2-го рода. Комбинации частей, составляющих серпантины того и другого рода, могут быть разные.

Центр основной кривой может находиться в любом месте; в частном случае (см. рис. 21) он совпадает с вершиной угла поворота трассы. Серпантины разрешают устраивать на дорогах III–V категорий; предельные значения отдельных элементов серпантины приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Элементы серпантины	Расчетная скорость, км/ч		
	30	25	15
Наименьший радиус основной кривой, м	30	20	15
Поперечный уклон виража, ‰	60	60	60
Длина переходных кривых, м	30	25	20
Уширение проезжей части, м	2,0	2,5	3,0
Наибольший продольный уклон, ‰	30	35	40

Радиусы вспомогательных кривых могут составлять 100-150 м. Расстояние между концом сопрягаемой кривой одной серпантины и началом другой должно быть не менее 400 м для дорог III категории, 300 м – для дорог IV категории и 200 м – для дорог V категории.

Уширение проезжей части на серпантинах производят до 0,5 м за счет внешней обочины, а остальную часть уширения – за счет внутренней обочины и дополнительного уширения земляного полотна.

При расчете симметричной серпантины обычно задаются радиусом основной кривой R , радиусами вспомогательных кривых r , а также величинами прямых вставок m . Угол хода φ (см. рис. 21) измеряют в натуре. Остальные элементы (b , d , γ , φ_0), необходимые для разбивки серпантины на местности, вычисляют.

Угол поворота вспомогательной кривой b находится из прямоугольного треугольника ONF (или OMF):

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{OF}{NF}, \quad (26)$$

но

$$OF = R; NF = m + T,$$

где T – длина тангенса вспомогательной кривой,

$$T = r \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

С учетом выражения (26) можно написать так:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{R}{m + T} = \frac{R}{m + r \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}. \quad (27)$$

Решая последнее, найдем

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{-m + \sqrt{m^2 + (2r + R)R}}{2r + R}. \quad (28)$$

По вычисленному углу β и известному радиусу r вспомогательной кривой по таблицам кривых находят тангенс T , биссектрису B и длину k вспомогательной кривой.

Из треугольника ONF находят расстояние от вершины вспомогательной кривой N до центра основной кривой O , обозначенное через d ,

$$ON = d = \frac{R}{\sin \beta}. \quad (29)$$

Для контроля d вычисляют по формуле

$$d = \frac{m + T}{\cos \beta}.$$

Находят угол в центре серпантины, определяющий направление на начальную и конечную точки основной кривой:

$$\gamma = 90^\circ - \beta, \quad (30)$$

и центральный угол основной кривой

$$\varphi_0 = 360^\circ - 2\gamma - \varphi. \quad (31)$$

Длина основной кривой

$$K = \frac{\pi R \varphi_0}{180^\circ}. \quad (32)$$

При разбивке симметричной серпантины в натуре теодолит устанавливают в вершине угла поворота O и по створу прямых OA и OB откладывают расстояние d .

Получают на местности точки N и M – вершины вспомогательных кривых. Отложив вдоль этих же направлений от последних точек длину тангенса T , находят точки A и B – начало и конец серпантины. Затем от стороны хода OA отмеряют угол γ . Вдоль полученного направления OF откладывают длину радиуса основной кривой R и находят на местности точку F – начало основной кривой. Аналогично от стороны хода OB находят точку E – конец основной кривой.

Детальную разбивку основной кривой производят через 3–5 м. Для этого угол F_0 делят на соответствующее число частей и вдоль заданных теодолитом направлений откладывают от центра кривой O величину радиуса R (см. рис. 21).

Далее теодолит переносят в одну из вершин вспомогательной кривой, например N , и измеряют построенный в натуре угол NOF , который должен быть равен углу b (с точностью 3–5').

По направлению NF от вершины N откладывают величину тангенса T и получают точку R – конец вспомогательной кривой. От точек A и P , используя таблицы кривых, детально разбивают вспомогательную кривую. Вторую ветвь серпантины разбивают аналогично.

Пикетажное значение основных точек серпантины получают следующим образом. Из пикетажного значения вершины поворота трассы O вычитают величину $d + T$ и находят пикетаж начала серпантины. Прибавив к последнему длину вспомогательной кривой k , получают пикетаж конца этой кривой. Затем прибавляют длину прямой вставки m и находят пикетажное значение начала основной кривой. Прибавив длину основной кривой K , получают пикетаж конца основной кривой и т.д.

Общее удлинение серпантины определяется по формуле

$$\Delta S = 2(k + m) + K - 2(d + T). \quad (33)$$

Часто на серпантинах разбивают переходные кривые как на стыках прямой вставки с основной кривой, так и в сопряжениях со вспомогательными кривыми.

Несимметричные серпантины с разными радиусами кривизны вспомогательных кривых и разными прямыми вставками используют для того, чтобы обойти обрывы или неустойчивые в геологическом отношении участки. В этих же целях смещают центр серпантины с вершины угла в более удобную точку.

Пусть точка O (рис. 22) – вершина угла поворота трассы. Точка C – выбранный центр серпантины. Измеряем на местности в точке O , кроме угла φ , дополнительный угол $AOC = \theta$ и расстояние $OC = S$.

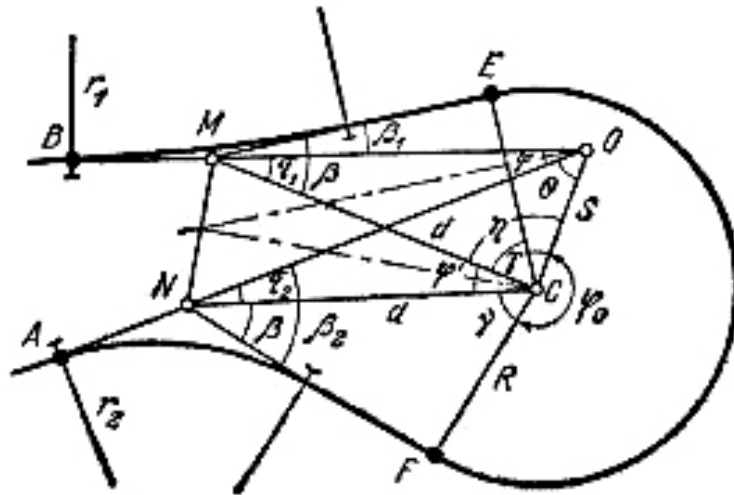


Рис. 22. Разбивка несимметричной серпантины 1-го рода

Рассчитаем по заданным R, r, m основные элементы серпантины $b, T, d, \gamma, \varphi_0$. Однако для разбивки несимметричной серпантины на местности с центром в точке C необходимо дополнительно определить величину углов τ_1, τ_2 и h .

Из треугольников $МОС$ и $НОС$ имеем

$$\sin \tau_1 = \frac{S}{d} \sin(\varphi + \theta),$$

$$\sin \tau_2 = \frac{S}{d} \sin \theta. \quad (34)$$

Зная углы τ_1, τ_2 , из этих же треугольников определяют значение угла $MCN = \varphi'$:

$$\varphi' = \varphi + \tau_1 - \tau_2, \quad (35)$$

а также находят новые значения углов поворота вспомогательных кривых, величина которых изменяется вследствие перемещения центра серпантины из точки O в точку C . Из рис. 22 видно, что

$$b_1 = b - \tau_1; \quad b_2 = b + \tau_2; \quad (36)$$

$$h = 180^\circ - (\varphi + \theta + \tau_1). \quad (37)$$

В связи с изменением углов b_1 и b_2 необходимо рассчитать новые значения радиусов вспомогательных кривых по формулам

$$r_1 = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}; \quad r_2 = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}}. \quad (38)$$

Полученные радиусы r_1 и r_2 округляют до целых чисел, кратных пяти метрам, и по округленным значениям радиусов и углам b_1 и b_2 окончательно определяют элементы вспомогательных кривых Т, к, Б.

При разбивке несимметричной серпантины на местности теодолит устанавливают в ее центре C и от направления OC строят угол h , закрепляя в натуре полученное направление CM (см. рис. 22). От последнего направления откладывают угол φ' и получают направление CN . Отложив вдоль этих направлений расстояние D , находят на местности точки M и N – вершины вспомогательных кривых.

Для определения в натуре положения конечных точек E и F основной кривой строят от сторон CM и CN углы γ и вдоль этих полученных направлений CE и CF откладывают величину радиуса R . Найдя таким образом в натуре положение главных точек серпантины, обычным порядком производят ее детальную разбивку.

Если центр серпантины отнесен на значительное расстояние в сторону, то может случиться, что обе вспомогательные кривые будут направлены в одну сторону. Получим серпантину 2-го рода (рис. 23). Такую серпантину разбивают так же, как и несимметричную серпантину 1-го рода. Только при разбивке серпантины 2-го рода надо помнить, что угол τ_1 (или τ_2 , в зависимости от того, в какую сторону отнесен центр серпантины) будет больше угла β и, следовательно, $\beta_1 = \tau_1 - \beta$, остальные формулы остаются без изменений.

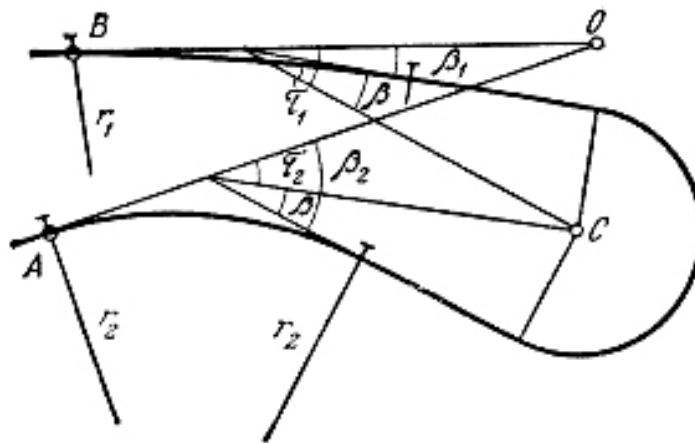


Рис. 23. Разбивка серпантины 2-го рода

В частном случае, если угол τ_1 равен углу β , получим сопряжение, называемое полусерпантиной, тангенс вспомогательной кривой одной из ее веток совпадает с направлением прямого участка трассы BO . В полусерпантине угол $\beta_1 = 0$, т.е. вспомогательной кривой в одной из ее веток нет, а прямой участок трассы BO непосредственно сопрягается с основной круговой кривой с помощью переходной кривой или без нее.

3.5. Виражи

На кривых, радиусы которых меньше 3000 м для автомобильных дорог I категории и 2000 м для других категорий, устраивают виражи, придавая дорожному полотну односкатный поперечный профиль с наклоном к центру кривой (рис. 24).



Рис. 24. Вираж трассы

Односкатный профиль сохраняется на всем протяжении круговой кривой. Отгон виража делается на переходных кривых или на прямых участках, примыкающих к закруглению.

При радиусе кривой, меньшем 700 м, на виражах делают дополнительное уширение проезжей части. Величины этого уширения на две полосы движения в зависимости от радиуса кривой приведены в табл. 7.

Таблица 7

Радиусы кривых, м	700–500	500–450	400–50	200–150	125–90	80–70	60	50	40	30
Уширение, м	0,40	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0

Как правило, проезжую часть уширяют за счет уменьшения ширины внутренней обочины. Однако оставшаяся часть обочины должна быть не менее 1,5 м для дорог I и II категории и 1 м для остальных категорий, в противном случае уширяется земляное полотно.

Проезжая часть уширяется на полную величину в пределах круговой кривой. В пределах переходных кривых уширение постепенно уменьшается. Обычно длина отвода уширения совпадает с длиной отгона виража.

Поперечный уклон проезжей части на вираж зависит от радиуса кривой и колеблется от 20 до 60 ‰ (табл. 8).

Таблица 8

Радиусы кривых R, м	3000–1000	1000–700	700–650	650–600	Менее 600
Поперечные уклоны i_3 , ‰	20–30	30–40	40–50	50–60	60

Отгон виража представляет собой плавный переход от двускатного поперечного профиля к односкатному, при этом главное изменение претерпевает наружная половина дорожного полотна.

Если уклон виража равен поперечному уклону проезжей части, то переход от двускатного поперечного профиля к односкатному осуществляется путем вращения наружной половины полотна около оси дороги. Внутренняя часть полотна нормального профиля остается без изменения. При уклоне виража, превышающем уклон нормального профиля, отгон происходит путем вращения полотна около внутренней кромки проезжей части, профильные отметки которой остаются без изменений.

В пределах отгона виража наружная кромка проезжей части получает некоторый дополнительный уклон по отношению к проектному продольному уклону. Для дорог I и II категорий уклон i_2 не должен превышать 5 ‰, для дорог III–IV категорий в равнинной местности – 10 ‰, в горной местности – 20 ‰.

На местности вираж разбивают путем построения поперечных профилей дорожного полотна через 5–10 м.

До начала отгона виража обочинам придают уклон, равный уклону проезжей части, т.е. бровки полотна на протяжении 10 м поднимают на величину (рис. 25)

$$h_1 = a(i_0 - i_1), \quad (39)$$

где a – ширина обочины;

i_0 – поперечный уклон обочины;

i_1 – поперечный уклон проезжей части на двускатном профиле.

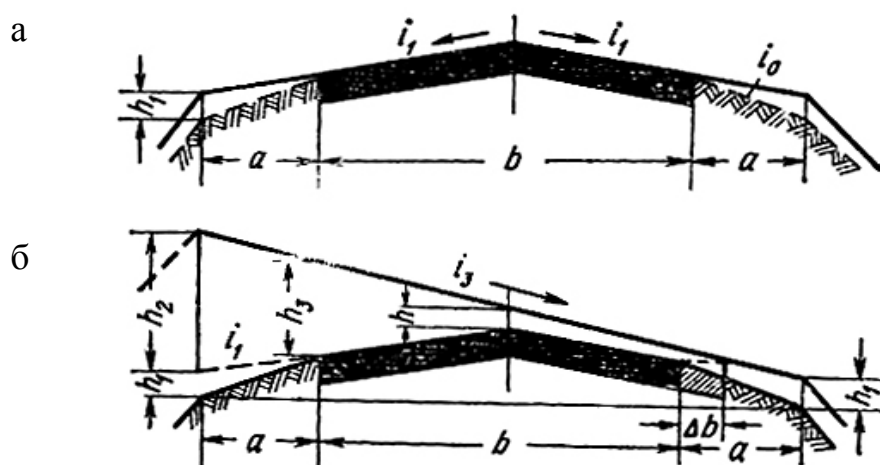


Рис. 25. Поперечный профиль дороги:
а – в начале отгона; б – в конце отгона

Таким образом, поперечный профиль дороги в начале отгона виража имеет вид, показанный на рис. 25,а. В конце отгона виража (в начале кру-

говой кривой) дорожное полотно будет иметь односкатный уклон (рис. 25,б). При этом если вращение дорожного полотна осуществляется вокруг его внутренней кромки, профильные отметки которой остаются неизменными, то превышение в отметках характерных точек поперечного профиля относительно начального сечения без учета продольного уклона дороги составит:

– для осевой точки

$$h = \left(\frac{b}{2} + \Delta b \right) i_3 - \frac{b}{2} i_1; \quad (40)$$

– для внешней кромки проезжей части

$$h_3 = (b + \Delta b) \cdot i_3; \quad (41)$$

– для внешней бровки дорожного полотна

$$h_2 = (a + b + \Delta b) \cdot i_3 + a i_1; \quad (42)$$

– для внутренней бровки дорожного полотна

$$h_{\square}' = \Delta b \cdot i_0, \quad (43)$$

где Δb – уширение проезжей части;

i_3 – поперечный уклон виража.

Кроме того, вследствие вращения около внутренней кромки происходит понижение отметок внутренней бровки на величину

$$h'' = (a - \Delta b)(i_3 - i_1).$$

Поэтому общая величина изменения отметок внутренней бровки на вираже составит:

$$h' = a(i_0 - i_1) + \Delta b \cdot i_0 - (a - \Delta b)(i_3 - i_1). \quad (44)$$

Повышения отметок всех промежуточных поперечных профилей находят путем интерполирования величин, определенных по формулам (40)–(44), пропорционально расстоянию от начала отгона виража.

Если отгон виража для разбивки поперечников имеет n частей, то повышение отметок в точках поперечника, вычисленное по формулам (40)–(44), делят на n частей и умножают на соответствующий номер части.

При разбивке отгонов виража на смежных кривых, направленных в разные стороны, между ними необходимо иметь прямую вставку такой длины, чтобы в ее пределах можно было разместить встречные отгоны виража с поперечными уклонами противоположного направления (обычно не менее 50–100 м).

На смежных кривых, направленных в одну сторону, но имеющих различные как радиусы кривых, так и элементы виража, минимальная прямая

вставка между ними должна быть такой длины, чтобы в ее пределах можно было устроить плавный переход одного виража к другому.

В табл. 9 приведен пример вычисления отметок поперечных профилей на вираже. В примере принято: $b = 7,00$ м; $a = 2,00$ м; $i_1 = 20$ ‰, $i_0 = 40$ ‰, $i_3 = 60$ ‰, $\Delta b = 0,50$ м; длина отгона виража $l = 50,00$ м; продольный уклон трассы на вираже $i_{тр} = 20$ ‰. Профильная отметка бровки в начале отгона $H_{пр} = 100,00$ м, с учетом подъема обочины на 20 ‰ $H_{бр} = 100,04$ м; отметки кромки $H_{кр} = 100,08$ м и оси $H_0 = 100,15$.

Т а б л и ц а 9

Ведомость отметок поперечных профилей

Точки профиля	Поперечники					
	начальный +0,0	+10,0	+20,0	+30,0	+40,0	конечный +50,0
Внутрен- няя кромка	100,08	100,28	100,48	100,68	100,88	101,08
Ось	100,15	100,38	100,61	100,85	101,08	101,32
Внешняя кромка	100,08	100,37	100,66	100,95	101,24	101,53
Внешняя бровка	100,04	100,36	100,68	101,00	101,32	101,65
Внутрен- няя бровка	100,04	100,23	100,42	100,61	100,80	100,99

При вращении полотна около внутренней кромки, проектные отметки которой не изменяются, по продольному уклону трассы и длине отгона находим отметку этой кромки на поперечном профиле в конце отгона

$$H_{кр.к} = 100,08 + 50 \cdot 0,02 = 101,08 \text{ м.}$$

От этой отметки по уклону виража и элементам поперечного профиля с учетом уширения проезжей части по формулам (40)–(42) вычисляем остальные отметки конечного поперечника. Отметки промежуточных поперечных профилей, разбиваемых на отгоне виража через 10 м, находят путем линейного интерполирования отметок (или превышений) между начальным и конечным поперечными профилями.

3.6. Примыкания и пересечения автомобильных дорог

При примыкании и пересечении автомобильных дорог в одном уровне измеряют угол пересечения осей дорог и в наиболее благоприятных условиях местности сопрягают одну дорогу с другой. Желательно, чтобы угол

пересечения осей дорог был близок к прямому. В месте примыкания главная дорога должна быть по возможности прямолинейной.

Минимальный радиус сопряжения по внутренней кромке проезжей части на съездах с дорог I–II категорий должен быть не менее 25 м, III–IV категорий – 20 м и V категорий – 15 м. Если сопряжение выполнено под тупым углом, то рекомендуется радиус увеличивать до 50–30 м.

Сопряжение пересекающихся дорог выполняют с включением входных и выходных переходных кривых или по коробовой кривой, состоящей из трех круговых кривых (рис. 26): входной T_1 с радиусом поворота $R_1 = 2R_2$ и центральным углом $\alpha_1 = 15^\circ$; средней ADB с радиусом R_2 (наименьший радиус сопряжения для дороги, с которой происходит съезд) и центральным углом $\alpha_2 = \varphi - (\alpha_1 + \alpha_3)$, где φ – угол поворота сопряжений; выходной кривой BT_2 с радиусом $R_3 = 3R'_2$, где R'_2 – наименьший радиус сопряжения двух примыкающих дорог, и центральным углом $\alpha_3 = 20^\circ$.

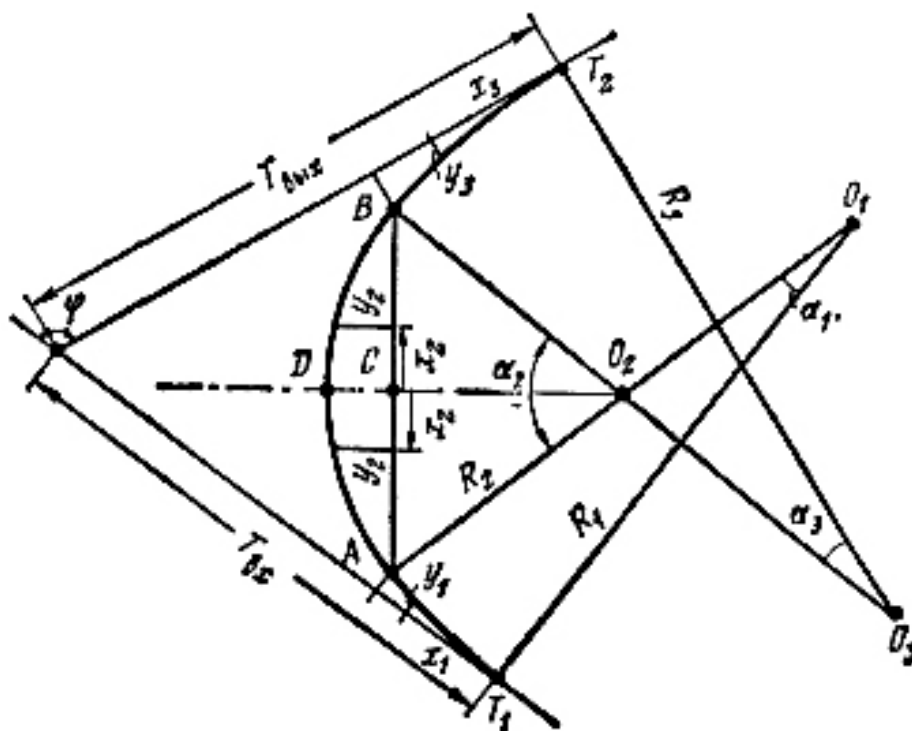


Рис. 26. Сопряжение пересекающихся дорог

Величины радиусов в зависимости от категорий примыкающих дорог и тангенсов при разных углах примыкания берут из таблиц.

Детальная разбивка входной и выходной кривых производится через 5 м способом прямоугольных координат от тангенсов. Средняя часть кривой разбивается ординатами от хорды AB (см. рис. 26).

При пересечении автодороги с железной дорогой в одном уровне острый угол между осями дорог должен быть не менее 60° . Подходы автодо-

роги к переезду на протяжении 50 м проектируют с продольным уклоном не более 30 ‰.

Предусматриваются пересечения в разных уровнях автодорог I категории с дорогами всех категорий, дорог II категории с дорогами II и III категорий, важнейших дорог III категории между собой, а также устройство путепровода и съездов с одной дороги на другую. На рис. 27 показана схема такого пересечения в виде клеверного листа. Буквой С обозначены левоповоротные съезды, буквой П – правоповоротные соединения.

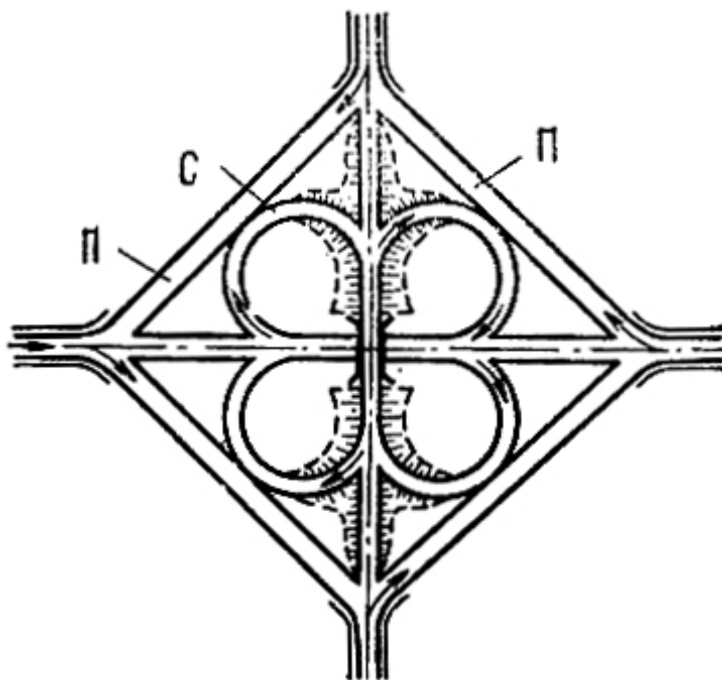


Рис. 27. Схема пересечения автодорог в разных уровнях

Радиусы кривых левоповоротных съездов должны быть не менее 60–50 м, правоповоротных – не менее 250 м (дороги I и II категорий) и 125 м (дороги III категории). Ширина проезжей части однопутных левоповоротных съездов назначается 5,5 м, правоповоротных – 5 м без устройства дополнительных уширений на кривых. Ширина обочин на съездах принимается с внутренней стороны кривых 1,5 м, с внешней стороны – 3 м.

На всех однопутных съездах устраивают вираж с уклоном 20–60 ‰. Продольный уклон дорог на подходах к путепроводу и на съездах проектируют не более 40 ‰.

На дорогах I и II, а иногда и III категорий на въездах проектируют переходно-скоростные полосы разгона и торможения, в пределах которых машина набирает скорости при выезде на магистраль или, наоборот, снижает скорость для выезда на съезд. Длина полос разгона составляет 150–200 м, торможения 100–75 м; их ширина принимается равной полосе движения основной дороги (3,5 м) с обочиной в 1,5 м при длине отгона 80–60 м.

Для составления проекта пересечения и расчета элементов съездов производят съемку в масштабе 1:1000–1:2000 с сечением рельефа участка через 0,5–1 м, достаточного для размещения всех частей пересечения, и измеряют в натуре углы между осями пересекающихся дорог.

На рис. 28 дано: OM и OM' – оси автомагистралей, AP и AP' – оси переходно-скоростных полос. Для разбивки левоповоротного съезда необходимо на местности определить положение точек B и B' – начала и конца круговой кривой съезда и центра кривой C .

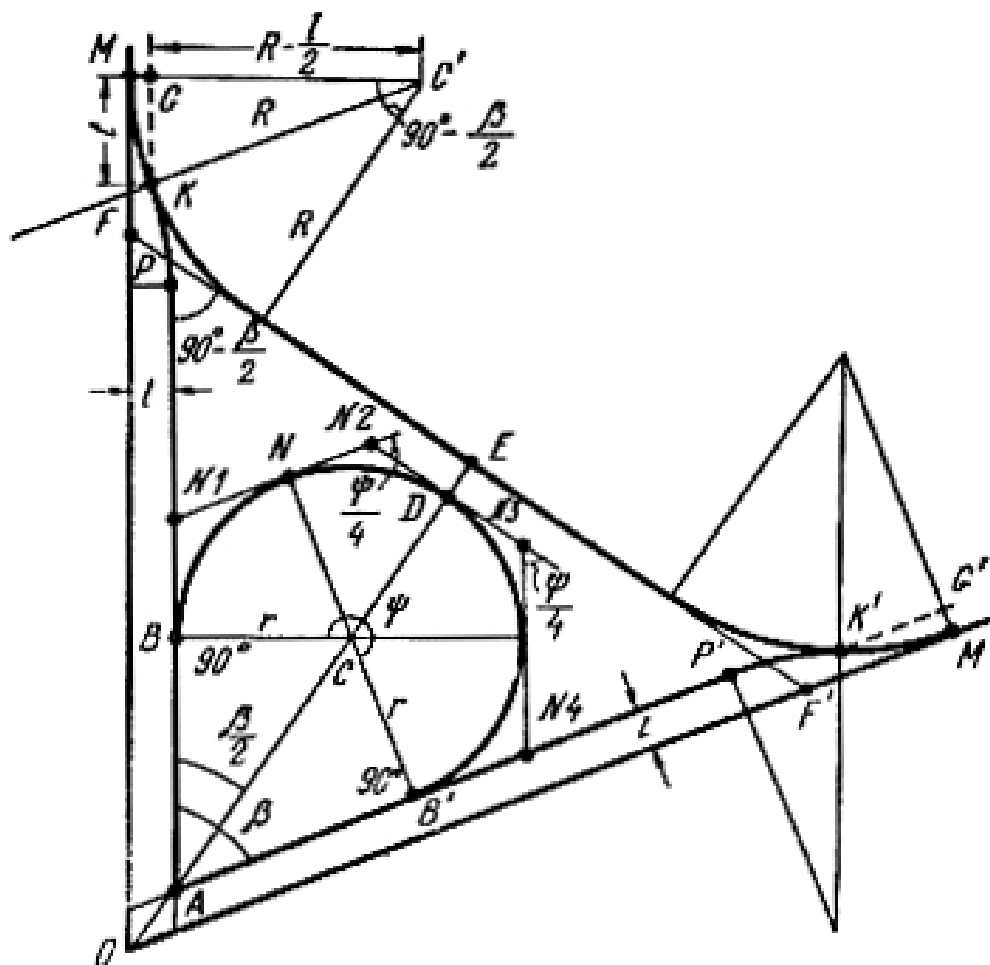


Рис. 28. Схема разбивки левоповоротного съезда

Так как в точках B и B' прямые участки полосы перпендикулярны к радиусу кривой, из прямоугольных треугольников ABC и $AB'C$ имеем

$$AB = AB' = \frac{r}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}, \quad (45)$$

где r – величина радиуса петли;

β – угол пересечения осей дорог.

