

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
в г. Зернограде

Кафедра: «Землеустройство и кадастры»

Обработка результатов нивелирования линейного сооружения и построение продольного и поперечного профилей трассы.

**Учебное пособие
по выполнению курсовой работы**

Зерноград – 2015

*Печатается по решению методического совета
агротехнологического факультета
Азово-Черноморского инженерного института
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде*

Рецензент:

доктор технических наук, профессор *Алексенко Н.П.*

Ответственный редактор:

кандидат технических наук, доцент *Казачков И.А.*

Обработка результатов нивелирования линейного сооружения. Построение продольного и поперечного профилей трассы: учебное пособие по выполнению курсовой работы / И.А. Казачков, А.М. Бондаренко, Б.Н. Строгий, А.В. Щербина. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 47 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения курсовой работы по дисциплинам «Геодезия с основами картографического черчения» специальности 120714 – Земельно-имущественные отношения и «Прикладная геодезия» направления подготовки 120700.62 – Землеустройство и кадастры

Пособие содержит необходимые теоретические сведения, методические указания и порядок выполнения курсовой работы.

Приведены формулы, необходимые для расчета элементов круговой кривой и пикетажных значений главных точек круговой кривой. Приведена форма ведомости прямых и кривых и описана последовательность её составления. При описании последовательности выполнения курсовой работы приводятся примеры расчетов, схемы трассы линейного сооружения и отдельных её элементов.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры

«Землеустройство и кадастры»

Протокол № 8 от 27.01.15 г.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией по направлению подготовки 120700.62 – Землеустройство и кадастры

Протокол № 2 от 2.02.15 г.

© Казачков И.А., Бондаренко А.М.,
Строгий Б.Н. и др., 2015

© Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015.

СОДЕРЖАНИЕ

	ст.
Введение	4
1 Содержание курсовой работы	7
2 Теоретические основы нивелирования	8
2.2 Геометрическое нивелирование	9
2.3 Нивелирные знаки	11
2.4 Техническое нивелирование	11
2.5 Виды нивелирных работ. Продольное инженерно-техническое нивелирование	12
3 Обработка результатов нивелирования линейного сооружения	23
3.1 Исходные данные для проектирования	23
3.2 Обработка полевого журнала нивелирования трассы	23
3.3 Расчет элементов закруглений и разбивка кривых в главных точках .	29
3.4 Расчет данных для выноса пикетов на кривую	32
3.5 Расчет длин и дирекционных углов прямолинейных участков и составление плана трассы	33
3.6 Построение продольного и поперечного профилей трассы	37
Вопросы к защите	41
Приложения	43
Приложение I Исходные данные	44
Приложение II Разбивки главных точек кривой при $R = 500\text{м}$	45

Введение

Курсовая работа выполняется студентами очной и заочной формы обучения.

Выполнение курсовой работы способствует закреплению теоретических положений дисциплины, имеет своей целью научить студента выполнять обработку результатов технического нивелирования трассы, построение продольного и поперечного профилей местности и проектирование трассы дороги.

Вариант задания вычисляется по формуле:

$$N = \sum KPM,$$

где К, Р, М – три последние цифры номера зачетной книжки студента.

Исходные данные берутся из приложений. Величины, не указанные в задании, принимаются по литературным источникам, ориентируясь на заданные.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки не более 25 страниц печатного текста формата А4, схем, плана трассы и продольного профиля. Схемы и планы выполняют на листах формата А4, А3. Все листы сворачиваются до формата А4 и вшиваются в пояснительную записку. Нумерация страниц включает рисунки и схемы, выполненные на форматах А4.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- аннотация;
- содержание;
- введение;
- организация работ по нивелированию;
- основные этапы работ по проектированию трассы;
- исходные данные;
- обработка полевого журнала нивелирования трассы;
- расчет элементов закруглений и разбивка кривых в главных точках;
- расчет данных для выноса пикетов на кривые;
- расчет длин и дирекционных углов (румбов) прямолинейных участков и составление плана трассы;
- построение продольного и поперечного профилей трассы;
- заключение;
- литература.

Учебное пособие предназначено для формирования у студентов, обучающихся по специальности 120714 – Земельно-имущественные отношения и обучающихся по направлению подготовки 120700.62 – Землеустройство и кадастры следующих компетенций:

- выполнять работы по картографо-геодезическому обеспечению территорий, создавать графические материалы (ПК 3.1);
- использовать государственные геодезические сети и иные сети для

производства картографо-геодезических работ (ПК 3.2);

- использовать в практической деятельности геоинформационные системы (ПК 3.3).

- способностью использовать знание современных автоматизированных технологий сбора, систематизации, обработки и учета информации о земельных участках и объектах недвижимости (ПК-10);

- способностью использовать знание современных географических и земельно-информационных систем (ГИС и ЗИС), способов подготовки и поддержания графической, кадастровой и другой информации на современном уровне (ПК-12);

- способностью использовать знание о принципах возникновения и методах учета погрешностей на разных этапах выполнения геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, методов обработки результатов геодезических измерений, перенесения проектов землеустройства в натуру и определения площадей земельных участков (ПК-13);

- способностью использовать знание современных технологий дешифрирования видеоинформации, аэро- и космических снимков, дистанционного зондирования территории, создания оригиналов карт, планов, других графических материалов для землеустройства и Государственного кадастра недвижимости (ПК-14).

В результате освоения указанных компетенций обучающиеся должны:

- знать: методы проведения геодезических измерений, оценку их точности; методы и средства составления топографических карт, планов, профилей, использование карт и планов и другой геодезической информации при решении инженерных задач в землеустройстве; порядок проведения, правила и требования, предъявляемые к качеству и оформлению результатов полевых измерений, материалов, документации и отчетности; систему топографических условных знаков; современные методы построения опорных геодезических сетей; основные методы определения планового и высотного положения точек земной поверхности с применением современных технологий;

- уметь: анализировать полевую топографо-геодезическую информацию; реализовывать на практике способы измерений и методики их обработки при построении опорных геодезических сетей; оценивать точность результатов геодезических измерений; уравнивать геодезические построения типовых видов; использовать пакеты прикладных программ; базы данных для накопления и переработки геопространственной информации, проводить необходимые расчеты на ЭВМ; формировать и строить цифровые модели местности и использовать автоматизированные методы получения и обработки геодезической информации;

- владеть: технологиями в области геодезии на уровне самостоятельного решения практических вопросов специальности, творческого применения этих знаний при решении конкретных задач; методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий; навыками работы со специализированными программными продуктами в области геодезии;

методами и средствами обработки разнородной информации при решении специальных геодезических задач в землеустройстве.

1 Содержание курсовой работы

Аннотация – краткая характеристика курсовой работы. Текст аннотации следует начинать с указания количества страниц пояснительной записки и количества графических листов. Затем кратко описывается содержание пояснительной записки, позволяющее классифицировать работу.

Во введении подчеркивается значимость нивелирования при проектировании технических сооружений, обосновывается необходимость совершенствования методики, и повышения точности изысканий применительно к условиям работы.

В заключении отмечается степень завершенности работы, полнота решения поставленной задачи.

По остальным разделам более подробные рекомендации приведены далее в настоящем пособии. Рекомендуется использовать и другие литературные источники.

Запрещается копировать и помещать в проект тексты из учебников и учебных пособий без ссылок на источник. Приводятся только формулы, используемые в расчете, с расшифровкой обозначений и размерностями физических величин.

При оформлении пояснительной записки и чертежей обязательно соблюдать стандарт предприятия.

Текст курсовой работы выполняется на компьютере или рукописным способом. При компьютерном исполнении рекомендуется использовать шрифт Times New Roman №14, обычный. Формат абзаца: выравнивание по ширине, первая строка – отступ 1,25 см, междустрочный интервал – одинарный. Параметры страницы: ориентация – книжная, поля: верхнее – 2 см, левое – 3 см, нижнее – 2,5 см, правое – 1,5 см, переплет – 0. Вставка номера страницы: от центра, вверху, номер на первой странице – нет.

Рисунки можно располагать на странице альбомной ориентации. Рисунки должны иметь нумерацию и названия. Расшифровка обозначений делается перед названием.