Следовательно, отложив вдоль осей переходно-скоростных полос расстояния AB и AB' , найдем на местности точки B и B' , от которых выполняются разбивку кривой на петлях съезда методом координат по частям. Для этого делят угол ψ на четыре части и в таблицах кривых по аргументам r и $\psi/4$ находят элементы для каждой части кривой.

Иногда в месте сопряжения переходно-скоростной полосы и петли съезда вставляют переходную кривую. При небольшом радиусе r кривая BDB' может быть разбита непосредственно из центра C .

Для разбивки правоповоротного соединения находят положение углов поворота F и F' .

Вычисляют расстояния OF и OE и, найдя в натуре положения точек F и F' , из них как вершин углов поворота разбивают кривые. Элементы кривых находят по радиусу R , который должен быть не менее 600 м, и по углу поворота, равному $90^\circ - \frac{\beta}{2}$.

Отложив от начала кривой M вдоль тангенса величину t и ординату $\ell/2$, находят K – точку перехода с правого поворота на скоростную полосу. Величину t определяют по формуле

$$t = \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{\ell}{2}\right)^2} = \sqrt{R\ell - \left(\frac{\ell}{2}\right)^2}. \quad (46)$$

Пересечения автомобильных дорог I–III категорий с железными дорогами проектируются в разных уровнях. При изысканиях дорог IV–V категорий также стремятся найти варианты, исключаящие пересечение железной дороги в одном уровне.

Контрольные вопросы

1. В каком периоде строительства осуществляют детальную разбивку криволинейных сопряжений?
2. Какие работы выполняют при детальном разбивке круговых кривых?
3. Назовите все способы детальной разбивки круговых кривых.
4. Как определяют положение каждой точки кривой при ее детальном разбивке способом прямоугольных координат?
5. В чем сущность детальной разбивки кривых способом проложенных хорд?
6. Как определяют расположение точек на кривой при детальном разбивке способом углов?
7. От какой точки и в каком направлении выполняют разбивку кривой?
8. Какие кривые называются переходными и в каких случаях их применяют?

9. В каких случаях на участках дороги образуется выпуклый или вогнутый перелом?
10. Назначение вертикальных выпуклых или вогнутых круговых кривых.
11. Что называется серпантиной, и в каких случаях ее устраивают?
12. Назовите основные элементы серпантины.
13. В чем отличие симметричных серпантин от несимметричных, а также серпантины 1-го рода от серпантины 2-го рода?
14. Назовите особенности разбивки симметричных и несимметричных серпантин (установка теодолита и т.п.).
15. Что называют виражом и на каких кривых его устраивают?
16. Что собой представляет отгон виража?
17. Как выполняют сопряжение пересекающихся дорог?
18. Как проектируется пересечение автомобильных дорог I–III категорий с железными дорогами?

4. РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Строительный период включает систематический контроль за правильностью положения сооружаемого земляного полотна относительно оси сооружения, за соответствием его геометрических форм проектным параметрам. Кроме того, осуществляется разбивка и контроль продольного профиля при производстве планировочных работ, а также работ, связанных с сооружением дорожных оснований и покрытий. На заключительном этапе строительства перед сдачей объекта заказчику составляют исполнительную техническую документацию на основе съемки продольных и поперечных профилей построенной дороги.

4.1. Разбивочные и строительные допуски

Геодезические работы строительного периода предназначены для обеспечения своевременного контроля за соответствием натуральных размеров возводимого полотна его проектным параметрам.

Вынесенная на местность ось автомобильной дороги в процессе производства детальных разбивок играет роль опорной линии и используется для отложения от нее всех параметров возводимого полотна.

Говоря о важности выполнения разбивочных работ при проложении оси трассы и возведении дорожного полотна, необходимо отметить, что в строительном процессе большое значение имеет взаимное расположение разбивочных контуров полотна дороги относительно основной ее оси. При этом степень приближения размеров возводимой дороги к ее проектным параметрам характеризует точность разбивочных работ.

Отклонения геометрических форм возводимой дороги от их проектного значения допускаются в пределах, не влияющих на эксплуатационно-технические характеристики движения автотранспорта. Допускаемые размеры отклонений установлены соответствующими нормативными документами. В дорожном строительстве таковыми являются строительные нормы и правила, Инструкция по сооружению земляного полотна автомобильных дорог, Инструкция по строительству асфальтобетонных покрытий. В нормативных документах указаны максимально допустимые размеры отклонений, сравнение которых с фактическими является критерием оценки качества выполненных строительных работ.

Большое влияние на соблюдение точности возведения элементов дороги оказывают ошибки, возникающие в результате работы, производимой строительными механизмами. При этом недостаточная точность разбивочных работ заметно увеличивает ошибки в период строительных работ. Независимо от соотношения величин погрешностей при разбивочных работах

и возведении дороги их общая суммарная ошибка не должна превышать величин допуска.

Средняя квадратическая ошибка геодезических измерений при производстве разбивочных и контрольных работ не должна превышать 35 % величины строительного допуска на плановые и высотные разбивочные работы. При этом точность геодезических измерений m определяется по формуле

$$m = \pm 0,35\Delta, \quad (47)$$

где Δ – величина предельного строительного допуска, равного удвоенному значению средней квадратической ошибки.

В табл. 10 приведены допуски геодезических разбивочных работ и строительства автомобильных дорог.

Т а б л и ц а 1 0

Разбивочные и строительные допуски

Наименование отклонений	Единица измерения	Величина строительного допуска Δ	Точность разбивочных работ
<i>Земляное полотно</i>			
Ось земляного полотна:			
на прямых	см	5	2
на кривых	–”–	10	4
Отметки бровок и оси земляного полотна	–”–	5	2
Сужение земляного полотна между осью и бровкой	–”–	10	4
Ширина основания для подстилающих слоев	–”–	10	4
Увеличение крутизны откосов	%	10	4
Положение границ откосов	см	15	6
Ширина насыпных берм	–”–	20	8
Основания и откосы скальных выемок	–”–	20	8
<i>Водоотводные и сопутствующие сооружения</i>			
Поперечные размеры кюветов, нагорных канав и дренажей	см	5	2
Продольные уклоны дна канав, кюветов и дренажей	%	0,005	0,002
Уменьшение минимальных уклонов дна канав, кюветов и дренажей	–	–	–
Бровки и границы резервов	см	30	10

Нормативной точностью геодезических разбивочных работ (табл. 10, графа 4) пользуются при детальной разбивке земляного полотна перед началом его возведения, в процессе разбивки для планировочных работ и работ по устройству дорожных оснований и покрытий.

Так как точность разбивочных работ в значительной степени зависит от стадии строительства дороги, то для оперативного промежуточного геодезического контроля можно принять за норму точности величину строительного допуска Δ (табл. 10, графа 3). Принятие этого критерия точности при промежуточных проверках повышает оперативность контроля без снижения качества выполняемых работ.

В местах механизированного возведения земляного полотна геодезическому контролю подлежит положение возводимого полотна относительно его оси, положение бровок насыпей и выемок при их послойном сооружении, высота насыпи или глубина выемки как послойно, так и в целом, крутизна откосов и соответствие фактического продольного профиля его проектному значению. Для осуществления оперативного геодезического контроля используют плановые и высотные знаки закрепления детальных разбивочных работ подготовительного периода.

Контроль плановых и высотных параметров сооружаемого полотна производят с использованием линейных, угловых и высотных данных журнала разбивочных работ. Промежуточный оперативный контроль возведения земляного полотна осуществляют в соответствии с допусками.

С целью недопущения досыпок при производстве планировочных работ земляное полотно сооружают с превышением проектных отметок примерно на 10 см. Величина уширения насыпей и недобор грунта с откосов не должны превышать 15 см.

4.2. Разбивочно-контрольные приспособления

Кроме геодезических приборов для разбивочных и контрольных работ в дорожном строительстве применяют специальные приспособления. К ним относят разбивочный прибор, вешки-визирки, контрольный шаблон и различные типы откосников. Разбивочные приспособления не требуют использования труда квалифицированных работников и характеризуются простотой устройства и удобством применения.

Разбивочный прибор (рис. 29) состоит из двух шарнирно соединенных стоек-ножек, напоминающих большой пропорциональный циркуль.

На продолжении ножек помещено самоустанавливающееся под действием груза устройство с горизонтальной и вертикальной линейками. Линейки служат для считывания величин превышений и горизонтальных проложений в масштабе 1:10.

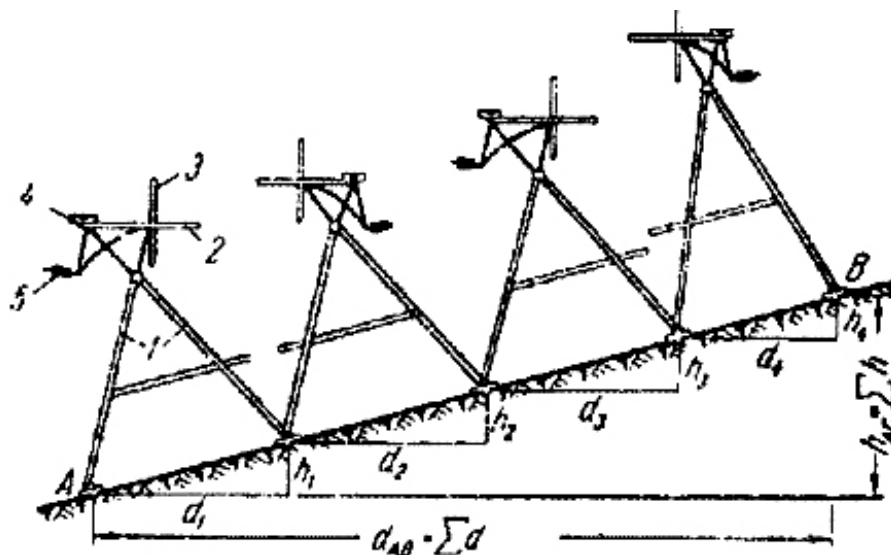


Рис. 29. Схема работы разбивочным прибором:
 1 – стойки прибора; 2 – линейка горизонтальных проложений;
 3 – линейка превышений; 4 – уровень; 5 – противовес

Работу с разбивочным прибором производят два человека, один из которых последовательно переставляет стойки-ножки прибора и читает отсчеты по линейкам, а второй ведет запись отсчетов и следит за правильностью установки прибора в створе. Сумма отсчетов по линейкам в миллиметрах соответствует фактическим вертикальным и горизонтальным расстояниям между определяемыми точками в сантиметрах. Относительная ошибка измерения превышений составляет 1:150, а горизонтальных проложений – 1:600.

Возможность непосредственного определения превышений и горизонтальных проложений позволяет использовать разбивочный прибор для выполнения разбивочных, контрольных и восстановительных работ.

Вешки-визирки (рис. 30) состоят из деревянной рейки или вешки высотой 2 м и горизонтальной планки, которая с помощью зажимного устройства закрепляется на вешке.

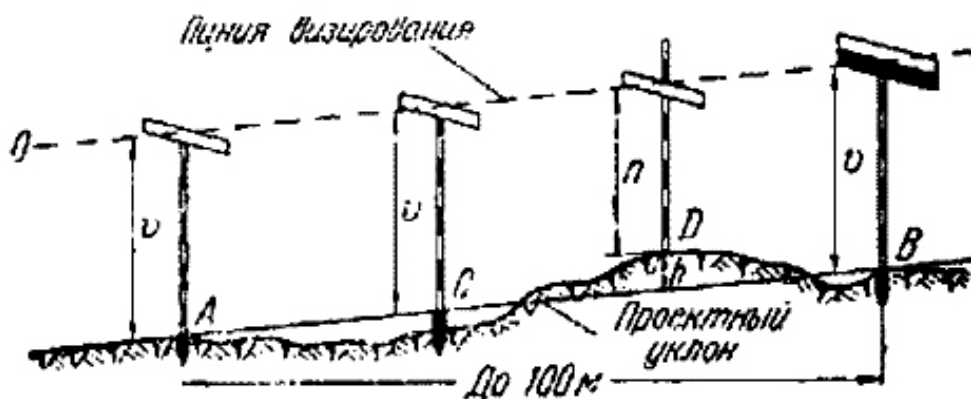


Рис. 30. Схема применения вешек-визирок

Для установки планки на необходимой высоте на рейке наносят сантиметровые деления, у вешек для этой цели используют окрашенные в белый и красный цвета дециметровые деления.

В комплект входят три вешки-визирки (смотровая, ходовая и визирная). Первые две снабжены горизонтальными планками белого цвета, а третья имеет уширенную планку, нижняя половина которой окрашена в черный цвет. Для визирования используют верхние грани планок, а у визирной вешки – границу раздела окраски планки.

При работе горизонтальные планки смотровой и визирной вешек закрепляют на одинаковой, удобной для наблюдателя высоте v , затем вешки устанавливают соответственно в точках наблюдения A и визирования B , отметки которых должны соответствовать проектным отметкам профиля.

Для закрепления на местности проектного уклона горизонтальную планку ходовой визирки закрепляют на одинаковой высоте v со смотровой и визирной вешками и последовательно устанавливают в промежуточных точках (например в точке C , рис. 30) на верх кольев. Забивая последние, добиваются совмещения в одной плоскости визирных граней всех вешек. В результате положение верха кольев обозначит вынесенный на местность проектный уклон линии.

Для определения рабочих отметок ходовую визирку устанавливают в промежуточных точках (например в точке D , см. рис. 30) и перемещением горизонтальной планки добиваются ее совмещения с плоскостью визирования. Рабочая отметка h определяется алгебраической разностью высоты v установки планок на смотровой и визирной вешках и отсчетом Π по ходовой визирке

$$h = v - \Pi. \quad (48)$$

Точность определения отметок с применением описанных способов составляет $\pm(2-3)$ см.

Вешками-визирками пользуются в пределах однообразного уклона на расстояниях между смотровой и визирной вешками не более 100 м. Однако не исключается возможность их установки у фиксированных точек на более коротких (до 20 м) расстояниях. В этом случае ходовая визирка используется для развития плоскости визирования и определения проектного положения точек по обе стороны от закрепленного смотровой и визирной вешками базиса. В этом случае точность определения отметок несколько ухудшается, снижаясь до $\pm(3-5)$ см.

Вешки-визирки являются универсальными разбивочными знаками. Они могут быть использованы также для закрепления границ и высоты элементов земляного полотна, вешения и закрепления прямых, определяющих направ-

ление движения землеройных машин и других разбивочных работ, требующих обозначения в плане и по высоте.

Контрольный шаблон состоит из дюралюминиевой трубки или деревянного бруска (рис. 31) длиной 2 м, на котором помещено шарнирное приспособление 2 с цилиндрическим уровнем 3 на одном плече. При горизонтальном положении шаблона и выпрямленном шарнирном приспособлении ось уровня и нижняя плоскость шаблона взаимно параллельны.

Для измерения малых значений уклонов (до 0,1) предусмотрен червячный механизм 4, вращением которого поднимают ближайший к нему конец шарнирного приспособления (рис. 31,а), а величину уклона при установке уровня в нуль-пункте читают по круговой шкале лимба червячного механизма.

При измерении уклонов, больших 0,1, шкалу червячного механизма устанавливают на нуль, второй конец шарнирного приспособления перемещают по продольным пазам трубки и при положении пузырька уровня в нуль-пункте фиксируют величину уклона с помощью указателя по шкале 5 (рис. 31,б).

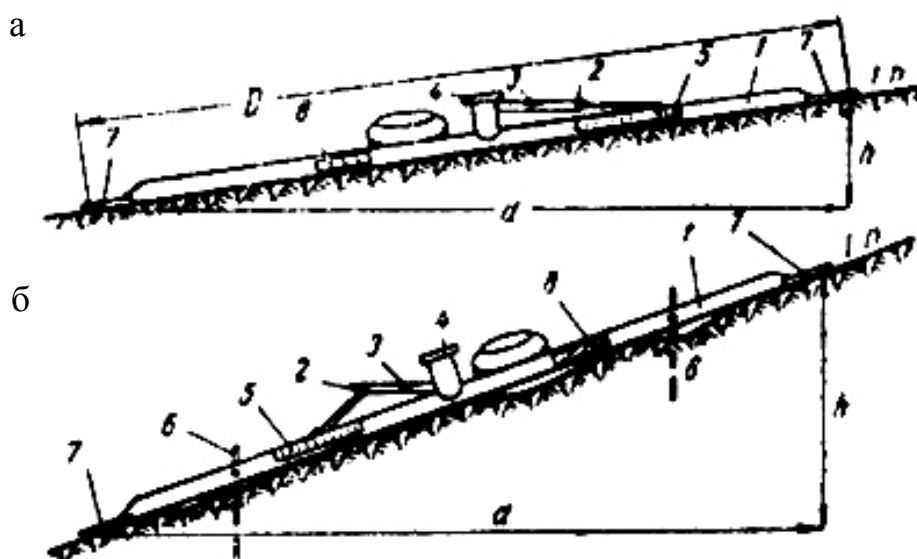


Рис. 31. Схема работы контрольным шаблоном

Крепление шаблона в грунте осуществляют двумя штырями 6, которые убирают в специальные пазы при транспортировке прибора. При измерении наклонных расстояний пользуются шпильками, которые вставляют в вырезы металлических пластин 7 на концах шаблона. Расстояния, меньшие длины шаблона, измеряют по имеющейся на трубке оцифровке через 1 см.

Для перевода наклонных расстояний в горизонтальные проложения и для определения превышений пользуются прикрепленной с одной стороны

шаблона номограммой 8. Значения превышений и горизонтальных проложений также можно вычислить по формулам:

$$h = \frac{d}{n} = \frac{D}{\sqrt{1+n^2}}; \quad (49)$$

$$d = nh, \quad (50)$$

где h – превышение;

d – горизонтальное проложение;

D – измеренное наклонное расстояние;

$1:n$ – значение уклона местности.

Контрольный шаблон используют не только для измерения значений уклонов, превышений и горизонтальных проложений. С помощью этого прибора можно задавать или устанавливать проектные значения крутизны откосов. Для этого указатель крутизны по шкале 5 устанавливают на проектную величину, затем совмещают нижний конец шаблона с колышком основания откоса, а верхний передвигают до приведения уровня в нуль-пункт. Нижняя грань шаблона в таком положении обозначит проектную крутизну откоса. Этим приемом пользуются для установки в проектное положение откосной рейки и контроля за ее положением при перестановке откосника по образующей откосов выемок или насыпей.

Для контроля ровности шаблон укладывают на контролируемую поверхность и на глаз оценивают величину просвета между основанием шаблона и микрорельефом поверхности.

Откосники предназначены для закрепления границ откосов насыпей и выемок. Нижнюю грань и конец откосной рейки используют для контроля крутизны откосов и проверки ширины земляного полотна в насыпях и выемках в процессе промежуточного контроля. Универсальные откосники применяют на откосах любой длины и крутизны, используя их наращивание по длине или перестановку по откосу.

Различают составные, складные, раздвижные и выдвигные откосники, которые изготавливают из дерева или металла. Несмотря на различие конструктивных особенностей откосников, общий принцип их устройства и применения одинаков.

Для приведения откосника в рабочее положение в точке закрепления откоса забивают или закапывают в грунт основную стойку 1 (рис. 32) на глубину до 0,6 м с проверкой ее положения по отвесу. После отсыпки или срезки первого слоя грунта (0,5–1,0 м) к стойке прикрепляют откосную рейку 2, которую связывают со стойкой горизонтальной планкой 3.

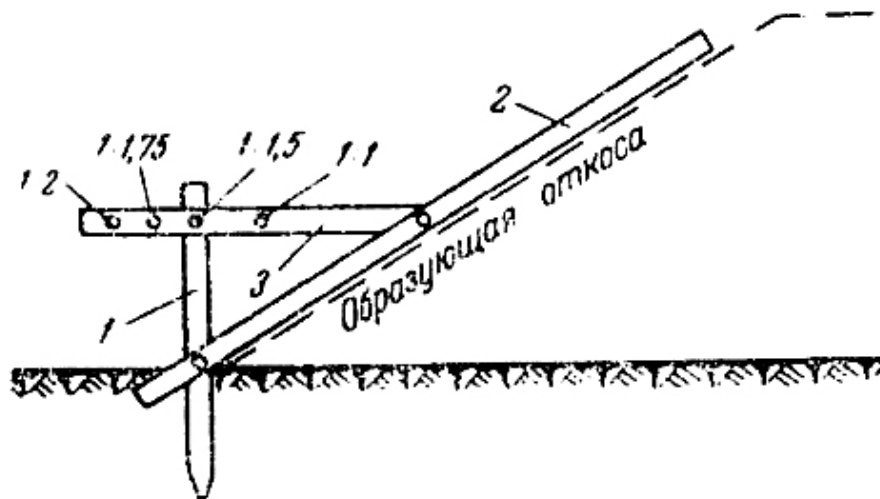


Рис. 32. Схема установки откосника

Изменением длины горизонтальной планки достигают установки откосной рейки под проектной крутизной образующей откоса. Нарращивание откосной рейки осуществляется после отсыпки или срезки очередного слоя грунта. При длинных откосах для поддержания откосной рейки в проектном положении применяют подставки из забиваемых в грунт кольев или специальные проволочные оттяжки с креплением их к основной стойке.

Откосник переставляют по откосу обычно через 3 м высоты насыпи или глубины выемки. При этом нижнюю грань конца откосной рейки фиксируют колом, проверяют его высотное положение и используют в качестве точки для новой установки откосника. Правильность установки, удлинения и перестановки откосной рейки проверяют контрольным шаблоном.

При перемене мест крепления к стойке откосной рейки и горизонтальной планки откосник используют для контроля откосов выемок.

Ватерпасовка. На крутых скатах определение превышений и горизонтальных проложений между двумя точками местности производят с помощью двух нивелирных реек длиной 3 и 2 м и накладного цилиндрического уровня. При этом двухметровую рейку устанавливают вертикально, а трехметровую с помощью уровня – в горизонтальное положение (рис. 33).

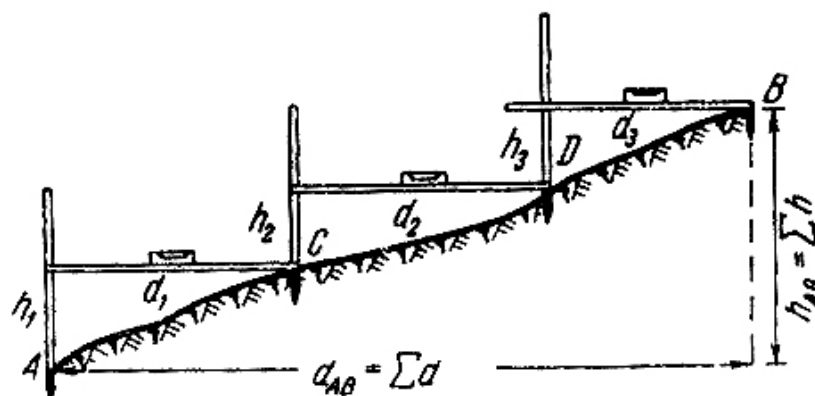


Рис. 33. Ватерпасовка

В качестве горизонтальной рейки может быть использован контрольный шаблон.

По вертикальной рейке, пользуясь нижней гранью горизонтальной рейке как указателем, отсчитывают величины превышений. Отсчеты по горизонтальной рейке до внутренней грани вертикальной рейки обозначат величины горизонтальных проложений между нивелируемыми точками. Общее превышение выразится суммой отсчетов по горизонтально устанавливаемой рейке. Точность ватерпасовки составляет $\pm(4-5)$ см на одну станцию.

4.3. Возведение насыпи

Содержание геодезического сопровождения возведения насыпи зависит от типа землеройных механизмов и способов производства основных земляных работ.

Контроль возводимого полотна в плане осуществляют от восстанавливаемой оси сооружения, а по высоте – от рабочих реперов трассы. Периодическое восстановление проектного положения оси в процессе возведения земляного полотна необходимо для контроля его ширины по каждому отсыпаемому слою и для правильной установки откосников при их перестановке.

На коротких прямых ось на возводимой насыпи восстанавливают вешением между точками закрепления вершин углов поворота. Опорные точки для вешения при невысоких насыпях могут быть получены линейными промерами от выносок оси. На высоких насыпях для этой цели может быть использован разбивочный прибор. В этом случае отложенное горизонтальное расстояние получают путем суммирования отсчетов по горизонтальной линейке отсчетного приспособления при перестановке прибора в направлении оси от точки закрепления бровок.

В пересеченной местности на длинных прямых положение оси восстанавливают между точками нулевых работ. На них устанавливают вехи путем отложения расстояний от точек закрепления оси и далее створным вешением на глаз или с помощью бинокля по вехам находят ось в необходимом месте земляного полотна.

На участках кривых и длинных прямых восстанавливают ось от линии выносных точек закрепления способом угловых засечек с помощью теодолита. Положение промежуточных точек на кривых определяют способом продолженных хорд с контролем по восстановленным осевым точкам.

Высотные элементы возводимого полотна контролируют двумя вешками-визирками с помощью третьей (ходовой) визирки и геометрическим нивелированием от рабочих реперов трассы. Однако на этой стадии работ допустимо применение гидромеханического и тригонометрического нивелирования.

Возведение однослойных насыпей автогрейдером или грейдером-элеватором начинают с прохода по разбитой «линии первого зарезания» (рис. 34). При этом режущая часть механизма должна проходить возле точек разбивки без их смещения или уничтожения. В последнем случае их положение немедленно восстанавливают. Полученная «борозда первого зарезания» определяет направление последующих проходов и, кроме того, позволяет выдерживать правильные размеры резервов.

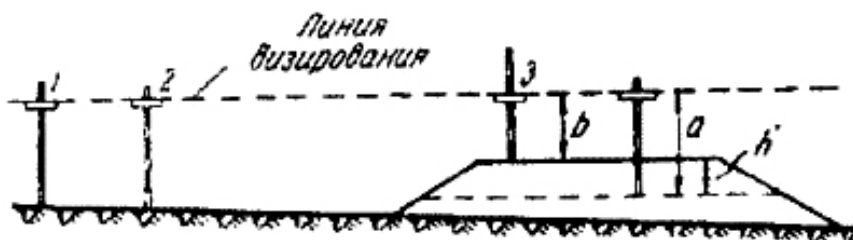


Рис. 34. Контроль возведения однослойных насыпей

Высоту отсыпаемой насыпи машинист грейдера контролирует по осевому столбу, верх которого после уплотнения грунта должен быть на проектной отметке верха земляного полотна. Более точный контроль осуществляют по вешкам-визиркам, выставленным на выносных точках закрепления. Величина досыпки h' определяется ее вычислением относительно линии визирования как разность между величиной расстояния от пятки ходовой визирки до верха планки a и принятым значением превышения b линии визирования над проектной отметкой верха земляного полотна.

Откосы нарезают проходом автогрейдера с отвалом, наклон которого соответствует проектному значению уклона откоса, при этом ориентируются по точкам бровок, положение которых разбивают отложением половины ширины земляного полотна от осевых колеев. Крутизну откосов проверяют контрольным шаблоном.

Возведение насыпей высотой до 2 м контролируют по вешкам-визиркам, установленным на границе заложения откосов, а также с помощью ходовой визирки перемещением ее как вдоль, так и поперек полотна. Визируя по граням горизонтальных планок основных визирок, устанавливают верх планки ходовой визирки А на линию визирования (рис. 35).

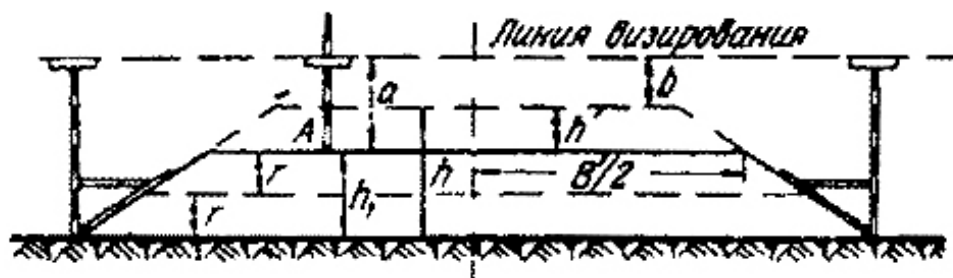


Рис. 35. Контроль возведения насыпей высотой до 2 м

По полученному отсчету высоты от верха планки ходовой рейки до ее пятки определяют высоту отсыпки h_1 , величину досыпки h' и при известной отметке линии визирования – абсолютную отметку верха отсыпаемого слоя (см. рис. 35). При этом пользуются формулами

$$h_1 = h + b - a; \quad (51)$$

$$h' = h - h_1 = a - b; \quad (52)$$

$$H_A = H_{ЛЗ} - a, \quad (53)$$

где H_A – отметка верха отсыпаемого слоя.