2 Теоретические основы нивелирования

2.1 Виды нивелирования

Нивелированием называется измерение превышений с целью определения высот точек. Путем нивелирования значения высот передают от исходных точек с известными высотами на точки, высоты которых надо определить.

В зависимости от применяемых приборов и методов различают следующие виды нивелирования.

Геометрическое нивелирование – метод определения превышений путем взятия отсчетов по вертикальным рейкам при горизонтальном луче визирования. Это – основной метод нивелирования. Методом геометрического нивелирования создана государственная нивелирная сеть, создаются инженерно-геодезические высотные сети различного назначения.

Тригонометрическое нивелирование – метод определения превышения путем измерения вертикального угла и расстояния. Метод используют при создании высотного обоснования топографических съемок, а также при определении превышений и передаче высот на строительных площадках.

Барометрическое нивелирование основано на зависимости между высотой и атмосферным давлением. Для определения превышений измеряют атмосферное давление и температуру в точке с известной высотой и в точках, высоты которых определяют. По разностям давлений вычисляют превышения. Метод применяют при работах в труднодоступной местности, им пользуются геологи, геофизики. Точность измерений этим методом невысокая: на равнинной местности – 0,5 м, в горной – 1,5 м.

Гидростатическое нивелирование основано на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне. Простейший гидростатический нивелир представляет собой два сосуда с делениями, соединенные шлангом. Систему заполняют дистиллированной водой. Точность метода очень высокая (0,1 мм), поэтому он применяется при монтаже и выверке конструкций по высоте, особенно при работе в стесненных условиях, при передаче отметок через водные преграды, для наблюдений за деформациями сооружений (плотин, мостов, ускорителей частиц и пр.).

Стереофотограмметрическое нивелирование выполняется посредством измерений на стереоскопических парах фотоснимков.

Механическое нивелирование выполняется при помощи приборов, автоматически вычерчивающих профиль проходимого пути.

Определение превышений и высот точек с помощью спутниковых измерений. Автономное определение абсолютных высот точек аппаратурой ГЛОНАСС и *GPS* выполняется с точностью нескольких метров, а определение превышений между точками – с точностью 10 – 15 мм.

2.2 Геометрическое нивелирование

Геометрическое нивелирование выполняют, используя нивелир и нивелирные рейки. Нивелир – прибор, в котором визирный луч приводится в горизонтальное положение. Отсчеты берут по шкалам устанавливаемых вертикально нивелирных реек. Оцифровка шкал на рейках возрастает от пятки рейки вверх. Если на пятке рейки расположен ноль шкалы, то отсчет по рейке равен расстоянию от пятки до луча визирования.

Геометрическое нивелирование выполняют двумя способами – «из середины» и «вперед».

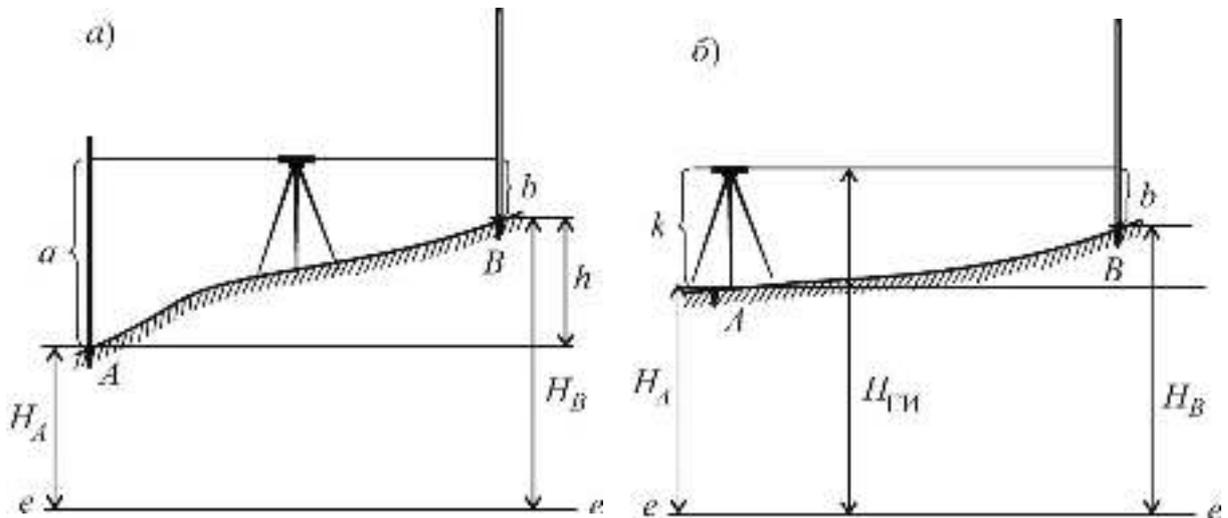


Рисунок 1 – Нивелирование: *a* – из середины; *б* – вперед.

Нивелирование из середины – основной способ. Для измерения превышения точки *B* над точкой *A* (рисунок 1, *a*) нивелир устанавливают в середине между точками (как правило, на равных расстояниях) и приводят его визирную ось в горизонтальное положение. На точках *A* и *B* устанавливают нивелирные рейки. Берут отсчет *a* по задней рейке и отсчет *b* по передней рейке. Превышение вычисляют по формуле

$$h = a - b \quad (1)$$

Обычно для контроля превышение измеряют дважды – по черным и красным сторонам реек. За окончательный результат принимают среднее.

Если известна высота H_A точки *A*, то высоту H_B точки *B* вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2)$$

При *нивелировании вперед* (рисунок 2 *б*) нивелир устанавливают над точкой *A* и измеряют (обычно с помощью рейки) высоту прибора *k*. В точке *B*, высоту которой требуется определить, устанавливают рейку. Приведя визирную ось нивелира в горизонтальное положение, берут отсчет *b* по черной стороне рейки. Вычислив превышение $h = k - b$, по формуле (1) находят высоту точки *B*.

Превышения, вычисляемые по формулам (1), (2) могут быть положительными и отрицательными, и при записи их обязательно сопровождают

знаком плюс или минус.

Чем меньше расстояние между нивелиром и рейкой, тем точнее отсчет. Нормальным считается расстояние 50 м, недопустимым — более 150 м.

Однако часто возникает необходимость определять превышения между точками при расстояниях в несколько сотен километров с большим числом станций, образующих нивелирные ходы (рисунок 2) и полигоны.

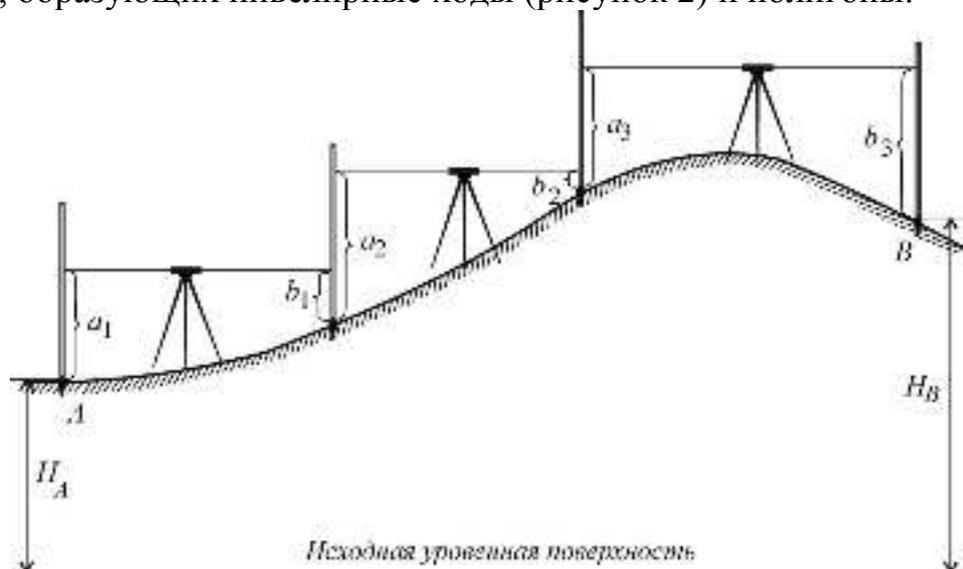


Рисунок 2 – Нивелирный ход

Превышения вычисляют по формулам (рисунок 2):

$$h_1 = a_1 - b_1;$$

$$h_2 = a_2 - b_2;$$

$$h_3 = a_3 - b_3;$$

Превышение между конечными точками хода A и B равно сумме вычисленных превышений

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3,$$

а высота точки B определится по формуле (1).

$$H_B = H_A + \sum_1^n h \quad (3)$$

Поэтому в зависимости от длины хода (периметра полигона) и требуемой точности геометрическое нивелирование делят на классы I, II, III, IV и техническое нивелирование.