Как правило, на последнем слое отсыпки планки основных визирок понижают до отметки верха земляного полотна, что позволяет машинистам землеройных машин визуальнo контролировать высоту отсыпки. В этом случае контроль по визиркам осуществляют по низу планки ходовой рейки. Так как $b = 0$, контролирующее лицо непосредственно получает представление о величине досыпки или срезки слоя земли.

Для контроля послойного возведения насыпи высоту ходовой визирки для каждого отсыпаемого слоя вычисляют по формуле

$$a_n = (h + b) - rn, \quad (54)$$

где r – толщина отсыпаемого слоя;

n – порядковый номер слоя.

Отметки возводимого полотна можно контролировать гидромеханическим нивелированием. Сравнением полученных отметок с фактическими и проектными получают высоту отсыпки или остаточную величину досыпки насыпи.

Контроль проектного положения бровок осуществляют отложением рулеткой необходимых расстояний от восстановленной оси по перпендикуляру к ней, построенному с помощью эккера. Расстояние от оси до бровок $B'/2$, (см. рис. 35) вычисляют по остаточной высоте насыпи h' для верха каждого отсыпаемого слоя.

Отложением расстояния $B'/2$ по створу откосников контролируют проектное положение нижней грани откосных реек в уровне отсыпаемой высоты полотна. Крутизну откосов проверяют по всей высоте возводимой насыпи по выдвижным откосным рейкам инвентарных откосников, установленных у основания с обеих сторон возводимой насыпи, или непосредственно контрольным шаблоном.

Плановый и высотный контроль возведения насыпей высотой более 2 м осуществляют по инвентарным откосникам и осевому столбу. При этом по граням откосных реек контролируют крутизну откосов, а осевые столбы используют для нахождения бровок насыпи в уровне отсыпки и для определения высоты досыпки.

После отсыпки очередного слоя грунта и его уплотнения производят удлинение откосных реек. Откосники переставляют после выдвижения откосных реек на полную их длину. Перед перестановкой откосника выдвинутый конец откосной рейки фиксируют кольшком, положение которого в плане проверяют промером от оси, а по высоте – геометрическим нивелированием. Необходимые для этого данные вычисляют по величине оставшейся высоты досыпки.

Правильность направления откосных реек при перестановке откосников проверяют контрольным шаблоном, а положение их концов (бровок полотна) – по расстояниям от осевого столба или створа оси.

Высоту слоев отсыпки контролируют визуально по делениям осевых столбов. При достижении высоты на 1,5–2 м ниже проектной отметки земляного полотна (верха осевого столба) на бровках откосов устанавливают вешки-визирки и инвентарные откосники.

Высота отсыпаемой насыпи и положение на ней оси может быть определено разбивочным прибором. Для этого суммируют измеренные прибором превышения от точки закрепления границы откоса до произвольной точки на контролируемом слое. Полученная сумма без величины превышения осевой точки над точкой бровки определит фактическую высоту отсыпаемой насыпи. Для нахождения положения оси достаточно от полученной точки отложить расстояние, вычисленное как разность горизонтального проложения от оси до бровки и суммы показаний горизонтальных проложений по прибору.

Восстановление оси и определение высоты насыпи можно производить тригонометрическим нивелированием с точки закрепления границы откоса. Для этого в названной точке приводят теодолит в рабочее положение, измеряют его высоту и отмечают это на рейке; далее устанавливают рейку в точке на бровке отсыпаемой насыпи, рулеткой определяют длину образующей откоса l_0 и измеряют значение вертикального угла α при наведении визирной оси на отсчет по рейке, равный высоте прибора.

В этом случае горизонтальное проложение l от границы откоса до точки установки рейки может быть вычислено по формуле

$$l = l_0 \cos \alpha, \quad (55)$$

а высота возводимой насыпи – по формуле

$$h_1 = l \operatorname{tg} \alpha. \quad (56)$$

Расстояние b_1 от точки установки рейки до оси получают согласно формуле

$$b_1 = \frac{B}{2} + mh - l, \quad (57)$$

где h – полная высота насыпи.

Это же расстояние может быть вычислено по остаточной величине досыпки.

Помимо контроля по откосникам, положение длинных откосов можно контролировать с помощью теодолита. Для этого его устанавливают на бровке насыпи или в точке границы откоса и визируют под углом, соответствующим проектному значению крутизны откоса. Величину «недосыпки» или «пересыпки» грунта определяют разностью отсчетов по рейке, установленной в любой точке откоса, и значением высоты инструмента.

4.4. Устройство продольного профиля насыпи

Контроль продольного профиля при послойной отсыпке насыпи осуществляют с помощью вешек-визирок, способом наклонного луча визирования, бульдозером со смотровой визиркой или системой управления лазерным лучом.

Контроль продольного профиля с помощью вешек-визирок осуществляют визированием вдоль полотна между смежными визирками. Получаемые плоскости визирования позволяют контролировать высоту насыпи в любой ее точке. При этом отсыпку полотна производят слоями, параллельными плоскости визирования, а контроль продольного профиля осуществляют аналогично контролю отсыпки. Высоту отсыпки, величину досыпки, отметку отсыпанного слоя и высоту ходовой рейки рассчитывают согласно формулам (51)–(54).

Для контроля продольного профиля отсыпанного слоя способом наклонного луча визирования инструмент (теодолит или нивелир) устанавливают на оси полотна и измеряют его высоту относительно проектной отметки полотна в уровне отсыпки.

На противоположном конце захватки (пространство, выделенное для работы землеройного механизма) в осевой точке устанавливают вешку-визирку с планкой, закрепленной на уровне проектной отметки слоя в этой точке плюс высота инструмента. Затем на верх установленной планки наводят визирную ось трубы инструмента. Полученная линия визирования будет параллельной проектному уклону профиля возводимого полотна.

Продольный профиль отсыпанного слоя контролируют с помощью ходовой визирки, устанавливаемой в любой точке полотна в пределах захватки. Величину досыпки или срезки получают как разность отсчетов по рейке и значения высоты прибора. Аналогичные определения можно производить по превышениям линии визирования над горизонтальной планкой ходовой визирки, закрепленной на уровне высоты прибора. В этом случае можно контролировать продольный профиль последующего слоя отсыпки. Для этого планку ходовой визирки понижают на толщину отсыпанного слоя.

Визирка, помещенная на противоположном конце захватки, служит для контроля положения визирной оси инструмента, а также для ориентирования по ней линии визирования с целью определения осевых точек на возводимом полотне.

Более производительным является контроль разравнивания отсыпанного слоя по смотровой визирке на отвале бульдозера, так как в этом случае продольный профиль контролирует непосредственно машинист земляного механизма. В этом случае первую смотровую визирку 1 (рис. 36) устанавливают на отвале бульдозера на уровне глаз сидящего в кабине машиниста. Вешки-визирки 2 и 3, с помощью которых задается проектный уклон, находятся на расстоянии до 100 м от бульдозера и до 20 м одна от другой. Для удобства планировки вешки-визирки располагают попарно с двух сторон от оси земляного полотна и параллельно ей.



Рис. 36. Схема контроля послойной отсыпки бульдозером

Высоту b от режущей плоскости отвала до верха смотровой визирки измеряют, а горизонтальные планки остальных визирок располагают с превышением b над проектными отметками разравниваемого слоя в точках их установки. В этом случае линия визирования 1-2-3 будет параллельна проектному уклону насыпи.

При движении бульдозера машинист, оперируя отвалом, и, следовательно, смотровой визиркой, устанавливает ее на линию визирования, чем приводит режущую часть отвала на проектный уклон земляного полотна. Удерживая смотровую визирку на линии визирования, машинист разравнивает слой в соответствии с проектным уклоном земляного полотна. Для контроля разравнивания последующего слоя высоту визирок 2 и 3 увеличивают на толщину слоя отсыпки.

4.5. Автоматизация управления строительными процессами

Механизированные методы производства строительных работ требуют использование специальных геодезических приборов и устройств, позволяющих производить разбивочные работы и вынос проекта в натуру, элементы которых соединены с управляющими устройствами рабочих органов дорожно-строительных машин и механизмов. Для автоматизации про-

цессов производства строительных работ используют такие приборы и устройства, которые обеспечивают непрерывную установку рабочих органов дорожно-строительных машин и механизмов в такое положение, при котором они строго следуют по заданному направлению, уклону и на проектной высоте.

В настоящее время в практике строительства автомобильных дорог и сооружений на них нашли применение несколько методов управления работой машин и механизмов.

Системы копирования. Основная идея использования систем копирования состоит в том, что параллельно проектной поверхности с использованием геодезических приборов (нивелиров, теодолитов и т.д.) устанавливается натянутая копирная струна, по которой движется соединенный с дорожно-строительной машиной датчик, преобразующий в электрические сигналы отклонение рабочего органа машины от заданного положения. Электрические сигналы воздействуют на механизмы управления рабочими органами машин и механизмов, возвращая их в проектное положение.

Так, для планирования земляного полотна в отечественной практике дорожно-строительных работ по копирной струне используют систему автоматического геодезического управления работой отвала автогрейдера «Профиль-20». Для стабилизации рабочего отвала автогрейдера в продольном направлении используют датчик, устанавливаемый в подъемном устройстве отвала и контролирующей положение отвала по высоте через щуп относительно натянутой в заданном направлении копирной струны. Система «Профиль-20» имеет также стабилизатор отвала в поперечном направлении.

Система продольного уклона имеет лыжу, скользящую по спланированной поверхности земляного полотна. Электрические сигналы от датчика уклона фиксируют отклонение рабочего органа машины от заданного положения и, воздействуют на механизмы управления, устанавливая его в проектное положение.

Системы сравнения толщины слоя, используемые при планировочных работах и разработках выемок автомобильных дорог, устроены следующим образом. На удлиненной базе землеройной машины (бульдозера, автогрейдера или скрепера) размещены две лыжи, одна из которых следует по естественному грунту перед ножом отвала, а другая – по уже спланированной поверхности сзади машины. С помощью датчиков корректируется положение планирующей части машины и, таким образом, автоматически обеспечивается нужная толщина снимаемого слоя грунта.

Лазерные системы. При планировке участков местности большой площади (например, городские площади, аэродромы и т.д.) и обеспечения одновременного контроля и управления работой многих землеройных машин и механизмов применяют лазерные системы (нивелиры), создающие

опорные световые горизонтальные, вертикальные или наклонные плоскости, а также импортные лазерные системы.

При контроле продольного профиля послойной отсыпки насыпи с помощью прибора управления лазерным лучом, направляющую станцию устанавливают над осевой точкой с таким расчетом, чтобы горизонтальная ось прожектора (его РСЗ) была выше проектной отметки слоя отсыпки на величину от 1,0 до 1,6 м. Затем, вращая корпус прожектора вокруг вертикальной оси, по визиру совмещают границу раздела светофильтров с осевой вехой трассы, расположенной на расстоянии до 500 м от направляющей станции (рис. 37). Зафиксировав шкалой барабанчика проектное значение уклона, микрометрическим винтом корпуса прожектора приводят пузырек уровня в нуль-пункт, чем достигают наклона РСЗ луча под требуемым уклоном i . Такая установка направляющей станции позволяет контролировать продольный профиль, а также ширину земляного полотна путем промеров от «видимой оси», которую обозначит на местности граница раздела светофильтров прожектора.

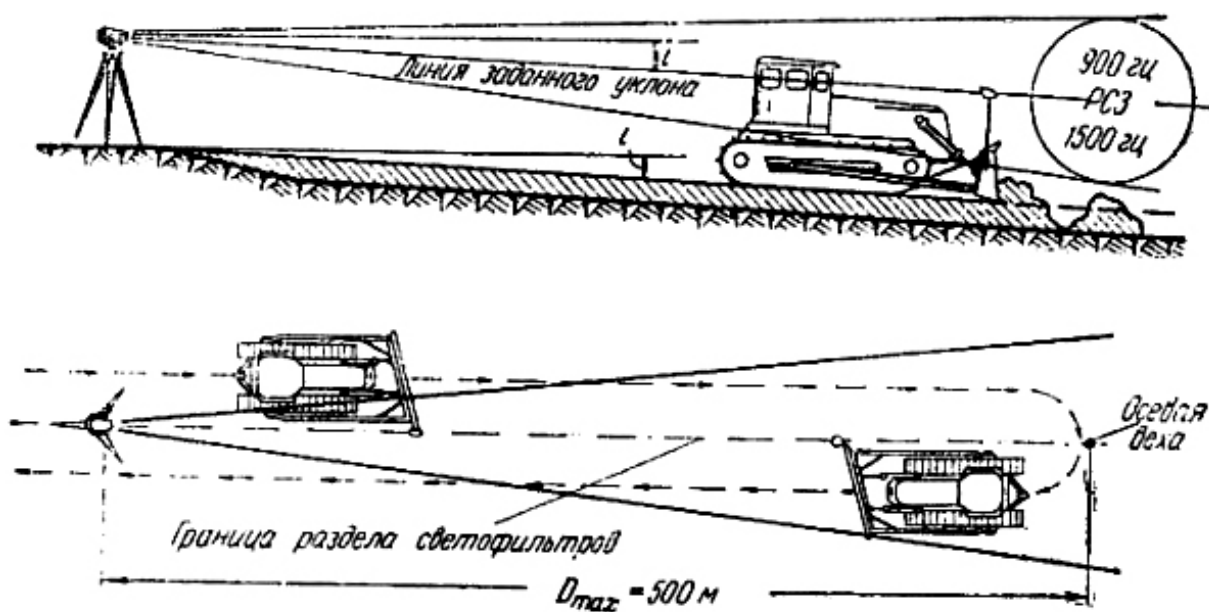


Рис. 37. Контроль разравнивания грунта с использованием прибора управления лазерным лучом

Фотоприемник приемной станции крепят к штанге, приваренной к одному из торцов отвала бульдозера на высоте от его режущей части, равной высоте горизонтальной оси прожектора над проектной отметкой контролируемого слоя в точке стояния направляющей станции. Затем отвал бульдозера поворачивают под необходимым углом захвата и устанавливают его торец на линии движения (ось полотна) на расстоянии 10–20 м от направляющей станции, а фотоприемник с помощью визира ориентируют на прожектор.

Подъемом или опусканием отвала машинист вводит фотоприемник в луч прожектора – об этом свидетельствует загорание одной из ламп пульта управления. После включения автоматической системы фотоприемник системой автоматики устанавливается в РСЗ луча и постоянно удерживается в ее плоскости.

При движении бульдозера грунт разравнивается в соответствии с уклоном, заданным прожектором направляющей станции. Наличие поворотного отвала бульдозера позволяет при разравнивании грунта отодвигать его излишки от оси к бровке насыпи без изменения прямолинейного движения машины. При выполнении разравнивания в полуавтоматическом режиме контроль продольного профиля машинист осуществляет по сигналам цветных ламп пульта управления, корректируя положение отвала с помощью кнопок «вверх» и «вниз».

Для ориентирования движения машины в плане используют видимую границу раздела светофильтров, рассматривая ее по боковому зеркалу заднего вида. Преобладание одного из цветов луча свидетельствует о смещении торца отвала с оси. Действуя рычагами поворота, машинист устанавливает границу раздела по центру зеркала, что соответствует положению отвала – на оси полотна.

Движение бульдозера организуют по круговой схеме в обе стороны от направляющей станции. В этом случае при достижении бульдозером максимально возможного удаления (500 м), после его разворота на смежную полосу движения вдоль оси с другой ее стороны, разворачивают фотоприемник на 180° относительно вертикальной оси штанги крепления, не меняя его высоты. После прохода бульдозером направляющей станции оператор по лимбу прибора поворачивает корпус прожектора на 180° и устанавливает противоположное по знаку значение проектного уклона. Контроль разравнивания второй половины захватки осуществляют так же, как и первой.

При такой организации работ бульдозер разравнивает полосу земляного полотна, равную двойной ширине захвата его отвала, на расстоянии до 100 м. Оставшуюся площадь отсыпанного слоя разравнивают крайними проходками бульдозера без использования системы ПУЛ. При этом машинист ориентирует движение бульдозера в плане по следу смежной проходки, перекрывая ее, а положение отвала по высоте контролируют по профилю выполненного разравнивания смежной полосы. За это время увеличивают высоту прожектора на толщину слоя отсыпки (если разравниваемый слой промежуточный) или направляющую станцию переносят и устанавливают для производства работ на очередной захватке (если разравниваемый слой последний).

4.6. Разработка выемок

Контроль разработки выемок осуществляют от периодически восстанавливаемой оси, выносных точек закрепления и элементов детальных разбивок подготовительного периода. Восстановление проектного положения оси необходимо для контроля ширины поярусной выемки и крутизны откосов. Восстановление оси производят теми же приемами, что и возведение насыпей. Кроме того, при поярусной разработке выемок на прямых и кривых осевые точки закрепляют выносом короткими створами на полки яруса с последующим восстановлением оси на нижележащем ярусе.

Контроль за поярусной разработкой неглубоких выемок (при $h < 4$ м), а также верхней части глубоких выемок осуществляют по вешкам-визиркам с помощью ходовой рейки, перемещая ее по дну разработанного слоя выемки. Контроль остаточной глубины выемки выполняют аналогично, для этого переставляют откосники и вешки-визирки на уровень разработанного слоя выемки. Крутизну откосов контролируют по выдвижным откосным рейкам инвентарных откосников, контрольным шаблоном и способом наклонного луча визирования по аналогии с производством этих работ на насыпях.

При поярусной разработке выемки по высоте ходовой визирки от ее пятки до линии визирования a (рис. 38) определяют глубину разработки h_1 , остаточную глубину выемки h' и при известной отметке линии визирования $H_{ЛВ}$ – абсолютную отметку верха полотна в уровне разработки. Перечисленные величины вычисляют по формулам:

$$h'_1 = h + b - a;$$

$$h_1 = h - h' = a - b;$$

$$H_A = H_{ЛВ} - a.$$

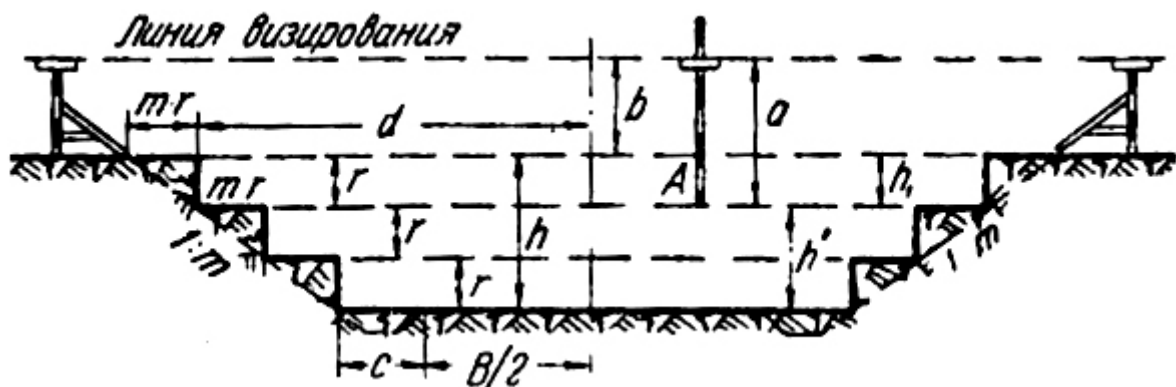


Рис. 38. Контроль разработки выемок

Высоту ходовой визирки a для каждого разрабатываемого яруса вычисляют по формуле

$$a_n = b + rn, \quad (58)$$

где r – глубина яруса разработки;

n – порядковый номер яруса.

Определив длину ходовой визирки для разрабатываемого слоя, закрепляют ее горизонтальную планку на этом уровне. Затем, устанавливая ходовую визирку в любой точке полотна, визированием плоскостью между смежными визирками вдоль полотна получают визуальное представление о глубине доработки контролируемого яруса. Устраняя обнаруженные срезки грунта, формируют продольный профиль полотна, параллельный плоскости визирования, ограниченной смежными вешками-визирками.

Глубину разработки выемок можно контролировать геометрическим и гидромеханическим нивелированием. Значение неровностей разработки получают сравнением проектных и фактических отметок верха яруса, подлежащего последующей разработке.

Определять глубину разработки и восстанавливать ось выемок можно разбивочным прибором и способом тригонометрического и гидромеханического нивелирования. Производство работ, а также определение и отложение искомых параметров осуществляют по аналогии с выполнением этих работ на насыпях.

При разработке выемок скреперами разбивают точки торцовых стенок яруса. Для этого от точек откосных бровок на расстоянии mr забивают колья или устанавливают вешки направления. В этом случае при снятии грунта толщиной r основание яруса торцовых стенок должно находиться на образующей откоса. После разработки слоя расстояние до стенки яруса контролируют от восстанавливаемой оси путем отложения расстояния d , равного

$$d = \frac{B}{2} + c + mh',$$

где h' – остаточная глубина доработки выемки.

Для разработки нижележащего слоя продольные проходки сужают от откосных бровок к оси последовательно на ту же величину mr . Образовавшиеся на откосе уступы срезают на каждом ярусе автогрейдером или при достижении полной глубины разработки – поперечными проходами бульдозера. Контроль крутизны откосов производят: по линии пересечения торцовых стенок и основания яруса путем выдвижения откосных реек инвентарных откосников; непосредственно контрольным шаблоном или способом наклонного луча визирования.

При разработке выемок продольными проходами бульдозера его отвал снабжают специальными «открылками» на его торцах, угол наклона ниж-

ней части которых соответствует проектной крутизне откоса. В этом случае по мере разработки ярусов формируют откос путем ориентирования нижней грани открьлка по выдвигаемым откосным рейкам инвентарных откосников.

Соответствие параллельности фактического профиля проектному и глубину поярусной разработки можно контролировать наклонным лучом визирования с помощью нивелира или теодолита и рейки. Установив инструмент над проектной точкой яруса и наклонив визирную ось на заданный уклон выемки, находят величину доработки яруса как разность между полученным отсчетом и значением высоты инструмента от проектной отметки яруса в точке стояния прибора.

Выемки глубиной 4 м, как правило, разрабатывают экскаватором. При этом осуществляют контроль как за движением экскаватора в плане, так и за глубиной разработки. Нарезанные автогрейдером бровки выемки служат наружной границей забоя, а положение откосных реек позволяет машинисту экскаватора-драглайна визуально судить о крутизне разрабатываемых откосов. Движение экскаватора в плане и направление разработки выемки машинист контролирует по вешкам направления, которые выставляют через 20–50 м по линиям основания обоих откосов.

Контроль за глубиной разработки производят по вешкам направления, горизонтальные планки которых установлены на высоте до 1,5 м над проектной отметкой верха земляного полотна. Контроль глубины разработки осуществляет машинист или его помощник визуально с помощью ходовой визирки вешением на себя (рис. 39).

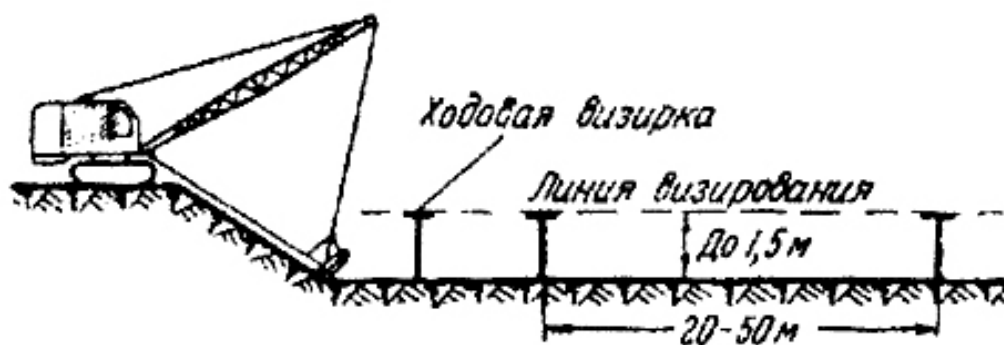


Рис. 39. Контроль выемки при разработке экскаватором-драглайном

По мере продвижения экскаватора через принятый интервал разбивки вновь устанавливают визирки в створе и по линии визирования двух предыдущих. Периодически контроль отметок выемки и положения горизонтальных планок визирок осуществляют геометрическим нивелированием.

В случае расположения выемки на кривой вешки-визирки устанавливают по основаниям обоих откосов с интервалом 10–20 м. Развитие плоскости визирования и закрепление вешек-визирок в плане производят

одним из способов детальной разбивки кривых. В этом случае наибольшее распространение получил метод продолженных хорд (рис. 40).

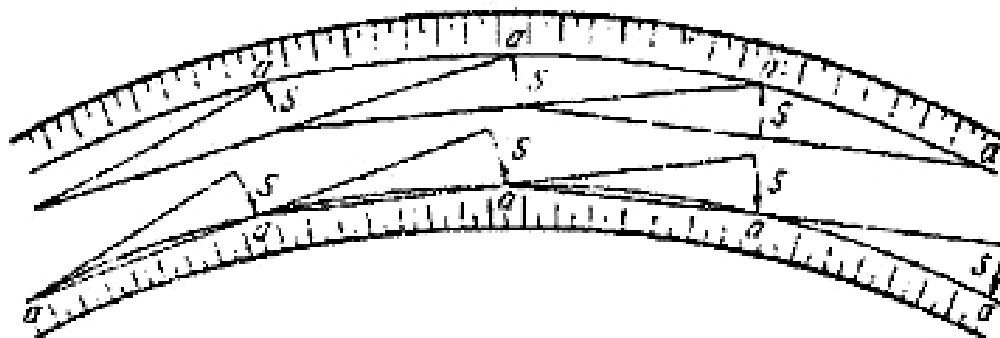


Рис. 40. Развитие линии визирования в выемке способом продолженных хорд:
а – места установки визирок

Контроль за глубиной выработки грунта экскаватором, оборудованным прямой лопатой, осуществляют также с помощью вешек-визирок; визирки устанавливают по оси выемки вслед за передвижением экскаватора (рис. 41). Смотровой визиркой служит горизонтальная черта, нанесенная на рукоятки ковша на высоте уровня глаз машиниста.

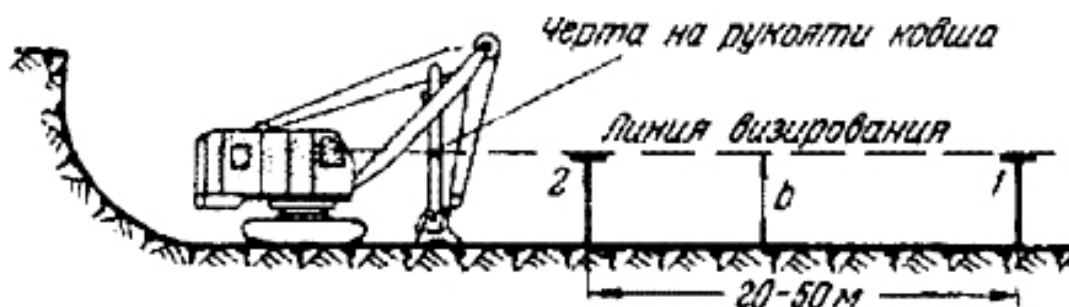


Рис. 41. Контроль глубины разработки выемки

Визирки 1 и 2 должны быть одинаковой высоты (см. рис. 41) над проектными отметками верха земляного полотна в точках их установки. Уклон между горизонтальными планками визирок задают геометрическим нивелированием, в зависимости от их высоты и проектной отметки полотна.

Для высотного контроля забоя машинист поворачивает экскаватор и устанавливает рукоятку ковша с таким расчетом, чтобы она находилась в створе визирок и была перпендикулярна плоскости подошвы гусениц. Визуально, проектируя черту рукоятки ковша на горизонтальные планки визирок, машинист оценивает на глаз величину доработки. Расстояние между визирками и экскаватором не должно превышать 50 м.

Контроль глубины разработки выемки и планировки ее основания с помощью системы ПУЛ осуществляют после приведения в рабочее положение направляющей и приемной станций и ориентирования луча прожектора вдоль оси выемки.

Работу выполняют по следующей схеме (рис. 42). Движение бульдозера организуют только от направляющей станции к месту разработки выемки. Недобор грунта экскаватором, а также грунт, снятый с откосов, срезают бульдозером, оснащенным торцовыми откылками, до проектного уклона, заданного направляющей станцией. Излишки грунта перемещаются в зону действия экскаватора для удаления. При этом расстояние от бульдозера до направляющей станции не должно превышать 500 м. В противном случае переставляют направляющую станцию по оси полотна.

При работе в автоматическом режиме фактический профиль выполняется параллельным проектному. В случае применения полуавтоматического режима грунт недобора снимают до момента потухания красной лампочки пульта управления, что свидетельствует о нахождении режущей части отвала бульдозера на проектном уровне.

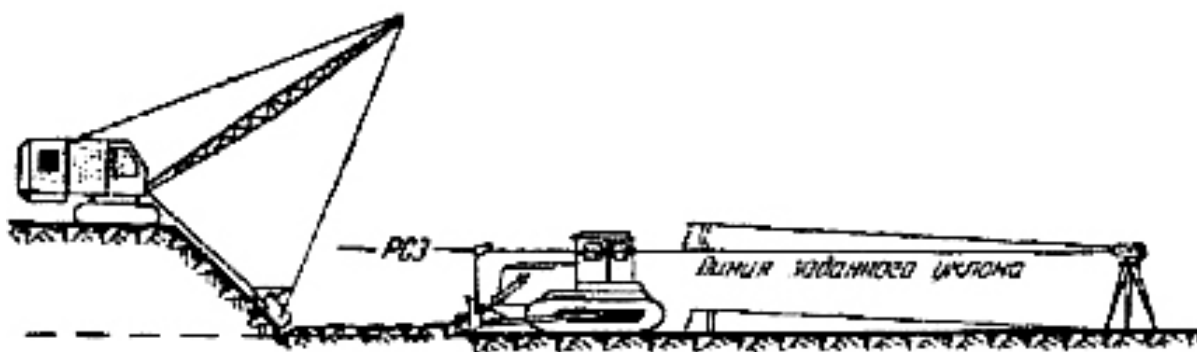


Рис. 42. Контроль продольного профиля системой ПУЛ

Глубину разработки выемки машинист экскаватора контролирует визуально по профилю, который отставляет отвал бульдозера при доставке к экскаватору очередной партии грунта с поверхности полотна. Ширину полотна контролируют путем промеров рулеткой от видимой оси (границы раздела светофильтров) до бровок и по выдвижным откосным рейкам инвентарных откосников.

При поярусной разработке выемки скреперами контроль продольного профиля осуществляют путем нарезания опорной траншеи вдоль оси или бровок выемки. Глубина опорной траншеи служит своеобразной разбивкой для ориентирования заглабления рабочего органа скреперами при разработке оставшейся части земляного полотна.

4.7. Устройство резервов и водоотводов

Глубину резервов и их положение в плане контролируют по вешкам-визиркам, установленным на их бровках. Положение вешек-визирок определяет ширину разрабатываемого резерва, глубину контролируют с применением ходовой визирки путем визирования между смежными поперечни-

ками. Контроль крутизны откосов осуществляют с помощью шаблона от точек закрепления бровок.

Перед разработкой последнего слоя по бровкам и точкам водотока забивают колья, верх которых располагают с определенным превышением (до 0,5 м) над соответствующими проектными отметками дна резерва у разбиваемых точек. Ориентируясь по вершинам кольев с учетом их превышения над дном резерва, окончательно планируют основание резерва и его откосы с помощью автогрейдера. Уклон водотока дополнительно контролируют по смежным вешкам-визиркам с помощью ходовой визирки.

Выбор типа механизма для устройства водоотводных сооружений зависит от их глубины. При глубине водоотводных канав до 1,5 м применяют роторные экскаваторы с соответствующими профилерами, при большей глубине водоотвода грунт разрабатывают экскаваторами «драглайн» или экскаваторами, оборудованными «обратной лопатой».

Геодезические разбивочные работы при отрывке канав водоотводов производят в соответствии с типом механизма, выбранного для их устройства. Продольный профиль водоотвода контролируют по выставленным вдоль траншеи вешкам или способом наклонного луча визирования. Направление движения землеройного механизма ориентируют по створным вешкам или кольшкам. Поперечные контуры проверяют специально изготовленным шаблоном, копирующим проектный поперечник водоотвода. При этом поперечные и продольные параметры водоотводов должны удовлетворять допускам, приведенным в табл. 11.

При разработке кювета в выемке по линии движения наружной гусеницы кюветокопателя забивают кольшки с интервалом 10–20 м. Положение ориентирующих кольшков определяют отложением по перпендикулярам к восстанавливаемой оси необходимых расстояний с помощью рулетки. Так как нарезку кюветов производят по спланированному дну выемки, применяют два способа контроля продольного профиля. Если продольный профиль полотна выемки имеет однообразный уклон не менее 5 ‰ и обеспечивает сток воды в нужном направлении, то контролю подлежит постоянство заглубления рабочего органа относительно плоскости гусениц тягового механизма. В этом случае продольный профиль дна кювета копирует профиль полотна. Периодическому контролю подлежат только параметры кювета, которые проверяют специальным шаблоном.

На горизонтальных или имеющих обратный уклон участках полотна выемки контроль продольного профиля кювета осуществляют визуально по двум визиркам с помощью третьей – ходовой, переставляемой по дну траншеи, путем визирования от себя вслед движению механизма. Иногда ходовую визирку крепят непосредственно на рабочий орган машины. В этом случае контроль продольного профиля кювета осуществляют способом наклонного луча визирования, заключающимся в установке визирной

оси теодолита или нивелира в положение, параллельное проектному уклону дна кювета. При этом высота крепления горизонтальной планки визирки относительно режущей плоскости кюветокопателя должна соответствовать высоте визирной оси инструмента над проектной отметкой кювета в точке его установки.

Т а б л и ц а 1 1

Допуски разбивочных работ

Наименование отклонений	Единица измерения	Величина строительного допуска Δ	Точность разбивочных работ
<i>Дорожные основания и покрытия</i>			
Конструктивные слои дорожной одежды (подстилающие и основания под покрытия):			
ширина слоя	см	10	4
толщина слоя	—”—	10	—
поперечные уклоны	%	0,005	0,002
Покрытия:			
ширина			
— для мостовых и цементно-бетонных	см	5	2
— для прочих	—”—	10	4
толщина	%	10	—
высотные отметки по оси	см	5	2
поперечный уклон	%	0,005	0,002
Наибольший просвет под трехметровой рейкой:			
— цементобетон и асфальтобетон	мм	5	—
— черное щебеночное и гравийное покрытия	—”—	7	—
— грунты, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, обработанные органическими или минеральными вяжущими	—”—	10	—
— мостовые, щебеночные, гравийные и шлаковые покрытия	—”—	15	—
— наибольшая разница в уровнях плит на стыках и швах	—”—	3	—

П р и м е ч а н и е . Разность отметок точек по оси проезжей части, отстоящих одна от другой на расстоянии 10 м, не должна превышать: для асфальтобетонных покрытий – 3 см, для цементных покрытий – 2 см.

Для разработки водоотводов на местности с переменным поперечным уклоном вначале разрабатывают выравнивающую траншею с продольной планировкой площадки с помощью бульдозера. Разбивку проходок бульдозера в плане осуществляют от высотных точек закрепления, а высотную разбивку – по двум визиркам с помощью третьей, установленной на отвале бульдозера. Остаточную глубину нагорных и водоотводных канав разрабатывают роторным экскаватором. Для этого по выровненному бульдозером дну верхней части водоотвода разбивают линию движения гусеницы землеройной машины путем установки кольев через 10–20 м по расстояниям, откладываемым от точек высотного закрепления водоотвода.

Глубину канавы и ее продольный профиль проверяют по визиркам, установленным вдоль траншеи с нагорной стороны по визирной плоскости, параллельной дну канавы, или способом наклонного луча визирования.

Контроль уклона дренажных водоотводов или канав глубиной свыше 1,5 м, разрабатываемых драглайном или обратной лопатой, выполняют визированием по обноске с помощью ходовой рейки, переставляемой по дну траншеи. При работе на переувлажненных грунтах глубину разработки контролируют с помощью электромеханического глубомера, показания которого зависят от длины вытравленного троса, угла наклона экскаватора и его стрелы. Экскавация с применением глубиномера может осуществляться с погрешностью не более 5 см.

Технология контроля продольного профиля кюветов и водоотводных канав с применением системы ПУЛ сводится к ведению рабочего органа роторного экскаватора с соответствующим профилером по уклону, задаваемому равносигнальной зоной луча направляющей станции. Направляющую станцию устанавливают над осевой точкой кювета или водоотводной канавы, прожектор ориентируют вдоль оси, а его равносигнальной зоне придают проектное значение уклона. Фотоприемник жестко крепится на рабочий орган машины на высоте, равной высоте горизонтальной оси прожектора относительно проектной отметки дна кювета в точке стояния. Поскольку рабочий орган роторного экскаватора находится позади машины, работу производят только по направлению от прожектора.

После установки на линию движения производят заглубление рабочего органа машины в полуавтоматическом режиме до момента потухания красной лампочки пульта управления. Затем включают систему автоматики и начинают продольное движение машины. Движение машины в плане осуществляют путем ориентирования по границе раздела светофильтров или по кольшкам геодезической разбивки, забитым по наружному контуру колеи правой по ходу машины гусеницы.

Подъем или опускание рабочего органа машины в соответствии с командами пульта управления осуществляется автоматически гидроцилиндром опорной лыжи, которая одновременно весом рабочего органа экскава-

тора уплотняет дно отрываемой канавы. Продольный профиль водоотвода получается автоматически параллельным уклону, заданному равносигнальной зоной луча прожектора. Поперечный контур водоотводного сооружения формируется в соответствии с типом применяемого профилера.

Контрольные вопросы

1. Назначение геодезических работ в строительном периоде.
2. Назовите точность геодезических измерений при производстве разбивочных и контрольных работ.
3. Какой точностью геодезических разбивочных работ следует пользоваться при детальной разбивке земляного полотна в процессе разбивки для планировочных работ и при устройстве дорожных оснований, покрытий?
4. Перечислите специальные приспособления для производства разбивочных, восстановительных и контрольных работ в дорожном строительстве.
5. Назначение, устройство и использование вешек-визирок.
6. Назначение, устройство и схема работы контрольного шаблона.
7. Для чего предназначены отметки и как они устанавливаются?
8. Как определить превышение и горизонтальное проложение между двумя точками крутого ската с помощью ватерпасовки?
9. От чего в плановом и высотном отношении выполняют контроль возведения насыпки?
10. Как контролируют высотные элементы возводимой насыпи?
11. Кроме контроля по откосникам, чем и как можно контролировать положение длинных откосов?
12. Назовите способы контроля устройства продольного профиля при послойной отсыпке насыпи.
13. Какими приемами осуществляют восстановление оси и контроль разработки выемок?
14. Чем контролируют глубину разработки выемок?
15. Как осуществляют контроль глубины резервов и их положение в плане?
16. Состав геодезических разбивочных работ при отрывке канав водоотводов.
17. Как выполняют контроль уклона дренажных водоотводов глубиной 1,5 м?

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ

5.1. Восстановление оси и профиля полотна

Планировочными работами заканчивается комплекс действий по возведению земляного полотна. От точности выполнения этого вида работ зависит соответствие натуральных очертаний полотна его проектным параметрам и качество профиля вышележащих слоев дорожной одежды. Поэтому разбивочные и контрольные работы этого периода выполняют более тщательно в целях недопущения фактических отклонений больше допустимых значений, регламентированных нормами СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги». Для обеспечения надлежащего качества планировочных работ точность геодезической разбивки плановых и высотных элементов земляного полотна не должна превышать величин, указанных в графе 4 табл. 11.

Перед началом планировочных работ осуществляют инструментальное восстановление оси и бровок земляного полотна, определение отметок полотна и установку плановых и высотных разбивочных знаков, необходимых для производства и контроля выполнения планировочных работ.

Восстановление оси необходимо для нахождения ее проектного положения на подготовленном для планировочных работ земляном полотне. Вынесенную и закрепленную кольями ось дороги в дальнейшем используют для отложения от нее проектных параметров полотна, разбивки створов для прохода планирующих механизмов, а также фиксирования проектного продольного профиля.

В равнинной местности при невысоких насыпях и неглубоких выемках положение точек оси получают отложением соответствующих расстояний от выносных точек закрепления по створу поперечника. В местах закрепления оси способом угловых засечек восстановление осевых точек осуществляют отложением соответствующих углов от створа базиса закрепления. При использовании двух теодолитов устанавливают вешки или колья на пересечении их визирных осей. При использовании одного теодолита после отложения одного из углов по направлению полученной линии визирования в пределах земляного полотна укладывают рулетку. Затем переставляют теодолит на вторую точку базиса, откладывают соответствующее значение угла и перемещением вешки вдоль рулетки устанавливают ее на пересечении с визирной линией. Значения откладываемых углов выбирают из журнала разбивочных работ. Аналогично восстанавливают осевые точки на криволинейных участках полотна.

На прямолинейных участках трассы положение промежуточных осевых точек фиксируют примерно через 50 см створным вешением с помо-

щью теодолита между выставленными точками оси. Аналогичное вешение производят по коротким расстояниям между вершинами углов поворота и точками в местах нулевых работ.

На криволинейных участках трассы восстанавливают положение главных точек кривых и точек круговой кривой через двухсотметровые интервалы. Положение промежуточных точек между ними получают одним из способов детальной разбивки кривых.

На полученных точках оси забивают колья. Положение бровок полотна на насыпях получают отложением величин $B/2$ по перпендикуляру к оси; в выемках по этому же направлению откладывают величину $(B/2 + c)$. Для определения положения границ откосов выемок и насыпей с помощью рулетки от выносных точек закрепления откладывают соответствующие расстояния, взятые из журнала разбивочных работ. Восстановление бровок полотна и границ откосов необходимо для разбивки линий движения откосопланировочных машин.

Продольный профиль земляного полотна фиксируют деревянными или металлическими кольями в восстанавливаемых точках оси и бровок, устанавливая их верх на проектные отметки профиля. Для этой цели используют вешки-визирки, которые закрепляют на откосе на расстоянии до 1,5 м от бровки полотна. Поскольку проектный продольный профиль представлен отметками бровок $H_{бр}$, то для вычисления отметок осевых точек H_o пользуются выражением

$$H_o = H_{бр} + b_o i_o - h_k + \frac{b_k h_k}{2}, \quad (59)$$

где b_o, i_o – ширина и уклон обочины;

h_k, b_k, i_k – глубина, ширина и уклон корыта.

Отметки полотна определяют нивелированием из середины с удалением рейки от инструмента не более чем на 100 м. Нивелирные ходы должны начинаться и заканчиваться на реперах трассы. По данным геометрического нивелирования составляют выписки на производство, в которых в соответствии с пикетажным положением нивелируемых точек указывают величины необходимых срезов грунта.

Независимо от кривизны земляного полотна в плане и профиле отметки на каждую осевую точку, на точки бровок, а также на горизонтальные планки вешек-визирок передают геометрическим нивелированием через значение горизонта инструмента путем вычисления соответствующего отсчета по рейке.

При смещении или уничтожении кольев в процессе планировочных работ их положение на линиях с однообразным уклоном может быть восстановлено способом наклонного луча визирования с применением теодолита или нивелира. Для этого на одной из точек с вынесенными проектными

отметками устанавливают нивелир, а на другой – рейку. Трехгер нивелира фиксируют с таким расчетом, чтобы один из подъемных винтов был расположен по створу разбивки. После приведения нивелира в рабочее положение подъемным винтом наводят горизонтальную нить сетки на отсчет по рейке, равный высоте инструмента. Полученная линия визирования будет параллельной проектному профилю. Кол закрепляют на проектной отметке, забивая его до тех пор, пока отсчет по рейке, установленной на его верхнем срезе, не будет равен значению высоты инструмента. Вместо рейки можно применять вешку-визирку с горизонтальной планкой, закрепленной от ее пятки на высоте, равной значению высоты инструмента.

Этот же способ применим для определения величин срезов или досыпок в нивелируемых точках. Для этого в каждой точке берут отсчеты O_n , а искомую величину среза или досыпки h' определяют согласно выражению

$$h' = O_n - v,$$

где v – высота прибора.

В случае отсутствия второй точки с известной отметкой визирную ось теодолита устанавливают по величине угла наклона. При использовании нивелира вычисляют величину смещения r визирной оси по вертикали по формуле

$$r = id, \quad (60)$$

где i – проектное значение выносимого уклона;

d – расстояние до нивелирной рейки.

Сместив визирную ось от горизонтального положения на величину r , получают ее положение, параллельное проектному уклону. Установку точек на проектные отметки осуществляют аналогично случаю, рассмотренному выше.

5.2. Планировка земляного полотна и его откосов

Предварительно производят грубую планировку земляного полотна, используя бульдозеры с поворотным отвалом. При этом движение бульдозера в плане ориентируют по кольям оси и бровок, а высотное положение отвала определяется машинистом визуально по горизонтальным планкам двух впереди стоящих визирок с помощью ходовой визирки, установленной на отвале бульдозера (см. рис. 36).

Контроль планировочных работ автогрейдером и создания им поперечного уклона полотна осуществляют с помощью вешек-визирок. Для этого на поперечниках в местах установки осевых кольев и на обоих откосах (рис. 43) закрепляют вешки-визирки, при этом горизонтальные планки

располагают на 1,5 м выше проектной отметки верха полотна. Затем визирки вешек понижают на величину

$$\delta = i \left(\frac{B}{2} + r \right), \quad (61)$$

где i – величина поперечного уклона полотна;
 r – расстояние от бровки полотна до места установки визирки.

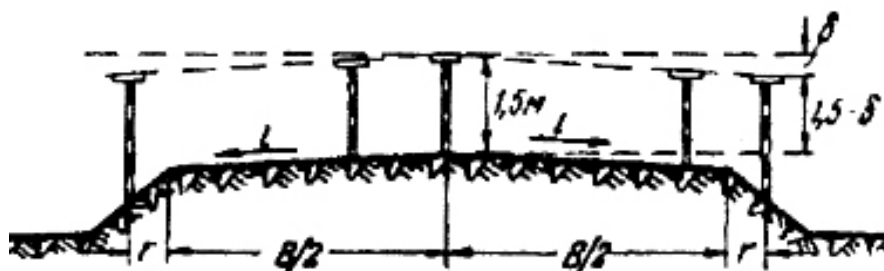


Рис. 43. Контроль планировки земляного полотна

Перед началом планировочных работ отвал автогрейдера наклоняют в поперечном направлении под необходимым уклоном i по показаниям его уклономера. В процессе работы после каждого прохода автогрейдера контролируют планировку с помощью двух ходовых реек высотой 1,5 м, одну из которых устанавливают на осевой кол, а вторую – в контролируемом месте земляного полотна. Аналогичный контроль осуществляется не только в поперечном, но и в продольном направлении. При этом проверку пикетных и плюсовых точек осуществляют геометрическим нивелированием, а промежуточных точек – по вешкам-визиркам.

Контроль планировки вертикальных кривых осуществляют путем установки вешек-визирок через 20 м на выпуклых кривых и через 10 м – на вогнутых.

Рациональным является также способ контроля планировочных работ по специальным деревянным или металлическим двухцветным кольям. Верхнюю часть кола высотой 30 см окрашивают в белый цвет, остальные – в черный или красный. При этом способе по оси и бровкам полотна с интервалом в 20 см выставляют такие колья с расчетом, чтобы их верхний срез был расположен на 30 см выше проектной отметки в месте их установки. По величине превышения границы раздела окраски кола над фактической поверхностью земли определяют величину срезки или отсыпки. На торец отвала автогрейдера (рис. 44) в верхней его части подвешивают жесткий металлический флажок, вращающийся на оси. При этом высота флажка и кола от границы окраски должна быть в сумме равна высоте отвала автогрейдера.

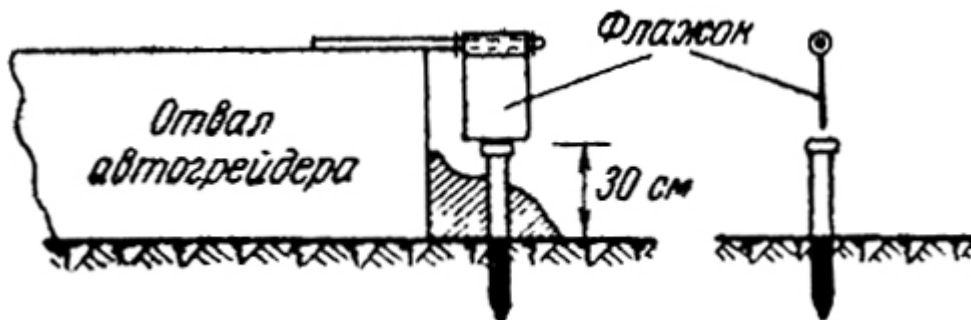


Рис. 44. Планировка полотна с контролем по кольшкам

При прохождении автогрейдером расстояния от низа флажка до верха кола машинист судит о величине срезки или досыпки планируемой поверхности. Устанавливаемые колья используют не только для высотного контроля, но и для ориентирования движения машины в плане. Планировку начинают с прохода по осевым кольям и заканчивают по кольям, установленным на бровках. Излишний грунт сбрасывают под откос.

Контроль планировки осуществляют с помощью нивелира и визирки, помещаемой на отвале автогрейдера. Нивелир устанавливают над точкой с известной отметкой; его визирной оси придают проектное значение уклона. К отвалу автогрейдера крепят вешку-визирку, горизонтальную планку которой закрепляют от режущей плоскости отвала на уровне, равном высоте установки нивелира. Движение автогрейдера осуществляют только в сторону нивелира. Визируя на горизонтальную планку вешки, наблюдатель у прибора с помощью флажков передает информацию машинисту автогрейдера о высотном положении отвала относительно планируемой поверхности.

При производстве планировочных работ с помощью системы ПУЛ вначале выполняют плановое и высотное восстановление оси с интервалом до 450 м, что соответствует длине сменной захватки планировочных машин. Восстановление осуществляют существующими способами и инструментами от выносных точек закрепления и реперов трассы. Разбивку бровок земляного полотна не производят, так как они автоматически ограничиваются в процессе дальнейшей отделки полотна – при планировке откосов в насыпи и нарезании кюветов в выемке. Кроме того, отпадает необходимость в определении отметок полотна продольным нивелированием, забивке кольев на проектные отметки и установке вешек-визирок. При использовании системы ПУЛ проектную отметку верха полотна передают на осевые колья только в местах установки направляющей станции.

Контроль продольного профиля полотна осуществляют системой ПУЛ, направляющую станцию которой устанавливают на земляном полотне, а приемную – на автогрейдере, приспособленном для работы с этой системой.

При планировке откосов насыпей и выемок используют автогрейдер или бульдозер с навесным оборудованием, специальный откосопланировщик Д-632 с поворотным удлинителем отвала длиной 4,2 м, планировочный ковш на стреле экскаватора, а также экскаватор-драглайн. Откосы невысоких насыпей и неглубоких выемок (до 4 м) планируют в два этапа – вначале верхнюю часть откоса с опущенным вниз откосопланировщиком, затем нижнюю с поднятым откосопланировщиком. Положение планирующего оборудования на откосе проверяют контрольным шаблоном или по уклономеру, установленному на рабочем органе машины. Как правило, нарезание откосов совмещают с планировкой земляного полотна или осуществляют вслед за выполнением основных планировочных работ.

Планировку откосов высоких насыпей и глубоких выемок производят планировочными ковшами или драглайном после нарезки автогрейдером или бульдозером верхней и нижней частей откосов.

Для правильной верховой проходки автогрейдера с откосопланировщиком на насыпи по оси его движения выставляют вешки направления, первую из которых устанавливают на расстоянии до 100 м от начала движения машины, а другую – в 20–30 м от нее. Для разбивки их местоположения используют сохранившиеся кольца оси и бровок, а также вешки-визирки на откосах. Вешки направления устанавливают с таким расчетом, чтобы они находились от бровки полотна на расстоянии, равном половине ширины следа захвата отвала автогрейдера. После установки вешек направления вешки-визирки с откосов снимают.

Для ориентирования движения автогрейдера к его раме по направлению продольной оси вертикально приваривают два металлических стержня диаметром 8–10 мм и длиной 0,6–1,0 м. Ориентируясь по створу линии, водитель автогрейдера направляет машину на вешки направления, которые по мере продвижения автогрейдера переставляют. При этом верховой откос полотна и граница бровки нарезаются параллельно линии движения автогрейдера.

Для низовой проходки автогрейдера при высоте насыпи до 4 м разбивку линии движения не делают, так как происходит взаимное перекрытие планируемых откосов с верховой и низовой сторон. В этом случае автогрейдера с удлинителем устанавливают по уклономеру под требуемым углом наклона и при движении машины ориентируют верхним концом вдоль откоса, нарезанного с верховой проходки.

При высоте насыпи более 4 м разбивку и планировку верховой проходки осуществляют аналогично, а для низовой стороны устанавливают кольца через 20 м с полевой стороны по линии движения колес или торца отвала автогрейдера. Разбивку производят от сохранившихся точек границ откосов насыпи. При отсутствии сохранившихся точек границ откосов расстоя-

ние до линии движения торца или колес автогрейдера рассчитывают и откладывают от выносных точек закрепления оси земляного полотна.

Для ориентирования движения бульдозера с откосопланировщиком с верхней стороны насыпи устанавливают колья на линии движения торца отвала или наружной стороны гусениц по расстояниям, откладываемым от оси полотна с интервалом до 20 м.

Контрольные вопросы

1. Какими работами заканчивают комплекс действий по возведению земляного полотна?

2. Какие плановые и высотные разбивочные работы выполняют перед началом планировочных работ?

3. Назовите способы восстановления положения смещенных или утраченных в процессе планировочных работ кольев на линиях с однообразным уклоном.

4. Как осуществляют контроль грубой планировки земляного полотна бульдозером?

5. Расскажите о контроле планировки земляного полотна автогрейдером.

6. Какие машины и какое контрольное оборудование используют при планировке откосов насыпей и выемок?

6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ДОРОГИ

6.1. Устройство основания и покрытия дороги

Покрытие на автомобильных дорогах строится в подготовленном для этого земляном корыте и состоит из песчаной подушки, бетонного или каменного несущего слоя и верхней дорожной одежды (асфальтового или бетонного слоя) (см. рис. 6).

Закончив планировку верха земляного полотна и поверку его поперечного уклона, осуществляют подготовку основания и устройство слоев дорожной одежды. После того как песчаная подушка уложена в земляное корыто и укатана, с помощью теодолита разбивают ось дороги и кромки проезжей части. Для этого по перпендикулярам к оси дороги в обе стороны от нее откладывают половину ширины строящегося слоя дорожной одежды.

Одновременно с плановой разбивкой с помощью нивелира устанавливают эти точки на уровень проектных отметок верха покрытия несущего слоя. Такие поперечники разбивают на всех пикетах, переломах продольного профиля и плюсовых точках примерно через 20 м на прямолинейных участках и через 10 м на кривых.

Полученные точки, закрепляемые деревянными или металлическими двухцветными кольями, служат плановой и высотной основой для разравнивания основания или для установки опалубки при бетонировании дороги.

Подстилающий слой и грунтовые смеси разравнивают продольными проходами автогрейдера с отвалом, установленным в соответствии с поперечным уклоном слоя. Ширину разравниваемого слоя и его продольный профиль контролируют по флажку на отвале и высотным кольям разбивки бровок слоя.

Верх кольев устанавливают с повышением на величину уплотнения слоя и в зависимости от высоты автогрейдера и длины флажка на его торце. Величину уплотнения слоя принимают по коэффициенту уплотнения, который для песка составляет 1,10–1,15, а для грунтовых смесей – по данным лабораторных исследований. Поперечный профиль грунтовых смесей после планировки автогрейдером проверяют с помощью контрольного шаблона и только после достижения соответствующей формы допускают к уплотнению. После уплотнения слоя его верх должен находиться на границе раздела окраски кольев. Эту же границу используют для контроля поверхности слоя с применением контрольного шаблона и трехметровой рейки. Согласно нормам для оснований и покрытий из грунтовых смесей допускаемые отклонения отметок приняты равными ± 5 см, наибольший просвет под трехметровой рейкой – 10 мм, а разница между величиной по-

перечного уклона и его проектным значением должна составлять не более 0,005 (см. табл. 11).

При устройстве щебеночного или гравийного основания по песчаному слою в целях уменьшения порчи подстилающего основания щебень или гравий распределяют от себя с таким расчетом, чтобы машины двигались только по укладываемому слою. Разравнивают щебеночное и гравийное основания бульдозером или автогрейдером с контролем профиля по флажку на отвале и высотным двухцветным кольям, предварительно выставленным по границам ширины слоя. При установке колея отметку их верха завышают с учетом коэффициента уплотнения, который принимают равным 1,25–1,30 толщины слоя.

Распределение и планировку щебеночного или гравийного материала эффективно производить самоходными щебнеукладчиками, которые обеспечивают более высокое качество работ. Щебнеукладчик может регулировать толщину отсыпаемого слоя, что позволяет более просто осуществлять контроль за качеством планировки укладываемого слоя. Кроме того, щебнеукладчик предварительно уплотняет уложенный материал с помощью двух виброплит.