Нивелирование I, II, III и IV классов является высотной основой топографических съемок всех масштабов и геодезических измерений, проводимых для народного хозяйства и обороны страны.

Нивелирование I и II классов служит главной высотной основой, посредством которой устанавливают единую систему высот на территории страны. Она также необходима для научных целей, связанных с изучением движений земной коры. Периметры нивелирных полигонов I и II классов на европейской территории России составляют в среднем соответственно 2800 и 600 км.

Нивелирование III, IV классов и техническое нивелирование служат

высотной основой топографических съемок и предназначаются для решения различных инженерных задач — планировки, застройки и благоустройства городов и сельских населенных пунктов, проектирования и строительства дорог, оросительных и осушительных каналов, водоснабжения и т. п.

2.3 Нивелирные знаки

Для использования результатов нивелирования высшего класса в качестве геодезического высотного обоснования при последующих нивелирных работах точки закрепляют на местности постоянными или временными нивелирными знаками — *реперами и марками*, (марка - геодезический стеновой знак, к которому подвешивается нивелирная рейка) обеспечивающими длительную сохранность и неподвижность во времени в пределах точности измерений. В зависимости от условий местности и характера грунта реперы бывают грунтовые, скальные и стенные.

Грунтовый репер состоит из железобетонного пилона сечением 16х16 см с маркой вверху и бетонной плитой (якорем) внизу. Марка должна находиться на 0,5 м ниже поверхности земли, а якорь – не менее чем на 0,5 м ниже глубины сезонного промерзания грунта. При техническом нивелировании в качестве грунтового репера применяют металлические трубы или железобетонные пилоны с приваренной или вделанной в бетон маркой, на метровом расстоянии от которых устанавливают опознавательный знак — трубу с охранной табличкой.

Скальный репер представляет собой вцементированную в скалу чугунную марку.

Стенной репер – представляет собой вцементированную в стену чугунную марку с выступом для установки на него нивелирной рейки или отверстием для ее подвешивания. Стенные реперы закладывают в цокольной части фундаментальных зданий или сооружений (опора моста, здание пассажирского вокзала, водонапорная башня).

На застроенной территории реперы закладывают не реже, чем через 5 км, а на незастроенной – не реже, чем через 7 км.

2.4 Техническое нивелирование

Техническое нивелирование производится с целью создания высотного обоснования топографических съемок масштабов 1:500 – 1:5000, а также при изысканиях, проектировании и строительстве различного рода инженерных сооружений.

Нивелирные ходы, прокладываемые для определения высот пунктов съемочного обоснования, должны опираться на пункты высшего класса. Максимальная длина хода принимается в зависимости от характера рельефа местности, масштаба съемки и высоты сечения рельефа.

Техническое нивелирование для создания высотного обоснования съемок выполняется способом из середины техническими нивелирами с использованием двухсторонних шашечных реек. Расстояние от нивелира до реек допускается до 150 м, неравенство плеч – не более 10 м, а их накопление в

секции – до 50 м. Отсчеты по рейкам берутся только по средней нити. Разность значений превышения на станции, определенных по черной и красным сторонам реек, не должна превышать 5 мм.

Допустимая высотная невязка ходов и полигонов технического нивелирования определяется по формулам:

$$f_{h_{\text{фак}}} = 50_{\text{мм}}\sqrt{L} \quad (4)$$

где L – длина хода, км.

Техническое нивелирование, выполняемое с целью обеспечения строительства сооружений линейного типа, называется *продольным*. Для получения детального топографического плана на участке строительства крупных объектов при решении вопросов, связанных с вертикальной планировкой территории и подсчетом объемов земляных масс, выполняют *нивелирование поверхности (площади)*.