Для получения ровной поверхности щебеночного основания или покрытия его тщательно проверяют на каждом разбитом поперечнике, применяя нивелирование, контрольный шаблон и трехметровую линейку. Неровности, обнаруженные в процессе укатки, исправляют путем досыпки мелких фракций щебня с помощью навесного распределителя с последующей укаткой легкими катками.

Отклонения отметок верха щебеночного основания или покрытия от их проектных значений не должны превышать ± 5 см [1], поперечный уклон не должен отличаться от проектного больше чем на 0,005, а наибольший просвет под трехметровой рейкой для щебеночных, гравийных и шлаковых оснований и покрытий не должен превышать 15 мм, а для черных щебеночных и гравийных оснований и покрытий – 7 мм.

Асфальтобетонную смесь укладывают после тщательной проверки и устранения неровностей на нижележащем основании. До начала укладки асфальтобетонной смеси находят плановое и высотное положение точек покрытия на границах проезжей части, между которыми для фиксации кромок укладывают деревянные брусья, закрепляемые костылями. С наружной стороны брусьев подсыпают грунт с обочины до верхней плоскости бруса.

Затем регулируют толщину слоя асфальтобетонной смеси, выходящей из асфальтоукладчика. Для этого под выравнивающую плиту устанавливают две деревянные планки, высота которых для горячих смесей больше проектной толщины слоя покрытия на 15–20 %, для холодных – на 60–70 %. На уложенные планки опускают плиту, загружают смесь в при-

емный бункер и начинают ее укладывать. Вначале выравнивающая плита движется по планкам, а затем – по слою покрытия. Толщину слоя проверяют металлическим мерником и положением верхней плоскости покрытия относительно упорного бруса по краю проезжей части. После уплотнения смеси поверхность покрытия и верхняя плоскость бруса должны находиться в одной плоскости.

При укладке второй полосы асфальтоукладчик устанавливают так, чтобы его выравнивающая плита опустилась на край ранее уложенной полосы с перекрытием не менее 5 см, а расстояние между трамбуемым брусом и кромкой уложенной полосы составляло разрыв в 3–5 см. Сразу же после продвижения асфальтоукладчика первый проход катка производят по линии сопряжения полос. Такие меры позволяют получать достаточную ровность сопряжения без продольного шва в покрытии.

В процессе уплотнения, после двух-трех проходов легкого катка, проверяют поперечный уклон и ровность покрытия контрольным шаблоном и трехметровой рейкой. Рейку укладывают поперек, а затем вдоль полосы в трех метрах – по оси и у каждого края на расстоянии 0,5 м от кромки проезжей части. Дефектные места вырубают, заменяют горячей смесью и устраняют выявленные недостатки.

После окончания укатки на всех пикетных и плюсовых точках от точек разбивки границ проезжей части проверяют ширину покрытия, его отметки и поперечный профиль. Отклонения параметров покрытия не должны превышать следующих величин [1]:

- поперечный профиль – 0,005;
- наибольший просвет под трехметровой рейкой – 5 мм;
- отметки покрытия по оси – ± 5 см.

При этом алгебраическая разность отклонений отметок соседних точек асфальтобетонного покрытия, отстоящих одна от другой на расстоянии 10 м, не должна превышать 3 см.

Процесс контроля за ровностью асфальтобетона автоматизируется путем применения укладчика с автоматическим контролем продольного и поперечного уклонов сооружаемого покрытия. Система автоматического управления укладчиком состоит из блока командного пульта, маятника, датчика уклонов, пульта управления и двух серводвигателей. В зависимости от положения маятника через блок командного пульта на пульт управления поступают электрические сигналы, соответствующие проектной и фактической величинам продольного и поперечного уклонов сооружаемого покрытия. Поступающие сигналы используются для регулирования работы серводвигателей, которые изменяют уклон выравнивающей плиты асфальтоукладчика.

Продольный профиль укладываемого слоя выдерживается параллельным проволочному копиру, по которому скользит щуп следящего уст-

ройства. Поперечный уклон покрытия обеспечивается автоматическим поддержанием на постоянном уровне с заданным превышением одного из концов выглаживающей плиты по отношению к копиру. Разбивку планового положения стоек копира осуществляют от оси, а их высотное положение определяют геометрическим нивелированием.

При устройстве цементобетонных покрытий геодезические разбивочные работы сводятся к обеспечению точной установки рельс-форм и контролю сооруженного покрытия. Цементобетонное покрытие выполняют по основанию, отдельные неровности которого, определяемые по просвету под трехметровой рейкой, не должны превышать 10 мм. При исправлении основания его выравнивают и уплотняют специальным профилировщиком, передвигаемым по рельс-формам впереди бетоноотделочной машины.

Выравниванию и уплотнению основания предшествует установка рельс-форм, служащих опалубкой для боковых граней плиты и рельсовым ходом для движения профилировщика и бетоноотделочной машины. Стандартные рельс-формы выпускают звеньями высотой 20 см, длиной 4 м и массой около 180 кг. Предварительно производят проверку геометрических очертаний и размеров рельс-форм. Их искривления в вертикальной плоскости не должны превышать 2 мм и в горизонтальной плоскости 5 мм. Разность высоты стыкуемых звеньев не должна превышать 2 мм. При несоблюдении указанных допусков рельс-формы рихтуют до выполнения установленных требований.

Направление положения рельс-форм определяют с одной стороны полосы бетонирования инструментальным вешением теодолитом между точками, получаемыми путем откладывания необходимых расстояний от оси или выносок ее закрепления. По полученному створу устанавливают кольца с интервалом 4 м, располагая их у стыков рельс-форм. Затем с помощью геометрического нивелирования или нивелирования наклонным лучом визирования кольца забивают с таким расчетом, чтобы их верхний торец был расположен на проектной отметке верха цементобетонного покрытия.

С одной стороны покрытия рельс-формы устанавливают вдоль линии, полученной вешением теодолитом, по шнуру, натянутому между кольями. На противоположной стороне рельс-формы устанавливают по шаблону, длина которого равна ширине покрытия. Во избежание проседания рельс-форм стыки звеньев располагают на тщательно утрамбованном основании или на деревянных подкладках соответствующего размера. Правильность установки рельс-форм на стыках проверяют строительным уровнем (ватерпасом), прикладывая его к головкам формы и верхнему торцу кола. После соединения рельс-форм между собой и закрепления на грунте проверяют надежность и правильность их установки контрольными проходами бетоноотделочной машины вначале с выключенными, а затем с включенными вибраторами. После обкатки геометрическим нивелированием проверяют

отметки верха рельс-форм в каждом стыке и обнаруженные неровности свыше трех миллиметров устраняют подбивкой под основание рельс-форм песка или удалением излишков грунта.

После проверки и обработки рельс-форм лопастной вал бетоноотделочной машины регулируют по высоте с учетом осадки при уплотнении смеси и заднюю кромку уплотняющего бруса устанавливают на уровне головок рельс-форм. При их правильной установке в процессе работы машины перед уплотняющим вибробрусом создается валик бетонной смеси высотой 5–8 см, а перед выглаживающим брусом – валик цементного молока высотой 1–2 см. Высоту этих валиков в ходе движения машины обеспечивают регулировкой положения уплотняющего вибробруса и лопастного вала. Постоянство высоты валиков служит своеобразным контролем качества выполняемого покрытия. Окончательно покрытие выглаживают брезентовой или прорезиненной лентой и волосяными щетками.

При бетонировании проезжей части в два приема установку рельс-форм и бетонирование первой полосы производят аналогично описанному ранее. При укладке второй полосы рельс-формы устанавливают только с одной стороны. В этом случае бетоноукладочная машина одной стороной передвигается по рельс-форме на двухребордных катках, а второй – по готовому покрытию на безребордных катках с уширенным ободом.

При использовании бетоноукладочных машин на гусеничном ходу со скользящей опалубкой предъявляют более жесткие требования к ровности основания, по которому перемещается укладчик. Поверхность основания не должна иметь отклонений свыше $\pm(2-3)$ мм. Это достигается профилированием основания с помощью длиннобазового фрезерного планировщика. Подготовленное и уплотненное обычными средствами основание доводится фрезерным планировщиком до ровности с отклонениями 1–2 мм.

При устройстве цементобетонных покрытий проверяют отметки продольного профиля, ровность покрытия и его поперечный уклон на каждом пикете и плюсовой точке. При этом наибольший просвет под трехметровой рейкой допускают 5 мм, поперечный уклон покрытия не должен отличаться от его проектного значения на 0,005, а отметки оси проезжей части не должны отличаться от их проектных значений на величину более ± 5 см. При этом алгебраическая разность отклонений отметок точек, расположенных на расстоянии 10 м одна от другой, не должна превышать 20 мм.

Устройство дорожных одежд с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями часто осуществляют с использованием высокопроизводительных комплектов типа Автогрейд (ДС-100, ДС-110), а также других рельсовых и безрельсовых бетоноукладочных машин. Укладку конструктивных слоев осуществляют полосами шириной по 3–4 м.

Безрельсовые бетоноукладочные механизмы создают проектную поверхность относительно установленной в заданном направлении копирной струны.

При использовании рельсовых бетоноукладочных машин качество строительных машин качество строительных работ по сооружению цементобетонных дорожных покрытий во многом определяются точностью установки рельс-форм, являющихся одновременно и опалубкой. Рельс-формы устанавливают по теодолиту параллельно продольной оси полосы на расстояниях, кратных ширине плиты. В высотном отношении рельс-формы устанавливают с запасом на 2–3 мм на осадку основания.

Одновременно с установкой рельс-форм производят плановую разбивку температурных и усадочных швов (швов расширения и сжатия).

После завершения укладки бетона и бетоноотделочных работ осуществляют исполнительное нивелирование при установке рейки непосредственно на бетон. Высоты бетонной поверхности не должны отличаться более чем на ± 10 мм от проектных. При обнаружении отклонений более чем на 10 мм бетоноукладочную машину возвращают назад, корректируют установку рельс-форм и доводят уровень еще не затвердевшего бетона до проектной высоты.

Строительство сборных бетонных покрытий производят по подготовленному основанию с последующим его выравниванием и уплотнением. Основание выравнивают подсыпкой сухой цементно-песчаной смеси, которую затем разравнивают с помощью длиннобазового планировщика или планировщика на рельсовом ходу. В первом случае контроль планировки осуществляют по колям и флажку на отвале планировщика, во втором – относительно верхней плоскости установленных рельс-форм.

В процессе монтажа плит их продольную грань совмещают с линией обноски, а правильность высотного положения проверяют контрольным шаблоном или рейкой с установленным на ней строительным уровнем. При этом один конец шаблона опирают на обноску, а другой устанавливают на плиту. Превышение смежных плит после двойной прокатки большегрузными автомобилями не должно превышать 3 мм. Выявленные дефекты устраняют с помощью вибропосадочной машины.

Ровность поверхности сборных покрытий из железобетонных плит должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ровности монолитных цементобетонных покрытий. При проверке ровности контрольную рейку устанавливают так, чтобы ее середина была расположена под стыком плит. Просвет между контрольной рейкой и покрытием не должен превышать 5 мм.

Обочины устраивают послойно в процессе строительства дорожной одежды. Грунт на отсыпку обочин доставляют автогрейдерами или скреперами из боковых резервов или автосамосвалами с боковой разгрузкой.

При устройстве цементобетонных покрытий обочины отсыпают после укладки покрытия. После разравнивания грунта его тщательно уплотняют. Разравнивание грунта и планировку обочин производят автогрейдерами. Для этого по уклономеру устанавливают отвал в соответствии с уклоном обочины, а контроль движения автогрейдера в плане и отвала по высоте осуществляют по флажку на торце отвала и высотным кольям, установленным при разбивке наружных кромок слоев дорожной одежды. На асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях режущую плоскость отвала ориентируют по кромке выполненного покрытия. Контроль поперечного уклона спланированных обочин производят контрольным шаблоном на всех пикетных и плюсовых точках трассы.

Контрольные вопросы

1. Назовите величины строительного допуска для оснований и покрытий из грунтовых смесей.
2. Как достигают получение ровной поверхности покрытия дороги?
3. Какими строительными допусками руководствуются при контроле устройства щебеночных и гравийных оснований?
4. Какие геодезические разбивочные работы выполняют при устройстве цементобетонных покрытий?
5. Назовите строительные допуски при устройстве покрытия дорожной одежды.

7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

7.1. Назначение и состав исполнительных съемок

Целью исполнительных съемок является контроль соответствия проектным данным местоположения трассы, натуральных размеров земляного полотна, продольных и поперечных профилей дороги и ее сопутствующих элементов.

Исполнительную съемку производят не только по окончании строительства конструктивных элементов дороги, но и на промежуточных стадиях ее возведения. Съемку профиля и поперечников осуществляют на всех пикетных и плюсовых точках трассы при натурном замере выполненных работ в процессе возведения и по окончании сооружения земляного полотна, при промежуточных контрольных проверках соответствия геометрических форм земляного полотна их проектным параметрам перед сдачей под устройство оснований, при послойном контроле оснований и покрытий и перед сдачей автомобильной дороги в эксплуатацию.

Промежуточная проверка конструктивных элементов сооружаемой дороги имеет цель определить качество и объем выполненных работ, их соответствие утвержденному техническому проекту и рабочим чертежам. Такую проверку осуществляет комиссия в составе представителя технического надзора, главного инженера строительного управления, выполнявшего работы, производителя работ и мастеров, непосредственно руководивших работами. Для работы комиссии ей должны быть представлены исполнительные съемки и поперечные профили, схема расположения земляного полотна в плане, расположение, отметки и уклоны кюветов, нагорных канав, резервов и т.д.

Все представленные по требованию комиссии геодезические данные могут быть проверены непосредственно в процессе промежуточной приемки. На основании геодезических данных о выполненных работах приемочная комиссия намечает пути ликвидации обнаруженных отклонений и выносит решение о возможности производства последующих работ. Аналогичную работу приемочная комиссия осуществляет после возведения земляного полотна и водоотводов перед началом укрепительных работ, при устройстве дорожных оснований и покрытий и после окончания укрепительных работ.

При приемке в эксплуатацию автомобильной дороги строительная организация, наряду с другими документами, обязана представить геодезическую документацию, включающую в себя акты на геодезическую разбивку основных осей дороги, акты на установку реперов трассы, графическую схему дороги с указанием сдаваемых участков, рабочие и исполнительные чертежи конструктивных элементов земляного полотна, оснований и покрытий. В исполнительной документации должны быть сделаны отметки о допущенных

отступлениях от проектных решений. Оценка качества построенной дороги, наряду с другими характеристиками, включает проверку соответствия дороги проектным показателям по геометрическим размерам заложений откосов, ширины, глубины и уклонов водоотводов и резервов. Отклонения всех параметров дороги от их проектных размеров не должны превышать величин, указанных в табл. 11.

В качестве геодезической сети для производства исполнительных съемок используют плановые и высотные точки закрепления элементов разбивки земляного полотна, инструментально восстанавливаемые створы проектного положения прямых и кривых, вершины углов поворота, реперы и марки трассы. В состав исполнительных съемок входят следующие геодезические работы:

- съемка в плановом отношении оси и бровок земляного полотна, оси и наружных границ слоев дорожных оснований и покрытия, границ оснований откосов насыпей и выемок, крутизны откосов, оси и границ водоотводов и резервов, элементов примыканий и пересечений дороги;

- высотная съемка продольного и поперечных профилей и перечисленных выше плановых элементов дороги;

- составление планов, продольных и поперечных профилей и, в необходимых случаях, резервов по водопропускным сооружениям, дренажам и т.д.

В последующем исполнительные чертежи используют для инвентаризации дороги, для реконструкции и дальнейшего ее развития, а также для нужд, возникающих в процессе эксплуатации дороги.

7.2. Способы съемки земляного полотна

С целью составления исполнительной документации положение элементов дороги в плане проверяют путем измерения расстояний от оси до контролируемых точек. Ось дороги восстанавливают путем отложения углов поворота, инструментальным вешением между ними, а также разбивкой переходных и круговых кривых.

Съемку плановых элементов дороги, определение крутизны откосов полотна и получение параметров сопутствующих элементов выполняют на каждом пикете и плюсовой точке при промежуточном контроле и не менее чем в трех местах на каждом километре при сдаче автомобильной дороги в эксплуатацию. В последнем случае по требованию членов приемочной комиссии проверка исполнительных данных может быть осуществлена в любом месте, вызвавшем сомнение при натурном осмотре.

Продольный профиль земляного полотна и покрытия проверяют геометрическим нивелированием на всех пикетах, плюсовых точках и переломах проектных уклонов. При этом нивелируют зафиксированные в плановом отношении элементы дороги. Результаты вертикальной исполнительной съем-

ки и съемки дороги в плане заносят в ведомость контрольных обмеров дороги, которая служит исполнительным цифровым материалом съемки и является приложением к акту сдачи автомобильной дороги в эксплуатацию.

Съемку поперечников при невысоких насыпях и неглубоких выемках выполняют геометрическим нивелированием или разбивочным прибором. При высоте насыпи или глубине выемки более 2 м используют геометрическое нивелирование с прокладкой ходов по оси и границам откосов полотна, тригонометрическое нивелирование, способ базиса и съемку внутрибазными дальномерами. В скальных выемках при наличии труднодоступных точек применяют съемку редуцированными внутрибазными дальномерами и способ базиса с подвижной маркой.

В качестве опорных точек используют восстановленные осевые точки, знаки закрепления трассы, выноски закрепления детальной разбивки земляного полотна, реперы и марки трассы. Съемку поперечников осуществляют по перпендикуляру к оси дороги, который строят эккером или теодолитом. Снимаемый поперечник должен захватывать все элементы земляного полотна в пределах полосы отвода. Исключение составляют нагорные канавы, где поперечники удлиняют на 20 м в нагорную сторону. Нивелирование начинают на реперах и марках трассы. При перерывах в работе нивелирование допускается заканчивать на временных реперах или надежно закрепленных точках.

Съемку поперечников невысоких насыпей с помощью геометрического нивелирования выполняют в следующем порядке. Нивелир располагают вблизи оси дороги, берут отсчеты по двум сторонам рейки, установленной на репере трассы, и вычисляют горизонт прибора. Затем определяют направление нивелируемых поперечных створов, по которым рулеткой измеряют расстояние от оси до искомых точек и, последовательно устанавливая нивелирную рейку в обозначенные точки поперечника, делают отсчеты по черной стороне рейки. Отметки нивелируемых точек вычисляют как разность значения горизонта прибора и отсчета по рейке.

Съемку поперечников неглубоких выемок производят аналогично. В этом случае инструмент устанавливают за полевой бровкой выемки с подгорной стороны. С одной станции при условии обеспечения видимости рейки нивелируют все поперечники в пределах допустимого расстояния между связующими точками (200 м). Для увеличения высоты рейки используют подставку (до 1 м), на высоту которой увеличивают значение взятого по рейке отсчета. Крутизну откосов на поперечнике проверяют контрольным шаблоном.

При съемке поперечников разбивочным прибором измерения выполняют от оси в обе стороны к границам откосов. Движение разбивочного прибора и перестановка его штанг должны производиться точно по створу поперечника. Последовательно суммируя отсчеты по горизонтальной и

вертикальной линейкам до искомым точек снимаемого поперечника, находят их расстояние и превышения относительно осевой точки. Зная отметку точки оси, находят отметки всех характерных точек поперечника. Следует учитывать, что при работе разбивочным прибором относительная ошибка определения превышений составляет 1:150, а расстояний – 1:300.

При съемке поперечников высоких насыпей ($h > 2$ м) прокладывают независимые нивелирные ходы по оси и обеим сторонам основания земляного полотна с фиксацией точек одноименных поперечников. Каждый ход должен быть замкнутым и опираться на промежуточные или постоянные реперы. Отметки точек поперечников вычисляют также через горизонт инструмента. В выемках прокладывают два хода – один по оси, другой по полевой бровке выемки с нивелированием точек поперечника с обеих сторон. После определения отметок точек поперечника положение откосов может быть проверено с использованием наклонного луча визирования с помощью теодолита и нивелирной рейки.

Съемку поперечников тахеометрическим нивелированием производят с точек оси полотна по створу поперечника с использованием теодолита-тахеометра. Для этого наводят горизонтальную нить сетки трубы теодолита на отсчет по рейке, равной высоте прибора и последовательно устанавливаемой на всех характерных точках снимаемого поперечника. Одновременно по дальномерным нитям определяют расстояния, а по вертикальному кругу измеряют углы наклона. По значению расстояния до точек и углу наклона с помощью тахеометрических таблиц находят превышения относительно точки стояния теодолита. Зная отметку точки оси, определяют отметки снимаемых точек поперечника.

При съемке способом базиса по оси дороги разбивают базис длиной от 20 до 50 м. На криволинейных участках автомобильной дороги базис располагают по нормали к створу поперечников. При этом один конец базиса располагают в створе снимаемого поперечника, а на противоположном конце устанавливают теодолит. Затем, совместив нули лимба и алидады, ориентируют визирную ось теодолита вдоль базиса, определяют высоту прибора и измеряют горизонтальные и вертикальные углы на характерные точки поперечника, в которых устанавливают нивелирную рейку. Вертикальные углы измеряют при наведении визирной оси на отсчет, равный высоте прибора.

Используя длину базиса B , значения горизонтального α и вертикального β углов, находят горизонтальные расстояния d и превышения h от оси до снимаемых точек поперечника по формулам:

$$d_n = B \operatorname{tg} \alpha_n ; \quad (62)$$

$$h_n = \frac{B \operatorname{tg} \beta_n}{\cos \alpha_n} . \quad (63)$$

Съемку поперечников целесообразно производить с применением внутрибазных дальномеров. Для этого дальномер устанавливают на оси полотна в створе поперечника, измеряют высоту прибора v и перемещением пентапризм совмещают изображение искомой точки поперечника.

Затем по базисной линейке определяют наклонное расстояние D , производят отсчет по вертикальному кругу и находят значение угла наклона β . Горизонтальное положение d от оси до снимаемых точек поперечника определяют по формуле

$$d = D \cdot \cos \beta. \quad (64)$$

Для нахождения превышения h над точкой стояния дальномера пользуются формулой

$$h = d \cdot \sin \beta + v. \quad (65)$$

При использовании базисного редуцированного тахеометра БРТ-006 при включенной редуциционной системе по базисной линейке непосредственно отсчитывают горизонтальное проложение измеряемых линий. Превышение до искомым точек определяют по формуле

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \beta + v. \quad (66)$$

При съемке точек поперечников в скальных выемках способом засечек по створу поперечника разбивают базис B , один конец которого располагают на оси дороги, а другой – у одного из откосов выемки (рис. 45).

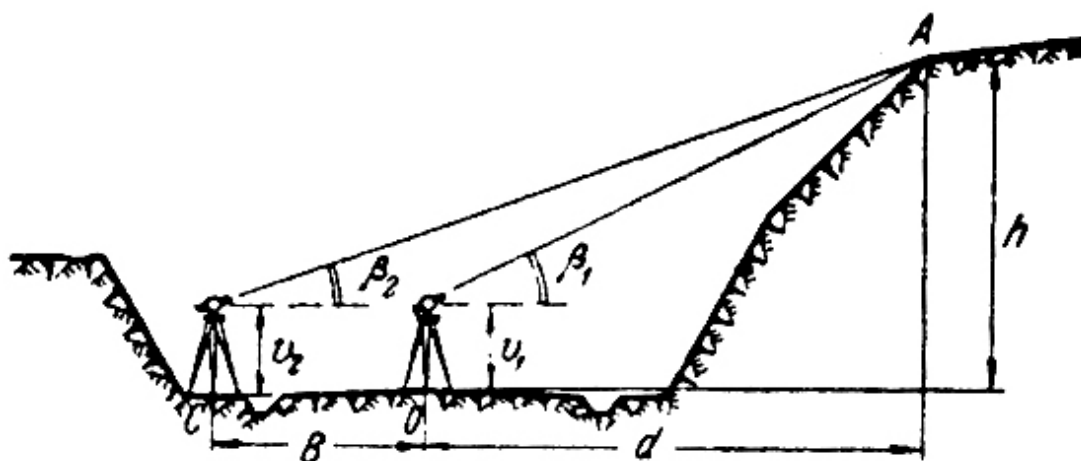


Рис. 45. Съемка поперечников способом угловых засечек

Используя два теодолита или последовательно устанавливая теодолит на концах базиса, измеряют высоту прибора v_1 и v_2 , визируют на одноименные характерные точки снимаемого поперечника и измеряют углы наклона β_1 и β_2 с обеих установок прибора. Используя углы наклона, значе-

ние высот прибора и длину базиса, определяют расстояние d и превышение h до снимаемой точки поперечника по формулам:

$$d = \frac{B \operatorname{tg} \beta_2 + v_2 - v_1}{\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_2}; \quad (67)$$

$$h = d \operatorname{tg} \beta_1 + v_1 = (d + B) \operatorname{tg} \beta_2 + v_2. \quad (68)$$

При съемке недоступных точек крутых скальных косогоров прибегают к способу базиса с применением подвижной марки. Закрепив поперечник в крайних точках, по оси полотна перпендикулярно к поперечнику разбивают базис длиной 20-50 м. При этом один конец базиса располагают в створе поперечника, а второй используют для наблюдения за маркой с помощью теодолита. В качестве марки применяют круглый легкий предмет (волейбольный мяч), привязанный к середине длинной бечевки, один конец которой служит для опускания марки сверху, а второй – для подтягивания снизу. По сигналам наблюдателя, спуская или подтягивая марку, последовательно устанавливают ее на намеченных точках поперечника и измеряют горизонтальные и вертикальные углы на точки касания марки с косогором. Горизонтальные проложения от оси и превышения вычисляют по формулам

$$d_n = B \operatorname{tg} \alpha_n; \quad (69)$$

$$h_n = \frac{B \operatorname{tg} \beta_n}{\cos \alpha_n} + v. \quad (70)$$

Допускаются предельные отклонения от проектных данных:

- В отметках бровок земляного полотна с учетом поправок на осадку насыпи ± 5 см;
- По ширине корыта ± 5 см;
- По поперечному уклону корыта ± 5 ‰;
- По продольному уклону кюветов и нагорных канав ± 1 ‰;
- В резервах должны быть соблюдены продольные и поперечные уклоны с такой точностью, чтобы не было застоя воды.

Контрольные вопросы

1. С какой целью выполняют исполнительные съемки?
2. На каких стадиях строительства автомобильной дороги производят исполнительную съемку?
3. Назовите геодезическую документацию, которую строительная организация представляет при приемке в эксплуатацию автомобильной дороги.
4. Что используют в качестве геодезической сети при производстве исполнительных съемок?

8. РАБОТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

8.1. Геодезические работы в процессе эксплуатации дороги и сооружений на ней

В процессе эксплуатации автомобильная дорога и сооружения на ней под воздействием транспортных средств и природных факторов изнашиваются, а отдельные части в той или иной степени разрушаются. Для того чтобы содержать в исправности дороги и дорожные сооружения, была создана специальная дорожная эксплуатационная служба, работники которой ведут наблюдение за состоянием дорожного полотна и всех устройств, а в необходимых случаях организуют ремонт.

При содержании и текущем ремонте дорог и искусственных сооружений применяют нивелирование и простейшие геодезические измерения рулеткой, шаблонами и визирками. Износ дорожного покрытия устанавливают нивелированием и прикладыванием ребра трехметровой рейки к поверхности дороги для определения величины просветов. Поперечные уклоны полотна и обочин и поперечные сечения канав и кюветов проверяют шаблонами, а крутизну откосов – лекалами. Обращают внимание на обеспечение водоотвода с проезжей части и обочин, на правильное содержание кюветов, резервов, нагорных и других канав, организуя в необходимых случаях прочистку их и уничтожение заплывов после ливней и паводковых вод. Срезка дна в таких случаях проверяется нивелиром, а в промежуточных точках – визирками.

Искусственные сооружения подвергаются систематическому осмотру. Производят инструментальную съемку мостов для проверки плана и профиля ферм и мостового полотна, положения опор в плане и по высоте, для определения строительного подъема. На мостах длиннее 50 м наблюдают за изменением русла водотока, за скоростями течения и направлением струй, за колебанием уровня воды (по водомерной рейке). На прочих мостах отмечают наибольший горизонт весеннего и летнего паводка. Время от времени нивелируют дно труб большого сечения для выявления возможных деформаций.

При капитальном ремонте дорог выполняют примерно такие же геодезические работы, как и при строительстве новой дороги.

При реконструкции эксплуатируемых дорог геодезические работы занимают значительное место во время изысканий и в процессе переустройства. При реконструкции движение закрывают только на отдельных участках, а не на всей дороге.

При трассировании реконструируемой дороги производят улучшение плана и смягчение профиля существующей дороги, прокладывая новую трассу в отдельных местах по целине. Спрямяют и устраняют чрезмерную

извилистость, улучшают видимость. Увеличивают радиусы кривых с введением переходных кривых, делают более удобным пересечение с железными и автомобильными дорогами и водотоками, а также улучшают проход через населенные пункты или обходят их.

При совмещении трассы с осью существующей дороги определяют положение оси покрытия на прямых участках дороги и находят вершины углов поворота, для чего в нескольких местах промерами ширины земляного полотна и покрытия определяют средние точки его и выставляют в них веши, которые выравнивают теодолитом в одну прямую.

Линии измеряют по бровке земляного полотна и лишь в случае значительного разрушения бровки, а также при большой извилистости существующей дороги и частом чередовании закруглений малых радиусов промер производят по оси проезжей части. Пикеты и сторожки забивают на правой бровке, считая по направлению пикетажа. На сторожках и в пикетажной книжке указывают расстояние от оси до забитого колышка с точностью до 0,1 м. Положение трассы отмечается на дорогах с усовершенствованным покрытием краской, и на дорогах с переходными типами покрытий – металлическими штырями или деревянными колышками, забитыми в один уровень с покрытием.

Начало и конец трассы, как и весь промер линии, увязывается с километровыми знаками, для чего в случае надобности вводят неправильный пикет, если расстояние между двумя соседними километровыми знаками отличается от 1000 м более чем на 1 м. Следует совмещать направление промера линии с направлением существующего километража. Пикеты, кратные десяти, должны совпадать с километровыми знаками, а номера их должны равняться номеру километра, умноженному на десять.

Для определения радиуса существующей кривой измеряют угол поворота, длину касательной и биссектрису кривой, а потом производят вычисления. Кроме пикетов, нивелируют все переломные точки продольного профиля, начало, середину и конец настила моста, урез воды, верх ледорезов, верх оголовков труб, лотки входного и выходного отверстий труб, следы высоких вод, смотровые колодцы подземных сооружений, заплюсованные точки покрытия в местах съездов, переездов и других характерных точек. На горных дорогах нивелируют еще оси проектируемых и фундаменты существующих подпорных стенок. В местах сопряжения встречных уклонов нивелированию подлежат точки на оси через 20–50 м для выявления вертикальных кривых. Закрепительные знаки не должны мешать движению по дороге.

При рекогносцировочных изысканиях уклоны существующих дорог определяют эклиметром или теодолитом, а продольные профили вариантов, проложенных по целине, составляют по данным тахеометрических ходов.

Очертания дорожного полотна и дорожной одежды определяются в результате съемки поперечников, количество и размеры которых должны быть достаточными для проектирования, реконструкции дорожной одежды, земляного полотна, пешеходных и велосипедных дорожек, водоотводных, снегозащитных и других сооружений, располагаемых в пределах полосы отвода. В каждую сторону от оси дороги длина поперечника должна быть не менее 20 м, а в населенных пунктах – по линии застройки. Съемка поперечников производится на каждом пикете, а также в нулевых точках, в местах изменения уклона, на подходах к трубам и мостам, в начале и конце моста и по оси труб, по осям съездов и переездов. На кривых поперечники снимают в главных точках кривых. При однообразном рельефе местности количество поперечников можно сократить до пяти на 1 км. На крутых косягах дополнительно производят съемку поперечников на кривых, где потребуется срезка грунта для улучшения видимости, а также по концам, в середине и в характерных местах участков, требующих устройства подпорных стенок, набережных и других специальных инженерных сооружений.

В пределах береговой полосы водотока поперечники снимают до уреза воды.

При вычерчивании плана поперечников показывают створ опор воздушных сетей, изгороди, строения, декоративное и снегозащитное озеленение, подземные сооружения и другие линии тех или иных коммуникаций и сооружений. План поперечников вычерчивают в масштабе 1:100 на отдельных листах, относящихся к определенным листам продольного профиля.

Для изучения состояния водоотвода и проектирования мероприятий по его обеспечению производят съемку расположения в плане и нивелирование кюветов, резервов, нагорных и водоотводных канав и других водоотводных сооружений, определяют направление стока с прилегающей местности и наносят эти данные на продольный профиль и план трассы. Обследуют места выпуска воды из кюветов, коллекторов и нагорных канав со съемкой рельефа местности в необходимых случаях. Определяют площади бассейнов и уклоны тальвегов. Производят съемку сооружений, связанных с водоотводом (перепады, лотки, быстротоки и пр.). Осуществляют осмотр и устанавливают тип, местоположение и основные размеры искусственных и специальных инженерных сооружений.

Производят съемку существующих в полосе отвода зданий. В местах предполагаемой постройки новых или реконструкции старых зданий и комплексов выполняют съемку площадки в масштабе 1:500 с сечением рельефа 0,25 м и с установлением источника водоснабжения и условий отвода сточных вод. На примыкающей или пересекаемой дороге разбивают поперечники через 20 м для выяснения формы земляного полотна, харак-

тера дорожной одежды, водоотвода и т.д. с составлением плана в горизонталях в масштабе 1:500.

В полосе отвода производится обследование воздушных линий связи и электропередачи с выяснением их принадлежности, количества проводов, высоты подвески (тригонометрическим нивелированием), характера опор, напряжения электролиний и положения относительно оси дороги. При прохождении реконструируемой дороги через населенные пункты изучают систему подземных коммуникаций (электрокабели, водопровод, газопровод, канализация и т.п.). Выявляются наличие знаков государственной геодезической сети.

Контрольные вопросы

1. Перечислите геодезические работы, входящие в состав исполнительных съемок.
2. Используют ли исполнительные съемки в период эксплуатации дороги?
3. Какими способами выполняют исполнительные съемки плановых элементов полотна дороги?
4. В каком порядке выполняют съемку профилей методом геометрического нивелирования?

Часть II. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

9.1. Общие сведения по составу геодезических работ на мостовом переходе

Весьма ответственным компонентом изысканий дорог является устройство мостовых переходов.

Мостовым переходом называют расстояние между двумя точками на оси моста, расположенными на противоположных берегах в незатопляемых местах.

При изысканиях и строительстве мостовых переходов выполняют следующие геодезические работы:

- 1) вынос и закрепление на местности продольной оси моста;
- 2) определение длины мостового перехода;
- 3) съемку района перехода, геодезическое обеспечение гидрометрических и инженерно-геологических изысканий;
- 4) создание высотной основы разбивки моста, передачу отметок через водотоки;
- 5) создание плановых опорных сетей;
- 6) разбивку кессонов, опускаемых колодцев или свай-оболочек и наблюдение за их опусканием;
- 7) разбивку центров опор;
- 8) разбивочные работы на опоре;
- 9) геодезический контроль монтажа и установки пролетных строений.

В период испытания и сдачи моста в эксплуатацию производят исполнительную съемку профиля и плана пролетных строений, сопоставляют с проектом и определяют изменения и отклонения отдельных элементов сооружения от их проектного положения.

В период эксплуатации производят геодезические наблюдения за деформацией моста.

Степень сложности и точности выполнения перечисленных работ зависит от размеров сооружения, материала, грузоподъемности и срока службы моста, типа пролетных строений, способов возведения береговых устоев и опор, гидрологических, климатических и топографических условий местности.

Для выполнения разбивочных работ исполнитель должен иметь следующую техническую документацию:

- схему и каталог координат геодезических пунктов (плановых и высотных) на район строительства, включая пункты, созданные в процессе изысканий объекта;
- проект мостового перехода и сопряженных с ним регуляционных сооружений с указанием размеров и допусков;
- топографический план местности в масштабе 1:1000 с сечением рельефа 0,5 м с нанесенным на нем проектируемым сооружением и его осями.

9.2. Разбивочные сети мостов и путепроводов

Разбивочные сети служат для обеспечения выноса проектов мостов и путепроводов в натуру. Вынос проектов осуществляют в соответствии с основным принципом геодезии – «от общего к частному», т.е. от точных измерений всей длины перехода к локальным разбивкам опор и пролетов. От пунктов разбивочной сети выносят в натуру и контролируют центры опор, от которых разбивают оси опор, и от осей – конструкции на опоре.

При проектировании разбивочной геодезической сети моста или путепровода учитывают:

- ✓ удобство разбивки и контроля центров опор;
- ✓ сохранность пунктов сети в ходе строительства и после его завершения;
- ✓ технологию строительства и его очередность при создании разбивочной сети в несколько этапов;
- ✓ необходимость увязки расположения пунктов сети с генеральным планом строительства с целью их сохранности и на период эксплуатации.

Геодезические измерения в разбивочных сетях на мостовых переходах имеют специфические особенности и связаны с необходимостью измерений над водной поверхностью и необеспеченной видимостью вдоль берегов из-за застройки или залесенности.

По сравнению с государственными геодезическими сетями разбивочные сети мостов отличаются сравнительно короткими длинами сторон (от 0,2–0,5 до 1–2 км). Однако требуемая точность измерений остается весьма высокой. Средняя квадратическая ошибка угловых измерений не должна превышать 1,2–2". Для того чтобы служить основам для производства разбивочных работ, опорные сети должны быть определены с точностью в 2 раза большей, чем разбиваемые с них центры опор. Учитывая, что допустимая средняя квадратическая ошибка определения положения центров опор нормирует не более ± 12 мм, положение пунктов плановой геоде-

зической сети должно быть определено с допустимой ошибкой не более ± 6 мм.

Разбивочные сети мостов и путепроводов создают методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, а также путем создания специальных построений, учитывающих специфику местных условий на мостовом переходе и обеспечивающих максимальное удобство разбивочных работ.

Пункты, закрепляющие ось моста и базисы разбивки, составляют *разбивочную сеть*. Закрепление пунктов разбивочной сети осуществляют с помощью капитальных знаков – железобетонных монолитов. В связи с тем, что положение пунктов разбивочных сетей со временем может измениться в результате оползневых явлений, прохода паводков, в следствие морозного пучений, а также в результате строительных работ, необходимо периодически контрольные измерения. Незыблемость пунктов сети контролируется перед началом строительства, после каждого большого паводка, а также в ходе строительства не реже 2 раз в год. В ходе контрольных измерений определяют дополнительные или утраченный пункты, а также включают в сеть центры уже построенных опор и береговых устоев.

Основной фигурой мостовой триангуляции является сдвоенный геодезический четырехугольник с двумя измеренными базисами b_1 и b_2 (рис. 46) и горизонтальными углами $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}$. Разбивочная сеть моста включает при этом ось моста АВ и два базиса для разбивки центров опор CD и EG. В силу того что мост является вытянутым поперек реки сооружением, базисы разбивки принимают приблизительно параллельными оси моста.

Учитывая, что разбивка центров опор мостов при использовании разбивочных сетей, построенных по принципу мостовой триангуляции, ведется способом засечек, соотношение короткой стороны геодезического четырехугольника (например AC) принимают равной приблизительно половине длинной стороны CD (т.е. длины береговых сторон примерно вдвое короче пересекающих реку). Отношение короткой береговой стороны геодезического четырехугольника d к базису разбивки S называют *подвигом*. Величина продвига обычно лежит в пределах $d/S = 0,4 \div 0,6$.

Посредством мостовой триангуляции решают в основном две задачи: разбивка центров опор и береговых устоев и определение точной длины перехода между точками А и В. При построении мостовой триангуляции эту длину находят расчётом как сторону сети. При этом предельная ошибка определения длины перехода не должна превышать:

$$\Delta L = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{10000} \right)^2} + 0,5n, \text{ см}, \quad (71)$$

где l_i – длина i -го пролета, см;
 n – число пролетов.

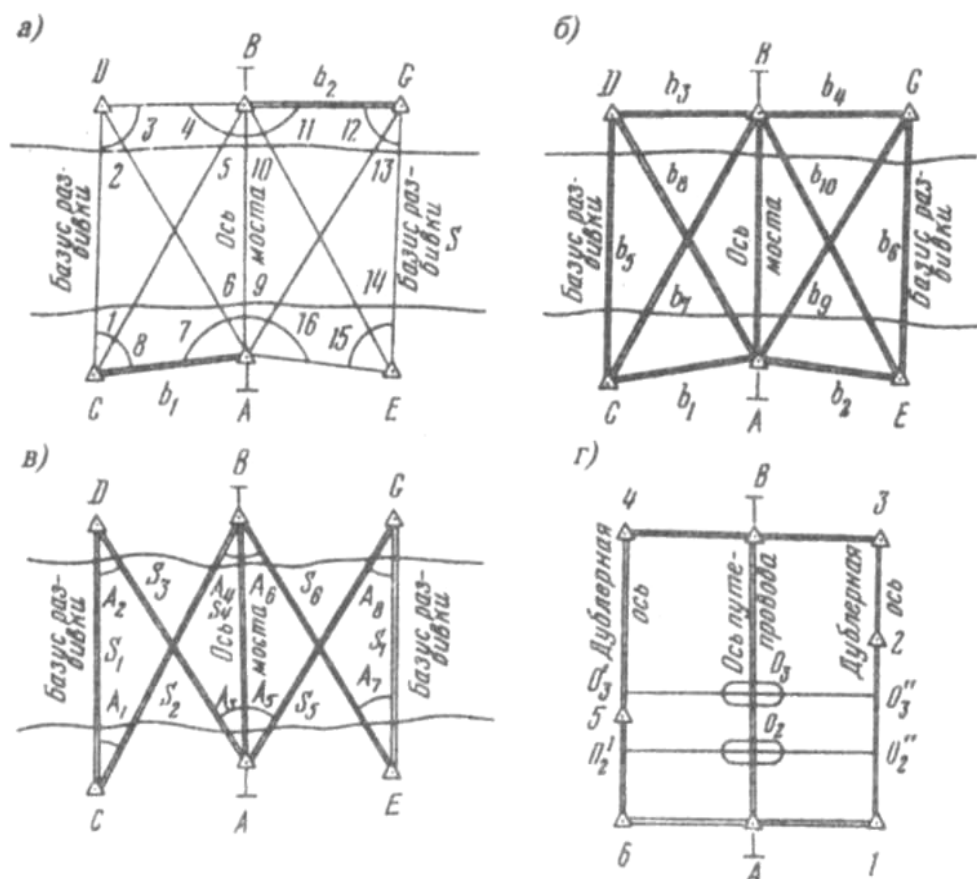


Рис.46. Разбивочные сети мостов и путепроводов:
 а – триангуляция; б – трилатерация; в – линейно-угловая сеть из базовых треугольников; г – полигонометрия

Повышение точности измерений мостовой триангуляции достигается организацией работ в пасмурное дни с легким ветром, в утренние, в вечерние часы и ночное время для уменьшения влияния боковой рефракции, а также многократными измерениями с повторным центрированием прибора и визирных целей.

Неблагоприятные для угловых измерений условия у мостовых переходов (угловые измерения производят вне однородном поле боковой рефракции: одно направление – вдоль берега, второе – над водой), а также появление высокоточной светодальномерной техники, привели к тому, что в разбивочных работах на мостовых переходах стали внедрять линейную триангуляцию – трилатерацию. Светодальномерные наблюдения можно организовать при таких метеорологических условиях, когда проведение угломерных наблюдений крайне затруднительно.

При построении трилатерации на мостовых переходах, так же, как и в мостовой триангуляции, основной формой сети служит сдвоенный геодезический четырехугольник, в котором измеряют длины всех сторон

$$b_1, b_2, \dots, b_{11}$$

Для удобства расчетов и организации разбивочных работ часто принимают в качестве основной фигуры геодезический прямоугольник, форма которого характеризуется продвигом $d/S \approx 0,5$.

Линейно-угловые сети из базовых треугольников. В результате анализов достоинств и недостатков мостовой триангуляции и трилатерации для мостовых переходов разработан новый метод построения разбивочных сетей – линейно-угловые сети из базовых треугольников. Основной фигурой сети служат два базовых треугольника, в которых измеряют углы A_1, A_2, \dots, A_8 и стороны S_1, S_2, \dots, S_7 . В таких сетях рационально сочетаются угловые линейные измерения, что создает благоприятные условия для организации разбивочных работ на мостовом переходе.

Основными приборами, используемыми для создания линейно-угловых сетей, являются светодальномеры, высокоточные и точные оптические теодолиты и электронные тахеометры.

Основная особенность линейно-угловых сетей состоит в том, что измерения базисов вдоль берегов не ведут, поскольку такие измерения сопряжены с известными трудностями вследствие застройки, залесенности, пересеченности местности и т.д.

К достоинствам линейно-угловых сетей относят:

- обеспечение достаточной точности при ограниченном объеме угловых линейных измерений;
- отсутствие коротких направлений вдоль берегов, что повышает точность угловых измерений, которые ведутся при однородном поле рефракции;
- не требуется строительство дорогостоящих знаков, так как видимость через реку обеспечивается с земли;
- большие возможности при выборе базисов разбивки опор, так как отпадает необходимость обеспечения видимости вдоль берегов.

Мостовая полигонометрия. При строительстве эстакад и путепроводов основными методами создания разбивочных сетей является мостовая полигонометрия. Эти сети позволяют предельно упростить разбивочные работы и легко производить с максимальной точностью и контролем.

При создании полигонометрической разбивочной сети базисы разбивки строят в виде строго параллельных дублирных осей. При разбивке центров опор эстакад и путепроводов засечками дублирные оси целесообразно размещать на половине расстояния между пунктами A и B . При разбивке способом прямоугольных координат (основным в мостовой полигонометрии) дублирные оси нужно располагать по возможности ближе к оси $A-B$ при условии обеспечения сохранности пунктов сети при строительстве. Для этого дублирные оси размещают на расстоянии 80–100 м от оси путепровода.

Пункты сети закрепляют капитальными знаками (железобетонными монолитами). Углы измеряют полным приемом высокоточными теодолитами. Расстояние измеряют 50-метровой компарированной рулеткой, натягиваемой динамометром. К головкам знаков приваривают металлические пластины размером 10×10 см. Задавшись положением центра знаков, производят угловые и линейные измерения и вычисляют их точные координаты. Затем центры перемещают по пластине в проектное положение с обеспечением строгой параллельности дублерных осей путепровода.

Целесообразным представляется использование полигонометрии при создании разбивочной сети, стороны которой не попадают в зону строительных работ, но максимально приближены к оси путепровода. Это обеспечивает удобство и необходимую точность разбивки центров опор способом прямоугольных координат.

9.3. Разбивка и закрепление продольной оси моста

Продольной осью моста называют линию, проходящую по его середине. Линия, проходящая по середине опоры (быка) перпендикулярно к продольной оси моста, называется осью опоры и принимается за поперечную ось моста.

Длиной моста L называется расстояние между шкафными гранями береговых устоев (рис. 47).

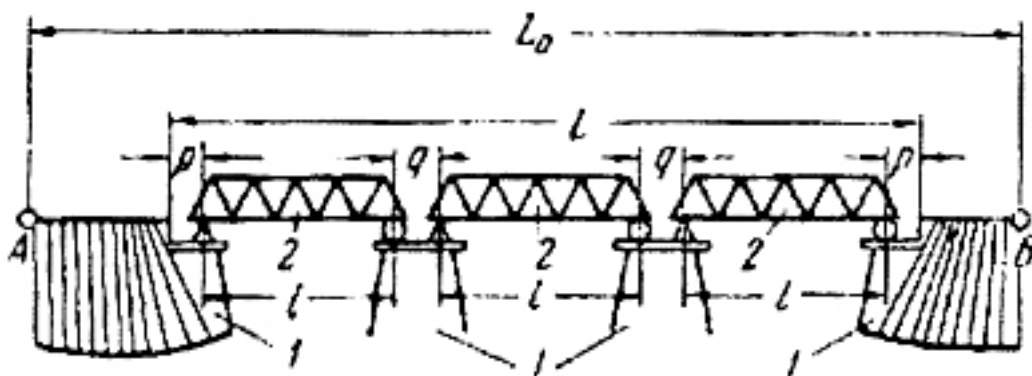


Рис. 47. Схема мостового перехода:
1 – устои моста; 2 – пролетные строения

Длиной мостового перехода L_0 называется расстояние между задними гранями береговых устоев.

На местности закрепляются конечные точки A и B мостового перехода. Для малых мостов закрепление осуществляется двумя деревянными столбами (по одному на каждом берегу); для средних мостов – четырьмя столбами (по два на каждом берегу), устанавливаемыми в створе по теодолиту. Один из столбов, обычно на высоком берегу, принимается за исходный, от

которого в дальнейшем ведутся все измерения и выполняется отложение проектных значений длины моста, расстояний до центров опор и т.д. Этот столб обычно привязывается к пикетажу по оси дороги, и ему присваивается соответствующее пикетажное обозначение (№ пикета и плюс).

Знаки закрепления оси моста устанавливают в незатопляемых местах с таким расчетом, чтобы они всегда были доступны для установки на них теодолита или вех. В сомнительных для сохранности столбов местах (например, в местах интенсивного движения транспорта) вокруг знаков закрепления делают ограждение или привязывают их засечками к постоянным местным предметам.

Подготовку исходных данных для выноса проекта малого моста в натуру выполняют графически по топографическому плану масштаба 1:1000. Для этого с помощью поперечного масштаба измеряют на плане три линии от точек A и B до трех контурных точек или точек геодезического обоснования, нанесенных на плане и имеющих на местности. Желательно, чтобы эти линии были не более длины мерного прибора и пересекались под углами $30\text{--}150^\circ$.

Вынос проекта в натуру производится линейной засечкой с помощью рулетки. Для этого радиусом, равным длине линии, поочередно из каждой контурной точки как центра проводят дуги окружностей. Пересечение трех дуг или центр тяжести получившегося на местности треугольника погрешности принимают за искомую точку мостового перехода.

Подготовку исходных данных для выноса проекта среднего моста в натуру производят графоаналитическим способом. Для этого с помощью поперечного масштаба определяют по топографическому плану координаты x и y точек A и B (рис. 48), а из каталога координат на район строительства выбирают координаты пунктов I, II, III, IV, от которых будет производиться вынос проекта в натуру. Далее решением обратной задачи находят расстояния d_1, d_2, d_3, d_4 и углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ соответствующих треугольников (см. рис. 48).



Рис. 48. Схема выноса и закрепления оси мостового перехода

Вынос проекта в натуру производят с помощью теодолита и мерной ленты. Для этого последовательно устанавливают теодолит в точках I, II, III, IV, откладывают найденные значения углов β и расстояний d и дважды на местности получают положение точек A и B ; за окончательное положение принимается среднее, которое и закрепляется столбом. Вынесенную на местность ось мостового перехода AB фиксируют дополнительно створными выносками, точки закрепления которых D, C, E, F устанавливают в створе с помощью теодолита.

9.4. Определение длины моста и мостового перехода

Применение стандартных элементов моста, изготавливаемых промышленными методами, требует высокой точности определения общей длины моста. В соответствии с требованиями норм длина малых и средних мостовых переходов, мостов и труб должна быть определена с относительной ошибкой не более 1:5000, т.е. с абсолютной ошибкой ± 2 см на 100 м.

Под малыми подразумеваются мосты длиной до 25 м, под средними – длиной до 100 м.

Длина моста с равными пролетами (см. рис. 47) определяется по формуле

$$L = nl + (n - 1)q + 2p, \quad (72)$$

где l – расчетная длина пролета ферм;

n – число пролетов;

q – расстояние между осями опорных частей смежных пролетных строений;

p – расстояние между шкафной стенкой устоя и осью опорной части крайнего пролета.

По техническим требованиям установка опорных узлов производится с ошибкой ± 5 мм, тогда

$$m_q = \pm 5\sqrt{2} = \pm 7 \text{ мм.}$$

Непосредственное измерение расстояния между точками закрепления оси моста может быть обеспечено светодальномером или построением звена параллактической полигонометрии или сети микротриангуляции.

Длину перехода необходимо знать для общей компоновки проекта, привязки его к местности, привязки геологических выработок.

При изысканиях вполне достаточно определить длину мостового перехода со среднеквадратической относительной ошибкой не более 1:5000.

Длина мостового перехода может определяться из непосредственных измерений или косвенным путем.

Наиболее просто и всегда с достаточной точностью длина мостового перехода может быть измерена светодальномером.

Из оптических дальномеров при определении длины мостового перехода может быть использован дальномер двойного изображения ОТД, позволяющий измерять расстояния от 40 до 400 м со средней квадратической относительной ошибкой 1:5000.

На больших мостах непосредственное измерение длины мостового перехода может быть осуществлено зимой по льду. Для этой цели измеряемую линию разбивают на секции. Концы секций закрепляют вмороженными в лед кольями с фиксируемыми гвоздем центрами. При применении дальномера или оптического дальномера длины секций составляют 300–400 м. При измерениях проволоками на весу длина секции лимитируется наличием базисных штативов. При непосредственных измерениях компарированными лентами или рулетками длина секции делается на 2–5 см меньше длины мерного прибора. Иногда применяют параллактический и короткобазисный способы.

При невозможности непосредственного определения длины мостового перехода ее находят как неприступное расстояние по известным схемам. При этом должно быть измерено обязательно два базиса. В треугольниках измеряют все три угла. Величины углов стремятся делать не менее 30°.

Более точное знание длины мостового перехода требуется непосредственно перед строительством, когда проект моста уже составлен и предстоят разбивочные работы.

Обычно требуемая точность (предельная ошибка) определения длины мостового перехода в этом случае характеризуется формулой

$$\Delta_L = \sqrt{\sum_1^n \left(\frac{l_i}{T}\right)^2} + 0,5n, \quad (73)$$

где l_i – длина пролета с номером i ;

n – число пролетов;

T – коэффициент, характеризующий точность изготовления и монтажа пролетных строений (для мостов сложных конструкций принимают $T = 10\,000$, для простых $T = 6000$).

В формуле (72) все величины выражаются в сантиметрах. Например, при длине моста $L = 1,5$ км, числе пролетов $n = 15$, их длине $l_i = 100$ м и $T = 10000$ получаем согласно формуле (72) $\Delta_L = 4,7$ см и $\Delta_L/L = 1:30000$.

Такая точность может быть обеспечена светодальномером. На практике же на этой стадии работ достаточно точное определение длины мостового перехода осуществляется путем включения в опорную сеть стороны, закрепляющей ось моста.

9.5. Съёмки района перехода

Для обеспечения технического проекта составляют генеральный план мостового перехода, а для рабочих чертежей – детальный план.

Генеральный (ситуационный) план служит для разработки вариантов мостового перехода и их сопряжения с трассой, выбора месторасположения регуляционных сооружений, гидрометрических створов. Он служит основой для составления проекта геологических, гидрометрических и разбивочных работ.

Масштаб генерального плана для средних рек 1:5000 и для больших – 1:10000. Протяженность плана вверх по течению от оси моста – полторы максимальной ширины разлива реки, вниз по течению – ширина разлива. По берегам производят съёмку поймы до отметки, превышающей уровень высоких вод на 1–2 м.

При наличии материалов прежних съёмок генеральный план составляют путем их обновления, а при отсутствии – снимают заново. Съёмку выполняют в условной системе координат перехода, принимая ось моста (трассу) за ось абсцисс. Система высот должна быть абсолютной для увязки гидрометрических измерений с водомерными постами выше и ниже по реке.

Основное содержание генерального плана: контуры ситуации, элементы рельефа, влияющие на направление и скорость течения потока, а также элементы специальной нагрузки: водомерные посты, границы разлива реки при высоком историческом уровне (ВИУ) и уровне высоких вод (УВВ).

Съёмка районов переходов больших рек может выполняться методом аэрофотосъёмки, дающей наиболее полное представление о районе перехода, характере русла и поймы. При крутых обрывистых берегах и в горных районах может применяться наземная стереофотограмметрическая съёмка. Применяются и наземные съёмки – тахеометрическая и мензульная.

9.6. Высотная основа разбивки мостов

Для создания высотной геодезической основы по удобным направлениям района мостового перехода прокладывают нивелирные ходы III и IV класса и привязывают их к маркам и реперам государственной нивелирной сети.

Для обеспечения разбивки моста по высоте для мостов длиной от 50 до 300 м на каждом берегу устанавливают не менее чем по одному реперу, для мостов длиннее 300 м – не менее трех постоянных реперов: два репера – вне зоны на расстоянии 50–100 м друг от друга, а один – в зоне строительства на расстоянии около 50 м от оси моста.

Если ось моста пересекает остров, то на нем дополнительно устанавливают 1–2 репера. Для передачи высот через реки в зависимости от местных условий применяют точное геометрическое, тригонометрическое, а также гидростатическое нивелирование. В зимнее время иногда осуществляют передачу высот по льду.

Реперы, расположенные вне зоны строительства, служат для контроля репера, заложенного вблизи моста.

Вертикальная разбивка моста заключается в перенесении проектных отметок сооружения на местность. Примеры и методы выполнения этих работ изложены в разд. 3.

При необходимости наблюдений за осадками и деформациями мостовых сооружений закладывают фундаментальные и глубинные реперы (ниже глубины промерзания грунта на 0,5 м и не менее чем на 1,8 м от поверхности земли).