2.5 Виды нивелирных работ. Продольное инженерно-техническое нивелирование

Для обеспечения высотами пунктов геодезического съемочного обоснования, построения профилей местности и составления крупномасштабных планов с детальным изображением рельефа проводят следующие виды нивелирных работ: передача высоты с репера на пункт съемочного обоснования; нивелирование трассы линейного сооружения – дороги, канала, трубопровода, линии электропередачи (ЛЭП); нивелирование поверхности равнинного земельного участка для составления плана с изображением рельефа или цифровой модели рельефа (ЦМР).

Передача высоты на значительное расстояние с нивелирного репера (марки) на пункты съемочного обоснования или с одной точки на другую в целях определения превышения между ними (например, с точки забора воды на точку ее доставки при проведении водоснабжения) осуществляют проложение хода (полигона) технического нивелирования с нескольких станций.

Нивелирование поверхности производят для детального изображения рельефа местности на строительных площадках, промплощадках предприятий, для проектирования осушительных и оросительных систем, планировки полей и т. д.; его результаты могут быть использованы для создания ЦММ. В зависимости от характера рельефа и ситуации местности, требуемой точности, а также от площади нивелируемой поверхности применяют различные способы нивелирования: параллельных линий, магистралей с поперечниками, по квадратам и т. д.

Инженерно-техническое нивелирование, выполняемое для обеспечения строительства линейных объектов, ведется по предварительно намеченной линии, представляющей собой ось будущего сооружения и называемой *трассой*.

Весь цикл работ по строительству линейного объекта складывается из составления проекта, полевых и камеральных работ. Полевые работы включа-

ют рекогносцировку местности, разбивку пикетажа, поперечников и кривых, съемку полосы местности вдоль трассы, нивелирование трассы и поперечников. Камеральные работы состоят из обработки журналов нивелирования и составления профилей трассы и поперечников. *Профиль* служит в дальнейшем основой для проектирования сооружения согласно заданным техническим условиям.

Проектирование трассы выполняют по топографическим картам и планам либо аэрофотоснимкам. В зависимости от характера рельефа местности различают трассирование линейного сооружения по заданному направлению и по заданному уклону. Трассирование по заданному направлению выполняют в равнинных и слабопересеченных районах, где естественные уклоны не превышают допустимых. В условиях холмистой и гористой местности, где уклоны значительно превышают допустимые значения, трассы проектируют по заданному уклону.

Разнообразие видов линейных сооружений, их эксплуатационные и конструктивные особенности обуславливают некоторые различия в производстве инженерно-геодезических работ в каждом конкретном случае. Наиболее типичной является программа геодезических измерений при дорожных изысканиях, рассматриваемая далее.

Разнообразие видов линейных сооружений, их эксплуатационные и конструктивные особенности обуславливают некоторые различия в производстве инженерно-геодезических работ в каждом конкретном случае. Наиболее типичной является программа геодезических измерений при дорожных изысканиях, рассматриваемая далее.

Рекогносцировка и разбивка пикетажа на трассе. Направление и основные точки трассы устанавливаются в соответствии с ее проектом, намеченным на карте. В процессе рекогносцировки уточняют проектное положение трассы на местности и закрепляют точки поворота трассы деревянными столбами. При этом стремятся иметь минимальное число углов поворота; стороны трассы должны быть по возможности длинными, проходить по местности с небольшими уклонами, твердым грунтом и наименьшим количеством препятствий.

Плановой основой продольного нивелирования служит теодолитный ход, прокладываемый по трассе, в который включают все вынесенные в натуру основные точки трассы (начало и конец трассы, вершины углов поворота и др.). В процессе проложения теодолитного хода производят вешение линий между вершинами углов (ВУ) поворота трассы, измеряют горизонтальные углы, длины сторон и разбивают пикетаж (рисунок 3).

Горизонтальные углы (правые или левые по ходу) в вершинах углов поворота трассы измеряют техническим теодолитом одним приемом. Углом поворота трассы φ считается угол между продолжением предыдущего направления и новым направлением трассы. В приведенном случае $\varphi = 180^\circ - \beta_{лев}$ или $\varphi = \beta_{пр} - 180^\circ$.