Если мостовой переход пересекает остров, то на нем устанавливают один репер постоянного типа. В процессе возведения береговых опор-устоев на высоте 0,4–0,6 м над поверхностью земли в них закладывают стенные реперы.

Отметки постоянных реперов, рабочих реперов и точек нивелировки трассы дороги должны быть определены с точностью, обеспечивающей получение невязок $\Delta h = \pm 20\sqrt{L}$, мм, где L – длина нивелирного хода в км.

В связи с этим при строительстве мостового перехода всегда возникает необходимость нивелирной связи через реку.

Отметки с одного берега реки на другой в летнее и осеннее время в зависимости от ширины реки передают различными схемами и методами. Так, например, при ширине реки до 200 м чаще всего отметки передают через водную преграду нивелированием из середины с неравными плечами. Предварительно юстируют нивелир так, чтобы непараллельность оси уровня и визирной оси не превышала 4".

Пусть требуется передача отметки от репера A , расположенного на одном берегу реки, к реперу B , расположенному на противоположном берегу реки (рис. 49).

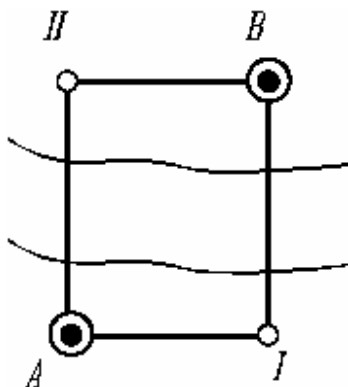


Рис. 49. Схема передачи высот нивелированием через реку

От этих реперов примерно параллельно берегам реки и между собой разбивают две линии одинаковой длины и закрепляют точками I и II. В точке I устанавливают нивелир, наводят трубу на рейку репера *A* и берут отсчет a_1 , далее наводят трубу на рейку репера *B* и берут отсчет b_1 . Для контроля изменяют горизонт инструмента и повторяют наблюдения; получают соответственно отсчеты a'_1 , b'_1 . Затем инструмент перевозят на другой берег реки, устанавливают на точке II, визируют трубой на рейку репера *A*, а затем репера *B* и соответственно берут отсчеты a_2 и b_2 . Изменив горизонт инструмента, наблюдения повторяют и берут отсчеты a'_2 , b'_2 .

Превышение между реперами вычисляют по формуле

$$h = a - b.$$

Расхождение между значениями превышений (среднеквадратическая отметка) должно быть не более ± 5 мм. За окончательное превышение принимают среднее арифметическое всех результатов измерений.

Контрольные вопросы

1. Для чего служат разбивочные сети?
2. Что является основной фигурой мостовой триангуляции?
3. Продольной осью моста называют...
4. Длиной мостового перехода называется...
5. Какого класса нивелирные ходы прокладывают для создания высотной геодезической основы разбивки мостов?
6. В чем заключается вертикальная разбивка моста?
7. Какими методами передают отметки с одного берега на другой при строительстве мостового перехода?
8. Какие реперы закладывают для наблюдения за деформацией мостовых сооружений?

10. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ ОПОР И ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТА

10.1. Разбивка фундаментов опор моста

Для разбивки фундаментов опор составляют схему моста, на которой указывают: ось моста; пункты, закрепляющие ось, и расстояние между ними; расстояние от пунктов закрепления оси до задних и передних стенок береговых устоев; расстояние до центров опор; углы пересечения осей опор с продольной осью моста.

В зависимости от местных условий и характера подстилающих грунтов фундаменты опор могут воздвигаться на естественном основании, сваях, сваях-оболочках, опускных колодцах или кессонах. Технология работ существенно зависит от условий разбивки. Она может выполняться в котловане на суше или намывном островке, на воде при значительной глубине реки и удалении от берега.

Разбивку фундаментов опор моста через суходолы или мелководные реки осуществляют непосредственным отложением на местности от исходного берегового пункта (например *A*, рис. 50) проектных значений расстояний. Для этого ось моста провешивают теодолитом или натягивают между пунктами *A* и *B* проволоку и в местах опор в створе с проволокой забивают в грунт сваи 1, 2, 3, 4.

Для предварительной разбивки точек выполняют измерения лентой или нитяным дальномером; окончательно измеряют с помощью светодальномера, после чего смещают предварительно найденные точки по оси моста в проектное положение. Далее в полученных точках центров осей восстанавливают перпендикуляры (или проектные значения углов пересечения осей) и закрепляют оси опор сваями 1'-1'', 2'-2'', 3'-3'', 4'-4''.

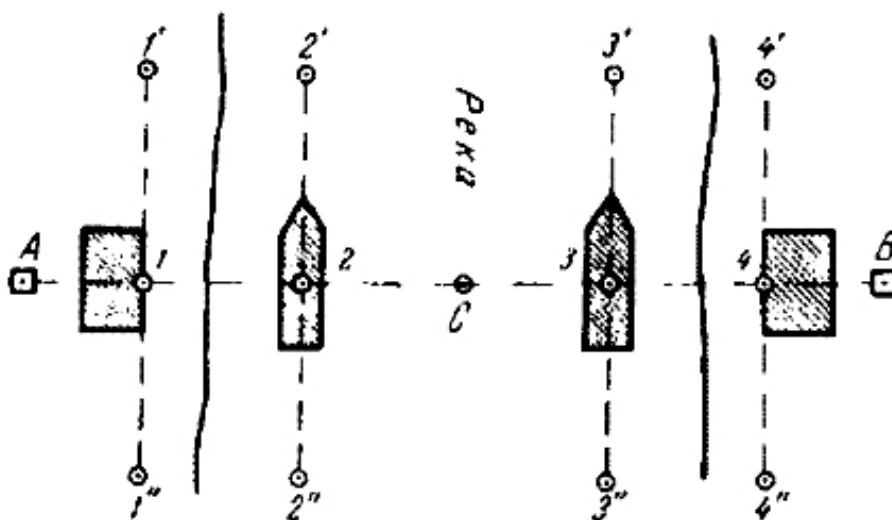


Рис. 50. Разбивка опор в русле реки

На мелководных реках и при слабом течении вокруг опор забивают сваи и делают обноску, на которую выносят оси опор.

В некоторых случаях (например, строительство моста зимой на незамерзающей реке) разбивку осей опор производят на легких подмостях, сооружаемых горизонтально на речной части мостового перехода. На замерзающих речках разбивку делают на вмороженных в лед досках.

При разбивке по льду знаки, закрепляющие створные плоскости, ставят на берегу вне зоны затопления.

При разбивке опор на специально намытом островке детальную разбивку выполняют от центра опоры, вынесенного засечками не менее чем с трех опорных пунктов. При сооружении опоры на суше устраивают горизонтальную обноску, на которую из центра опоры выносят ось мостового перехода (поперечную ось опоры) и перпендикулярную к ней продольную ось опоры. От этих осей по обноске (так же, как и для промышленных зданий) разбивают оси отдельных элементов фундамента.

При сооружении опоры на намытом островке (рис. 51) определенного с помощью теодолита центра кессона (или опускного колодца) O разбивают поперечную ось опоры, на которой по обе стороны от контура ножа закрепляют точки a_1, a_2 и b_1, b_2 . Это обеспечивает сохранение осей после установки кессона. От осей разбивают контур ножа кессона. От имеющихся на островке реперов площадку под нож делают горизонтальной с помощью нивелира.

Свай-оболочки разбивают способом прямоугольных координат от осей опоры.

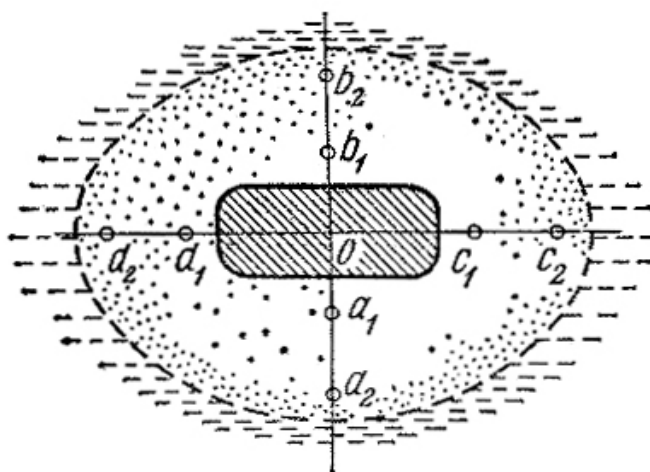


Рис. 51. Разбивка опор на намытом островке

Для разбивки свай-оболочек на плаву строят рамный каркас (рис. 52), в котором в соответствии с проектом основания сделаны отверстия с направляющими для вертикальной установки свай. На каркасе отмечают центр опоры (точка O) и точки A' и B' , фиксирующие ось мостового пере-

хода. Каркас собирают у берега на понтонах, а затем буксируют к месту установки и заякоривают. Установка каркаса в проектное положение – дело сложное, так как вся система подвижна. Установив теодолиты в двух опорных пунктах I и II, определяют центр опоры O, а ориентируя теодолиты по линии AB, находят отрезок A'B' по оси моста. Аналогично разбивают и камеру кессона.

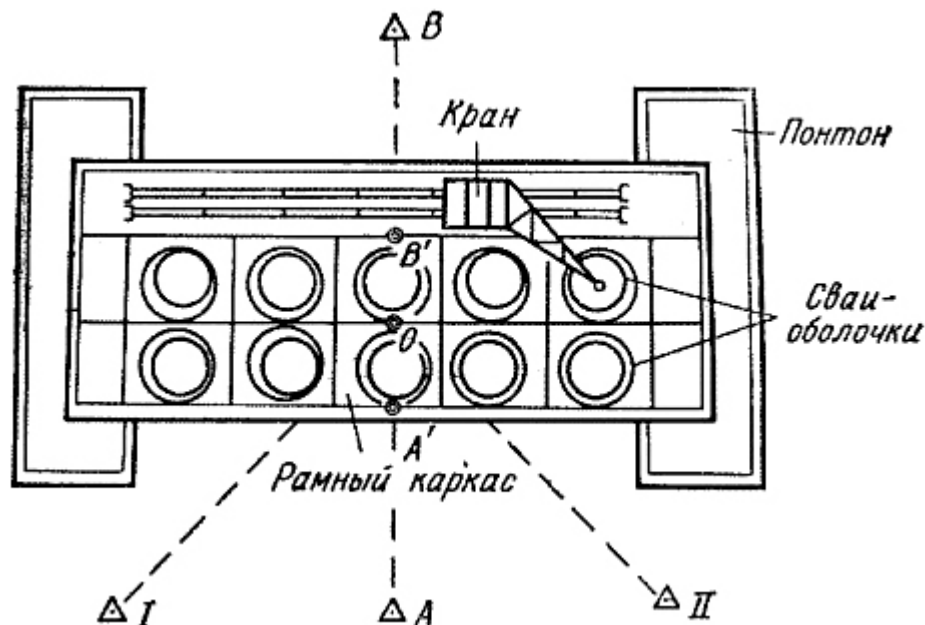


Рис. 52. Рамный каркас для разбивки свай-оболочек

Значительно упрощается разбивка опор на плаву при использовании лазерных теодолитов. Если при этой же схеме установки (см. рис. 52) направления I – O, II – O и AB задаются лучом лазера, то они видны на каркасе (или камере кессона). Это позволяет вести непрерывный контроль установки и видеть действительное положение каркаса непосредственно.

Для определения глубины опускания камеры кессона на ее внешней стенке наносят шкалу с делениями через 10 см. Нулевое деление совмещают с линией ножа камеры. Глубину опускания определяют нивелиром от ближайшего репера.

Для определения крена кессона в рабочей камере на внутренней стенке по осям закрепляют четыре репера. Их устанавливают с помощью нивелира на одну отметку на расстоянии около 1,5 м от ножа. Перед опусканием кессона при горизонтальном положении ножа определяют превышения между реперами. По мере опускания кессона периодически нивелируют реперы и по изменению отметок судят о продольном и поперечном крене.

Наклон свай-оболочек и опускных колодцев определяют по специально нанесенным осевым рискам с помощью тяжелых отвесов.

Наблюдение за плановым смещением кессона на суше производят промерами от осевых точек, закрепленных ранее на обноске или непосред-

ственно на осях (см. рис. 51). Сравнивая измеренные величины с первоначальными, судят о сдвиге кессона.

Если кессон устанавливался на плаву, то периодически засечками с опорных пунктов восстанавливают проектное положение его центра и сравнивают с центром кладки. По расхождению этих центров судят о смещении кессона.

Если кессон только смещается (без крена), то смещение наверху и внизу одинаково (рис. 53,а). При наличии крена (рис. 53,б) оно различно внизу и наверху. Под влиянием наклона камеры смещение $\Delta l_{\text{к}}$ верхней части кессона при глубине опускания h составит:

$$\Delta h = hi, \quad (74)$$

где $i = \frac{\Delta h}{d}$ – наклон, определяемый для кессона из нивелирования;

здесь Δh – изменение превышения между соседними реперами;
 d – расстояние между ними.

Для опускных колодцев и свай-оболочек наклон определяют с помощью отвесов или уровней.

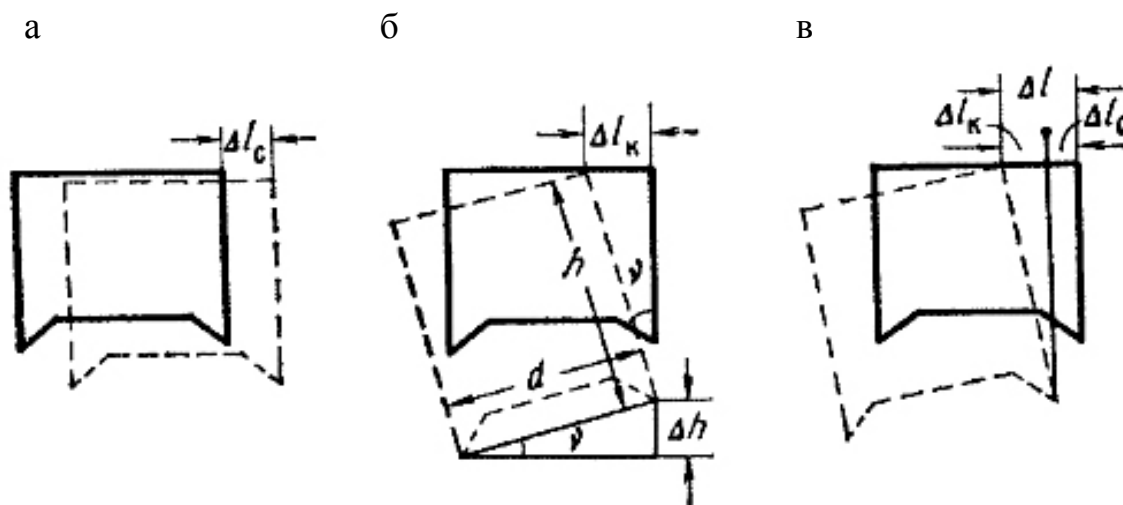


Рис. 53. Схема смещения и крена кессона

Если измеренная величина смещения центра кессона наверху близка к вычисленной по формуле (73) (см. рис. 52), то он только наклонен, но нож не смещен в плане (см. рис. 53,б). Если камера не наклонена ($\Delta h = 0$), то верхнее смещение $\Delta l_{\text{с}}$ является результатом сдвига камеры в плане на ту же величину (см. рис. 53,а).

Если имеется и наклон камеры, и сдвиг ее $\Delta l_{\text{с}}$ в плановом положении (см. рис. 53,в), то общее смещение верхней части Δl составит:

$$\Delta l = \Delta l_{\text{с}} + \Delta l_{\text{к}}.$$

При этом в зависимости от направления сдвига и крена знаки величин Δl_c и Δl_k могут как совпадать, так и различаться.

Предельная величина горизонтального смещения кессона или опускного колодца от проектного положения не должна превышать 1/100 от общей глубины опускания. Наклон вертикальной линии, соединяющей центры основания и верха кладки, не должен превышать 0,01.

При разбивке и установке кессона в проектное положение с помощью плавучего крана по угловым засечкам на стойках крана в створе поперечной оси кессона укрепляют три визирных конусообразных знака, окрашенных в два цвета. Устанавливают три теодолита на исходных пунктах B , 4 и 5 (рис. 55). На пунктах 4 и 5 теодолитами от сторон 4–5 и 5–4 строят проектные углы, например b_1 и b'_1 . Перемещают плавучий кран по реке до тех пор, пока вершина конуса на кессоне не окажется в точке пересечения визирных линий теодолитов. Далее устанавливают визирную ось теодолита, стоящего в пункте B , в створе продольной оси моста ($B-A$), поворачивают плавучий кран вокруг оси кессона до тех пор, пока два конуса на стойках крана не совместятся с продольной осью моста.

10.2. Разбивка центров опор

После того как кладка на кессоне доведена до обреза фундамента, на ней уточняют положение центра опоры. Средняя квадратическая ошибка на этом этапе не должна превышать 12 мм.

При наличии светодальномера и прямой видимости по оси моста положение уточняют прямыми промерами между центрами опор. Этот метод прост и удобен и позволяет строителям сразу же получать информацию о фактических длинах пролетов, а также, в случае необходимости, перемещать центры опор по оси моста. При этом целесообразно для обеспечения максимального контроля и превышения точности не ограничиваться определением длин отдельных пролетов, а дополнительно производить измерения через опору, через две опоры и т.д.

Так, если с точек A и B (рис. 54), закрепляющих ось моста и опор 1, 2, 3... выполнять измерения в различных комбинациях, то измерения на трех смежных точках позволяют определить постоянную поправку

$$c = S_{13} - (S_{12} + S_{23}). \quad (75)$$



Рис. 54. Разбивка центров опор

При общем числе точек в створе n число уравнений типа (75) будет

$$N = \frac{n(n-1)(n-2)}{6},$$

а средняя квадратическая ошибка определенного этим методом среднего значения постоянной поправки

$$m_C = m_S \sqrt{\frac{6}{(n-1)(n-2)}}, \quad (76)$$

где m_S – средняя квадратическая ошибка измерения расстояния светодальномером.

Из формулы (76) следует, что при $n > 6m_C < 0,5m_S$, т.е. при числе точек в створе, большем шести, можно одновременно с измерениями определять величину постоянной поправки (компарировать прибор). Среднюю квадратическую ошибку уравненных сторон в этом случае находят из выражений:

– при отсутствии постоянной ошибки

$$M = m_S \sqrt{\frac{2}{n}}; \quad (77)$$

– при наличии постоянной ошибки для сторон, примыкающих к первой и последней точкам

$$M_{1i} = M_{(n-i+1)n} = m_S \sqrt{\frac{2}{n} + \frac{24(i-1)^2}{n^2(n-1)(n-2)}};$$

– для промежуточных сторон

$$M_{1k} = m_S \sqrt{\frac{2}{n} + \frac{24(n-1)}{n^2(n-2)}}.$$

Так, при пяти точках в створе и отсутствии постоянной ошибки для светодальномера с точностью измерений $m_S = 10$ мм получим, что $M = 6,3$ мм.

При отсутствии светодальномера основным способом разбивки служит прямая угловая засечка. Этому предшествуют следующие вычислительные работы:

- 1) определение фактических координат центров опор;
- 2) вычисление проектных значений углов между направлениями на пункты геодезической сети и на центры опор.

Для расчета фактических координат один из береговых пунктов закрепления оси моста принимают за начальный (например, точку A на рис. 55);

с этой точкой будет совмещено начало моста при его строительстве. Из технического проекта моста выбирают значения расстояний по оси до центров опор и по этим расстояниям и дирекционному углу оси моста вычисляют координаты x и y центров опор.

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cdot \cos \alpha; \\ \Delta y &= d \cdot \sin \alpha,\end{aligned}\tag{78}$$

где d – расстояние между точками;
 α – дирекционный угол стороны.

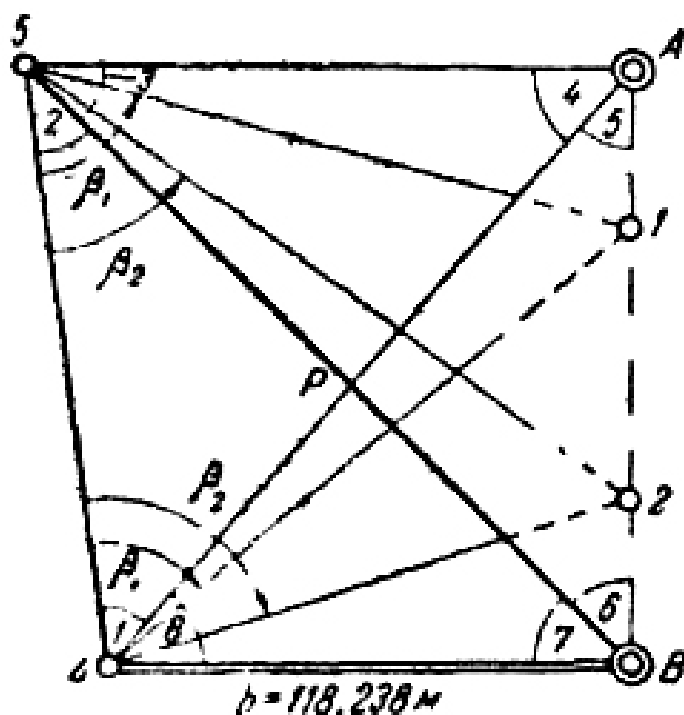


Рис. 55. Схема выноса на местность опор моста прямыми засечками

Для построения проектных углов β на пунктах 4 и 5 устанавливают два теодолита и от сторон 4–5 и 5–4 одновременно строят проектные углы (см. рис. 55). Точки пересечения визирных осей теодолитов обозначают на воде буйками на якорях или плавучими вехами. При небольшой глубине и мягком грунте дна речки забивают сваи и вокруг опоры делают обноску. На обноске гвоздями закрепляют ось моста и направления визирных линий.

Для обеспечения надежного контроля возводимых в процессе строительства отдельных элементов сооружения мостовые опоры закрепляют на берегу вне зоны строительных работ дополнительными столбами-выносками. Так, например, ось береговых опор-устоев закрепляют четырьмя столбами: два – вдоль продольной оси и два – в поперечном направлении. Для этого устанавливают теодолит в центре устоя, визируют на центр второго слоя, переводят трубу через зенит и в направлении визирной оси, т.е.

в направлении продольной оси моста, в районе береговой опоры первого устоя за пределами его строительной площадки закладывают деревянные столбы. Теодолитом строят угол 90° относительно продольной оси моста и в поперечном направлении по обе стороны перехода вне района строительства береговой опоры закрепляют два столба.

Центры опор, сооружаемых на водной части перехода, закрепляют выносными береговыми знаками с помощью взаимно перпендикулярных, т.е. косых (под углом 45°), к продольной оси моста створов. Для этого над каждым центром опоры D , C (рис. 56) устанавливают теодолит, совмещают нуль алидады с нулем лимба горизонтального круга, визируют перекрестием сетки нитей трубы на береговой знак продольной оси моста, например на точку A . Открыв алидаду, поворачивают ее по ходу часовой стрелки и устанавливают по горизонтальному кругу нуль лимба последовательно на отсчеты 45° , 135° , 225° , 315° и каждый раз на берегах реки соответственно закрепляют столбами выносные береговые точки D'_1 , D_2 , D'_2 , D_1 с центра опоры D и C'_1 , C_2 , C'_2 , C_1 с центра C .

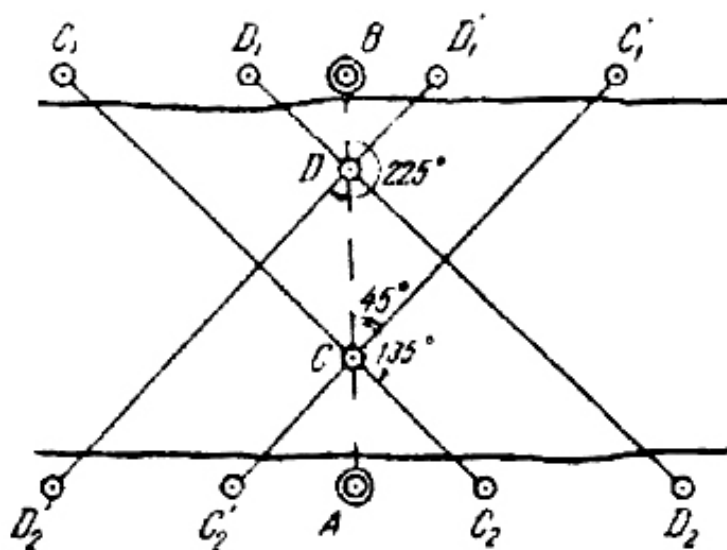


Рис. 56. Закрепление осей опор на берегу

Выносные береговые знаки закрепляют в местах, удобных для установки теодолита.

Согласно СНиП [1] средняя квадратическая ошибка разбивки центров фундаментов опор составляет 50 мм.

При разбивке оси моста и речных опор на замерзающих реках на льду, параллельно основной оси моста, на расстоянии 20–40 м от него разбивают вспомогательную рабочую ось, с которой производят необходимые контрольные измерения в процессе возведения речных опор.

10.3. Разбивка опор и монтаж пролётных строений с применением лазерных приборов

Забивку шпунтовых ограждений, свай, погружения свай-оболочек и опускных колодцев при возведении фундаментов опор осуществляют с плавсредств: понтонов, барж, направляющих каркасов. Установку плавсредств в проектное положение выполняют с использованием лазерных геодезических приборов, позволяющих с наименьшими затратами средств и времени контролировать положение плавсредств практически в любое время суток.

Наиболее часто при возведении фундаментов опор мостов используют направляющие каркасы из инвентарных стальных конструкций в соединении с понтонами типов КС. Выведение каркаса осуществляют в несколько этапов: постановка якорей, установка каркаса в проектное положение, контроль за сохранением стабильного положения каркаса в ходе погружения свай-оболочек. Каркас удерживается в проектном положении с помощью якорей, которые устанавливают с плавучих кранов с точностью 3–4 м; наиболее просто это осуществляют по лазерным створам.

Каркас в проектное положение выводят с помощью лазерной засечки. Направление створа по оси моста обычно задают лазерным визиром (ЛВ). Лазерный теодолит (ЛТ) устанавливают в одном из пунктов разбивочной сети, задают ему направление на центр опоры. Каркас выводят в проектное положение в темное время суток с помощью лебедок, наблюдая за положением лазерных пятен на горизонтальных рейках, размещённых на каркасе (рис. 57).

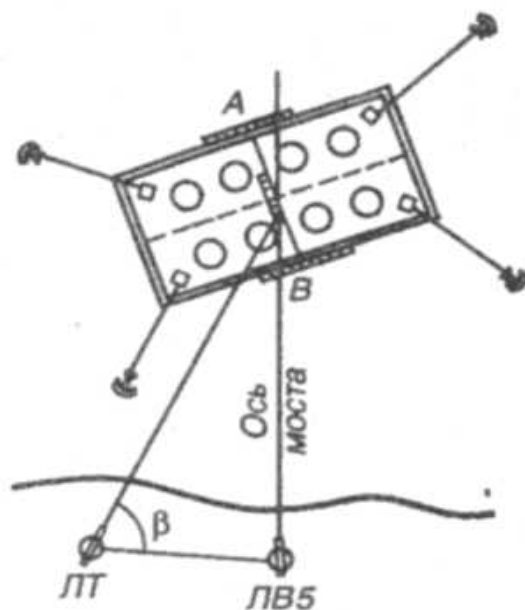


Рис. 57. Схема установки каркаса в проектное положение с помощью лазерной засечки

Для изображенного на рис. 57 случая каркас нужно передвинуть вдоль оси и развернуть таким образом, чтобы линия АВ совпала с осью моста. Использование лазерных приборов намного упрощает организацию работы, поскольку производитель работ, находящийся на каркасе, сам наблюдает за его положением относительно проектных осей, заданных в пространстве лучами лазеров, и контролирует работу лебедок. Применение лазерных приборов, кроме того, обеспечивает непрерывность контроля за положением каркаса в течение всего периода погружения свай-оболочек.

При погружении опускных колодцев их положение в плане постоянно контролируют с помощью лазерных створов. Наклоны и перекосы колодца определяют путем развертки лазерного луча в вертикальную плоскость.

Главные задачи геодезического контроля при монтаже пролетных строений состоят в определении прямолинейности главных балок и выверке строительного подъема. Луч лазера весьма удобен в этом случае в качестве опорной линии, так как он не подвержен влиянию ветра, осадков и не меняет своего положения из-за временного пересечения его работающими людьми и механизмами.

Известно, что основными способами возведения пролетных строений современных мостов являются: навесная сборка, полунавесная сборка, сборка на берегу с последующей продольной надвижкой, сборка на стапеле с последующей доставкой плавсредствами.

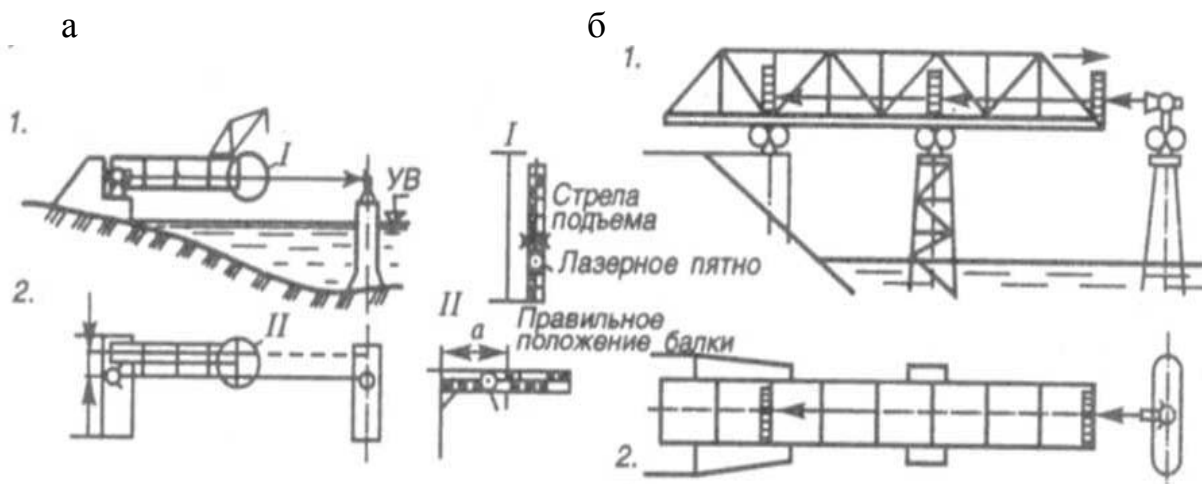


Рис. 58. Контроль лазерными приборами монтажа пролетных строений:
 а – способом навесной (полунавесной) сборки: 1 – фасад моста; 2 – план;
 б – способом продольной надвижки: 1 – фасад моста; 2 – план

При наиболее экономичной навесной и полунавесной сборке пролетное строение монтируют из отдельных блоков с помощью кранов непосредственно в пролете, наращивая его от одной опоры к другой или от двух соседних опор к середине пролета. Для контроля за прямолинейностью и высотным положением продольных балок до начала монтажа пролетного

строения на опорах моста размечают оси опорных частей. На расстоянии $a=0,5$ м параллельно главным осям выносят вспомогательные оси. На устой или на опоре над точкой, закрепляющей вспомогательную ось, устанавливают лазерный прибор и направляют луч на марку, установленную на той же оси на соседней опоре (рис. 58,а). В ходе монтажа блока балок положение каждой из них в пространстве устанавливают по отношению к лазерному опорному лучу или плоскости. Положение балок в плане определяют по световому пятну на горизонтальной рейке, прикладываемой к блоку балок, и в случае необходимости корректируют положение монтируемого блока. Высотное положение определяют по световому пятну на вертикально установленной рейке.

При продольной надвижке со сборкой продольного строения на подходной насыпи лазерные приборы позволяют непрерывно контролировать положение пролетного строения в ходе надвижки и осуществлять его корректировку. Для этого лазерный прибор устанавливают в проектном центре одной из опор и ориентируют луч по оси моста (рис. 58,б). Уклонение пролетного строения от оси определяют по положению световых пятен на двух горизонтальных рейках, устанавливаемых перпендикулярно оси моста (одна – на аванбеке, другая – на расстоянии 30–50 м на пролетном строении). Осадки вспомогательных опор, перекосы накаточных путей, а также прогибы конца консоли определяют по вертикальным рейкам с помощью лазерного нивелира с развёрткой луча в горизонтальной плоскости.

10.4. Выверка опалубки фундамента опоры

Опалубка является направляющей при опускании колодца, и от правильности ее сооружения зависят скорость и точность его сооружения. По мере опускания колодца опалубку наращивают секциями (обычно по 3 м высотой). При этом, чтобы не допускать изломов поверхности, секции разбивают только при вертикальном положении оси колодца. Разбивку ведут по осям опоры.

После уточнения центра опоры на нем устанавливают теодолит и, ориентируя его по оси моста, вновь разбивают продольную и поперечную оси опоры. Нивелированием с береговых реперов проверяют отметку обреза фундамента. По мере возведения опоры закрепленные оси проектируют на следующие секции. При этом периодически выверяют положение центра опоры. На строящихся опорах закрепляют рабочие реперы, отметки которых постоянно контролируются нивелированием от постоянных реперов.

Перед наиболее ответственным моментом – разбивкой подферменных площадок – в последний раз выверяют положение центра и осей опор и прокладывают по опорам нивелирный ход с одного берега на другой, нивелируя все рабочие реперы. Затем от осей опоры способом прямоуголь-

ных координат разбивают подферменные площадки, а их рабочие поверхности устанавливают по высоте от ближайших рабочих реперов (точность разбивки в плане 5 мм, по высоте 1–2 мм).

Разбивку осей регуляционных сооружений выполняют от ближайших пунктов опорной оси. По мере возведения насыпей положение их криволинейных осей уточняют прокладкой теодолитных ходов.

10.5. Контроль возведения опор

При сооружении опор на суходоле разбивают котлованы и фундаменты. Для этой цели на расстоянии 1–2 м от внешнего контура котлована устраивают обноски высотой 1–1,5 м (рис. 59). Натягивают шнур или проволоку, фиксируя направления продольной CD и поперечной AB осей опоры. От этих осей откладывают по проектным размерам отрезки, соответствующие точки закрепляют гвоздями, забитыми в обноски. Далее между одноиндексными гвоздями натягивают шнуры, отвесом проектируют угловые точки котлована K_1, K_2, \dots и закрепляют их деревянными кольями.

Аналогичным образом производят разбивку основания, обреза фундамента и боковых граней тела опоры.

Правильность разбивки проверяют повторными промерами всех отложенных отрезков, а за исправностью обноски ведут постоянный надзор.

При сооружении опор в открытых котлованах с применением шпунтовых ограждений всю разбивку котлована и фундамента закрепляют гвоздями, забитыми в сваи шпунта.

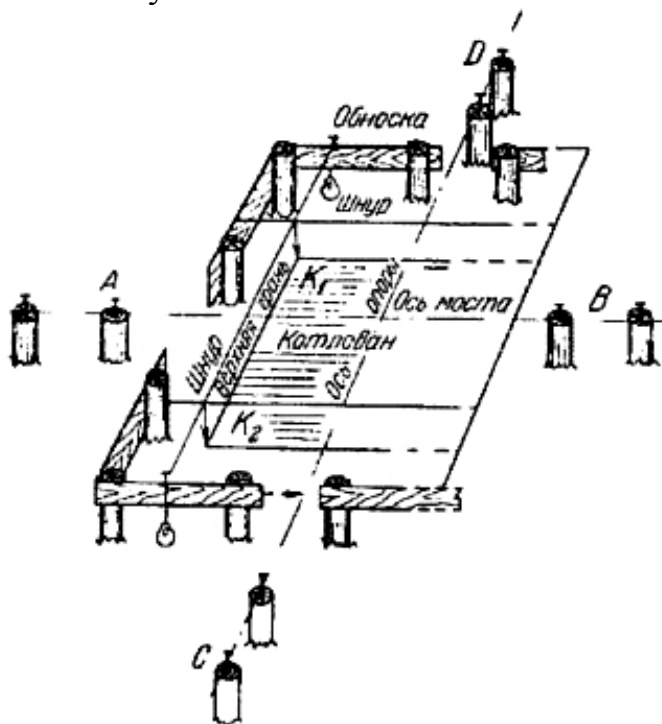


Рис. 59. Закрепление осей опоры и разбивка котлована

Детальную разбивку опоры в плане выше обреза фундамента в процессе сооружения опоры производят отложением проектных размеров от основных осей до наружного контура опоры. При этом пользуются обносками при возведении нижней части опоры или досчатыми схватками, прикрепленными к стойкам подмостей.

При работах наверху для проверки правильности возведения наружных границ опоры горизонтально кладут длинную планку; на ее концах, отстоящих на одинаковом расстоянии от противоположных граней, подвешивают два отвеса. При правильном возведении наружных граней опоры соответствующий отвес должен совпадать с продольной и поперечной осевыми метками, накернованными на скобах или штырях, которые закрепляются на фундаменте в кладке в процессе его возведения.

Детальную вертикальную разбивку опор в ходе их строительства осуществляют перенесением в натуру нивелиром проектных отметок. Исходными для этого служат отметки береговых реперов.

Вертикальную разбивку фундаментов опор, сооружаемых в открытых котлованах с небольшой глубиной, производят с помощью 3–4-метровой рейки.

Пример. Отметка берегового репера равна 209,750 м. Отметка дна котлована по проекту $H_{пр} = 207,28$ м. Для разбивки нивелир устанавливают между репером и котлованом, а рейки – на репере и в котловане; наводят трубу нивелира на рейку репера и берут отсчет, например $a = 1213$ мм; вычисляют горизонт прибора:

$$\text{ГП} = 209,750 + 1,213 = 210,963 \text{ м.}$$

Проектный отсчет b по рейке («проектная рейка»), установленной на дне котлована, должен быть следующим:

$$b = \text{ГП} - H_{пр} = 210,963 - 207,280 = 3683 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом переносят проектные отметки обреза фундамента и других частей опоры.

В глубокие котлованы и колодцы проектные отметки переносят нивелиром, применяя вместо реек стальные рулетки с миллиметровыми делениями. Для этой цели прикрепляют к укосине A (рис. 60) рулетку с грузом q на конце при расположении нуля рулетки сверху. С помощью нивелира, установленного на станции 1, откладывают отсчет a_1 по рейке, укрепленной на исходном репере, и b_1 – по рулетке. Затем нивелир устанавливают на станцию 2, берут отсчеты: b_2 – по рулетке и a_2 – по рейке, установленной в точке B котлована. Тогда отметку точки B вычисляют по формуле

$$H_B = H_{рп} - (a_2 - a_1) - (b_2 - b_1).$$

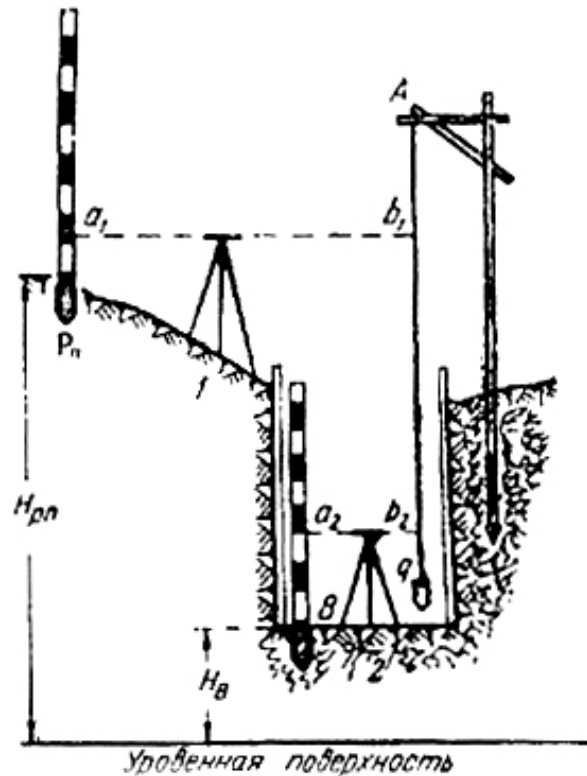


Рис. 60. Схема передачи отметок в котлован

Таким же способом с помощью рулетки передают проектные отметки на высокие опоры и другие сооружения.

Пример. $H_{pn} = 209,750$ м; $a_1 = 1238$ мм, $b_1 = 1549$ мм, $a_2 = 1396$ мм, $b_2 = 18678$ мм. Определить отметку точки В.

Решение:

$$H_B = 209,750 - (1396 - 1238) - (18678 - 1546) = 192,463 \text{ м.}$$

Инструментальное наблюдение за горизонтальностью укладываемых рядов фундамента и определение проектных отметок производят по рейкам, укрепленным вертикально к подмостям по углам опоры. Пятки этих реек должны быть привязаны к береговым реперам. Отметки от этих реек передают на сооружаемую опору с помощью переносной горизонтальной планки.

При возведении опор на опускных колодезных и кессонных основаниях рейки закрепляют на их боковых гранях и по ним ведут постоянное наблюдение за опусканием колодца или кессона.

10.6. Контроль сборки и монтажа пролетных строений

Сборку и монтаж пролетных строений на опоры в плане и по высоте производят с установленными допусками в соответствии с техническим проектом. Для обеспечения этого условия в процессе производства мон-

тажных работ выполняют различные геодезические измерения. Порядок измерений зависит от типа пролетных строений и способов их сборки и монтажа. В зависимости от вышеуказанного, сборка и монтаж пролетного строения может выполняться несколькими способами: непосредственно в пролете на подмостях или навесным способом; на берегу с последующей накаткой готового строения по рельсам или доставкой на плаву.

Основные виды геодезических работ при монтаже пролетных строений следующие:

– детальная разбивка продольной оси и периодическая выверка прямолинейности сборки главных ферм;

– высотная установка ферм и выверка строительного подъема (некой плавной кривой, которая описывает нижний или верхний пояс ферм).

При сборке пролетных строений на берегу ось пролетного строения совмещают с продольной осью моста. Для этой цели с помощью теодолита на продольной оси моста откладывают расстояния между балками пролетного строения и полученные точки закрепляют на подходах к мосту деревянными кольями или отрезками труб. В этих точках перпендикулярно к оси пролетного строения откладывают вправо и влево расстояния до осей ферм, взятые из проекта, и полученные точки также вправо и влево закрепляют деревянными кольями или отрезками труб. Между одноименными точками, расположенными вправо и влево от оси пролетного строения, укладывают на середину распорок поперечные балки. По рискам поперечных балок и распорок с помощью отвеса устанавливают стойки фермы в проектное (вертикальное) положение.

Проверку положения пролетных строений в плане производят теодолитом и нивелирной рейкой с уровнем. Для этого устанавливают визирную ось трубы в вертикальной плоскости оси пролетного строения. Прикладывают рейку последовательно к левой и правой стойкам и удерживают ее в горизонтальном положении по уровню. Наводят трубу на рейку и по вертикальной нити сетки берут отсчеты a_1 и a_2 (рис. 61). При правильном расположении ферм относительно оси пролетного строения расхождение между отсчетами a_1 и a_2 должно быть в пределах 2–3 мм.

Проверку наклона стоек осуществляют отвесом или теодолитом. В первом случае отвес подвешивают около верхнего пояса фермы и опускают грузик в ведро с водой (см. рис. 61). Далее измеряют ординаты y_1, y_2, \dots линейкой с миллиметровыми делениями. Если расхождение между ними равно нулю, то стойки установлены вертикально. В противном случае расхождения укажут на наклон и непрямолинейность стоек.

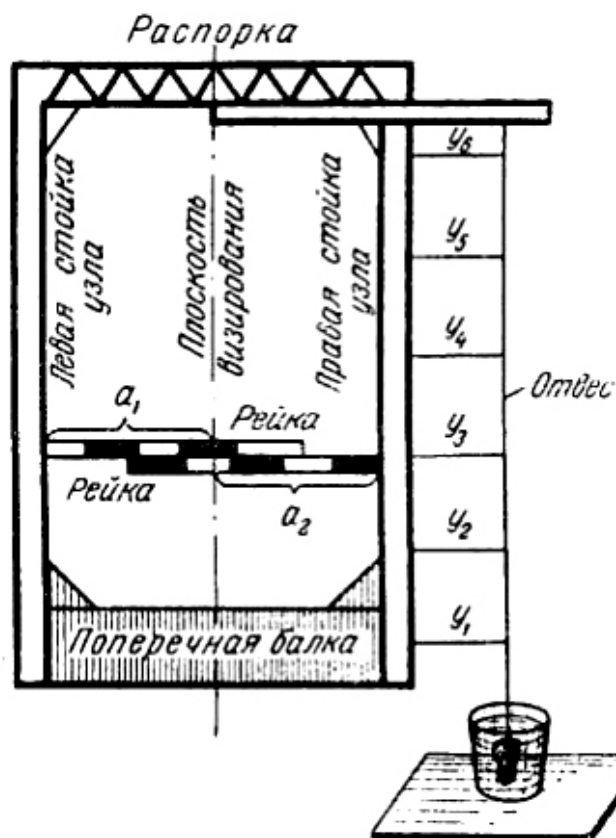


Рис. 61. Геодезический контроль сборки фермы

Во втором случае теодолит устанавливают на полку, прикрепленную к стойке одной из крайних узлов фермы. Последовательно приставляют к стойке горизонтально рейку у нижнего и верхнего поясов, наводят трубу и берут отсчеты по вертикальной нити сетки. Разность полученных отсчетов даст линейную величину наклона стойки.

При сборке ферм в пролете предварительно разбивают сваи для временных опор и строительства подмостей. На подмостях разбивают продольную ось перехода и устанавливают положение каждой фермы. При монтаже ферм осевые риски поперечных балок совмещают с помощью теодолита с осью перехода, а узлы с помощью нивелира устанавливают на проектную отметку. Поскольку подмости могут значительно деформироваться, за ними периодически ведут наблюдения, проверяя положение продольной оси и осадки временных опор.

Правильность сборки пролетного строения в плане выверяют теодолитом, установленным на центре опоры. Отклонение оси главной фермы от оси перехода не должно превышать 5 мм. Весьма эффективно и наглядно для выверки продольной оси ферм может применяться лазерный теодолит, так как в этом случае задаваемая лазером ось перехода видна непосредственно на ферме.

Кривую строительного подъема выверяют несколько раз, нивелируя одни и те же узловые точки нижних и верхних поясов. Изменение темпера-

туры и неравномерный солнечный нагрев отдельных узлов пролетного строения значительно изменяют отметки узловых точек. Поэтому нивелирование строительного подъема желательнее вести в пасмурные дни. При наличии лазерного нивелира нивелирование можно проводить ночью, когда луч лазера лучше виден. Применяя насадку, разворачивающую луч лазера в горизонтальный сектор, можно нивелировать одновременно много точек.

По результатам нивелирования вычерчивают профили ферм после установки пролетного строения на опоры и после пробной нагрузки. Горизонтальный масштаб принимают в зависимости от длины пролета от 1:100 до 1:500, а вертикальный – 1:1 или 1:2.

Осадку временных опор учитывают при монтаже фермы.

Перед установкой фермы на постоянные опоры с помощью нивелира проверяют горизонтальность плоскости подферменников; далее от осей опор разбивают оси подвижных и неподвижных опорных частей с ошибкой в плане не более 3 мм и ошибкой по высоте (перекос) – не более 2 мм.

При полунавесном и навесном монтаже пролетных строений и укладке готовых пролетных строений на опорные части оси отдельных ферм совмещают с продольной осью моста с точностью ± 5 мм, что контролируется с помощью теодолита, установленного в центре опоры.

Особое внимание обращают на правильность установки двух первых блоков, от которой зависит весь последующий монтаж. В вертикальной плоскости блоки устанавливаются нивелированием их верхнего обреза. Последующие блоки по той же самой схеме монтируют к первым.

При монтаже пролетных строений на строительной площадке тщательно контролируют проектные размеры, прямолинейность продольной оси, строительный подъем.

10.7. Исполнительная съемка опор и мостового перехода

После возведения опор перед монтажом и установкой пролетных строений производят исполнительную съемку для выявления соответствия возведенных опор проекту.

В процессе выполнения исполнительной съемки разбивают и закрепляют положение осей моста на опорах. Для этой цели по обмерам верхней плоскости опоры предварительно устанавливают фактическое положение продольной и поперечной осей моста и отмечают их краской или карандашом. Затем определяют расстояния между центрами смежных опор (длину пролетов) и отмечают ось моста на опорах. Далее выполняют контрольное нивелирование подферменных площадок, а также детальную съемку опор и регуляционных сооружений.

При наличии светодальномера для определения длин пролетов и координат центров опор по ним прокладывают полигонометрический ход. При отсутствии светодальномера координаты центров опор определяют обратной засечкой или способом замкнутого треугольника от опорных пунктов. Длины пролетов в этом случае вычисляют по координатам. Ошибка в определении длин пролетов в среднем допускается 1–1,5 см. Контрольное нивелирование осуществляют от исходных реперов, прокладывая нивелирный ход по рабочим реперам на опорах. Невязка хода не должна превышать величины

$$f_{h_{\text{доп}}} = 2 \text{ мм} \cdot \sqrt{n}, \quad (79)$$

где n – число станций.

От рабочих реперов проверяют отметки подферменных площадок.

Детальную съемку опоры выполняют от ее продольной и поперечной осей. При этом определяют размеры опоры, подферменников и расстояния от осей опоры до подферменников.

Одновременно со съемкой дополнительно закрепляют центр и оси опоры для последующих работ. Знаками закрепления служат скобы или металлические пластины с метками, которые бетонируют в подферменную часть опоры.

По материалам исполнительных съемок составляют крупномасштабный (1:1000) исполнительный чертеж опоры, ведомости расстояний между центрами опор, ведомости отметок, установленных на опорах реперов. Эти документы являются исходными при монтаже пролетного строения моста.

По окончании строительных работ перед сдачей мостового сооружения в эксплуатацию производят контрольные измерения. Задачей этих измерений является проверка соблюдения проектных требований к конструкции моста и расположения моста относительно красных линий. Все обнаруженные отклонения от проекта фиксируются специальными актами и в исполнительном плане.

Исполнительный план мостового перехода составляют в масштабе 1:200. На этом плане, кроме того, указывают: дирекционный угол оси моста, координаты центров опор и высоты отдельных элементов и частей мостового сооружения над уровнем воды.

После окончания строительства и сдачи моста в эксплуатацию руководителем разбивочных работ или непосредственным исполнителем составляется технический отчет по всем геодезическим разбивочным работам.

10.8. Определение деформаций мостовых переходов

Инженерные сооружения (насыпи, автомобильных дорог, мосты, путепроводы, водопропускные трубы, здания и сооружения автотранспортной

службы и т.д.), возведенные на слабых грунтах, подвергаются деформациям. Для того чтобы предотвратить повреждения и разрушения инженерных сооружений и их отдельных элементов в ходе строительства и в период последующей эксплуатации, ведут систематические наблюдения за их деформациями. Периодичность проведения геодезических работ по определению деформаций сооружений устанавливают в зависимости от типа сооружения, характера и интенсивности деформационных процессов. Для этой цели вблизи исследуемого объекта устанавливают капитальные реперы и знаки с привязкой их с необходимой точностью к пунктам государственной геодезической сети. Оборудуют площадки для установки геодезических приборов, устраивают постоянные базисы в случае, если наблюдение за деформациями производится методами наземной фотограмметрии, и маркируют сооружения или их элементы, используя для этого специально замаркированные точки, горизонтальные и вертикальные миллиметровые рейки, а также плёночные отражатели, наклеиваемые на боковые поверхности испытываемых объектов.

Для оценки вертикальных смещений и осадок используют прецизионное нивелирование с применением высокоточных нивелиров. Определение высот замаркированных точек производят периодически через определенные промежутки времени и по разности высот устанавливают темп и абсолютные величины вертикальных осадок. С использованием прецизионного нивелирования ведут наблюдения за прогибами пролетных строений мостов и путепроводов. Деформации дорожных покрытий для определения фактических модулей упругости дорожных одежд измеряют с использованием специальных приборов-прогибомеров или установок динамического нагружения.

Перемещение мостовых переходов или их отдельных элементов в поперечном направлении определяют по горизонтальному кругу высокоточных теодолитов. При этом целесообразно использовать фототеодолитные съемки мостовых переходов с постоянного базиса для определения вертикальных и горизонтальных деформаций с последующей обработкой стереопар на компьютере с применением автоматизированной системы цифровой фотограмметрии.

Про результаты наблюдений составляют ведомости и графики смещений контрольных марок за период между циклами смежных наблюдений и заносят эти результаты в базу данных.

Контрольные вопросы

1. Что должно быть указано на схеме моста для разбивки фундаментов опор?
2. При отсутствии светодальномера основным способом разбивки центров опор служит...
3. В чем состоит основное преимущество применения лазерных приборов при возведении фундаментов опор с плавсредств?
4. Как осуществляют разбивку фундаментов моста через суходолы или мелководные реки?
5. Как осуществляют разбивку свай-оболочек?
6. Приведите схему смещения и крен кессона.
7. Назовите допустимую среднюю квадратическую ошибку разбивки центров фундаментов опор.
8. Назовите основные виды геодезических работ при монтаже пролетных строений.
9. Какие документы составляют по материалам исполнительных съемок?
10. Какими геодезическими приборами определяют деформацию осадки и смещения мостовых сооружений?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геодезическое сопровождение процессов строительства является важной и неотъемлемой частью комплекса работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог и мостовых переходов. Геодезическое сопровождение процессов строительства во многом определяет фактическую стоимость и качество строительства, а также условия и жизненный цикл эксплуатации инженерных объектов и сооружений.

На современном этапе одновременно с развитием геодезического сопровождения процессов строительства, качественным изменением типов используемых геодезических приборов и инструментов происходят фундаментальные изменения технологии и методов проектно-изыскательских работ и строительства автомобильных дорог и мостовых сооружений. В этих условиях инженер-строитель должен не только владеть традиционными методами геодезических работ и уметь работать с обычными геодезическими приборами (ориентирование, измерение длин линий, измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитами, измерение превышений между пикетными точками нивелирами, выполнение топографических съемок и т.д.), но и обязательно освоить различные виды аэрофотосъемок, методы наземной фотограмметрии и электронной тахеометрии, методы спутниковой навигации, а также технологии автоматизированной обработки результатов полевых измерений, что позволит значительно сократить объемы и стоимость полевых работ и геодезического сопровождения процессов строительства за счет увеличения объемов работ при широком использовании средств автоматизации и вычислительной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.05.02–85. Утв. прик. Минрегиона России 30.06.2012 г. №266 Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
2. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / под ред. Д.Ш. Михелева. – 7-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 480 с.
3. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш. шк., 2002. – 463 с.
4. Хаметов, Т.И. Геодезическое сопровождение строительных процессов [Текст]: курс лекций / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 102 с.
5. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Часть I. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	6
1. ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	6
1.1. Технические требования и условия	6
1.2. Состав и содержание изысканий	7
1.3. Проложение и закрепление на местности оси трассы	9
1.4. Разбивка на трассе круговых и кратных кривых	14
1.5. Прием-передача закрепленной трассы	18
2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	20
2.1. Восстановление и закрепление трассы	20
2.2. Разбивка элементов поперечного профиля земляного полотна	22
2.3. Разбивка поперечников в насыпи	26
2.4. Разбивка поперечников в выемке	30
2.5. Закрепление элементов детальной разбивки створными знаками	33
2.6. Разбивка и закрепление резервов и водоотводов	35
3. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРИВОЛИНЕЙНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ	39
3.1. Круговые кривые	39
3.2. Переходные кривые	43
3.3. Вертикальные кривые	45
3.4. Серпантинны	47
3.5. Виражи	53
3.6. Примыкания и пересечения автомобильных дорог	56
4. РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	62
4.1. Разбивочные и строительные допуски	62
4.2. Разбивочно-контрольные приспособления	64
4.3. Возведение насыпи	70
4.4. Устройство продольного профиля насыпи	74
4.5. Автоматизация управления строительными процессами	75
4.6. Разработка выемок	79
4.7. Устройство резервов и водоотводов	83
5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ	88
5.1. Восстановление оси и профиля полотна	88
5.2. Планировка земляного полотна и его откосов	90

6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ДОРОГИ	95
6.1. Устройство основания и покрытия дороги.....	95
7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ	102
7.1. Назначение и состав исполнительных съемок	102
7.2. Способы съемки земляного полотна	103
8. РАБОТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА.....	108
8.1. Геодезические работы в процессе эксплуатации дороги и сооружений на ней.....	108
Часть II ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.....	112
9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.....	112
9.1. Общие сведения по составу геодезических работ на мостовом переходе	112
9.2. Разбивочные сети мостов и путепроводов	113
9.3. Разбивка и закрепление продольной оси моста	117
9.4. Определение длины моста и мостового перехода	119
9.5. Съемки района перехода.....	121
9.6. Высотная основа разбивки мостов	121
10. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ ОПОР И ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТА.....	124
10.1. Разбивка фундаментов опор моста.....	124
10.2. Разбивка центров опор.....	128
10.3. Разбивка опор и монтаж пролётных строений с применением лазерных приборов	132
10.4. Выверка опалубки фундамента опоры.....	134
10.5. Контроль возведения опор	135
10.6. Контроль сборки и монтажа пролетных строений	137
10.7. Исполнительная съемка опор и мостового перехода	140
10.8. Определение деформаций мостовых переходов	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	145

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ
СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
И МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ**

Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 21.07.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 8,60. Уч.-изд.л. 9,25. Тираж 80 экз.
Заказ №249.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.