Разбивка пикетажа заключается в откладывании по трассе горизонтальных отрезков по 100 м, начиная от начального пункта трассы. При углах

наклона скатов местности $> 3^\circ$ в откладываемые наклонные отрезки $D = 100$ м вводят поправки за наклон ΔD_n ; углы наклона измеряют эклиметром. Концы каждого из отрезков, называемых пикетами, закрепляют деревянными кольями, забиваемыми вровень с землей; при нивелировании на эти колья устанавливают рейки. Рядом забивают сторожок, на котором подписывают номер пикета. Начало трассы обозначают *ПК0*, в результате чего номер пикета обозначит расстояние в сотнях метров от начала трассы.

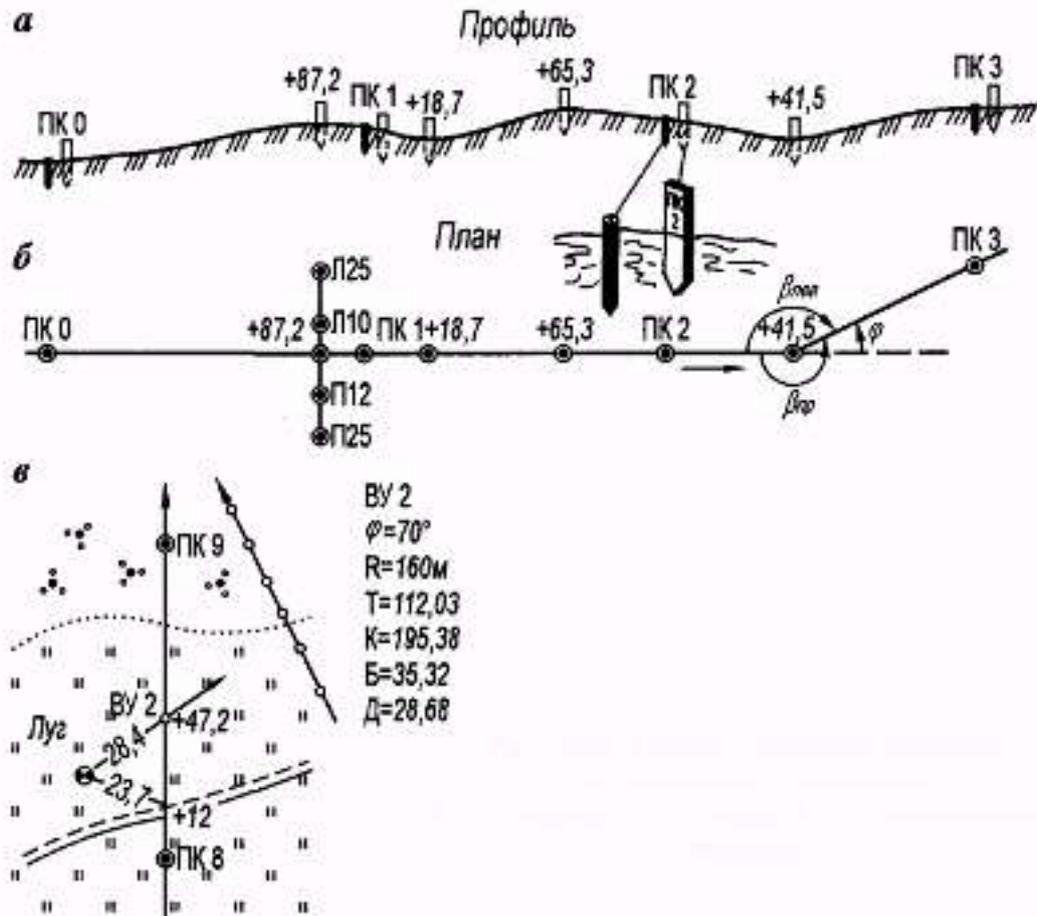


Рисунок 3 – Схема разбивки трассы и закрепления пикетажа:
а — разрез; б — план; в — пикетажная книжка

Характерные точки перегиба скатов, а также места пересечения трассы с различными естественными препятствиями и инженерными сооружениями отмечают «плюсовыми» точками, которые обозначают на местности сторожками. Их положение на трассе определяется номером предыдущего пикета плюс расстояние от этого пикета до «плюсовой» точки, например $\text{ПК}1 + 65,3$.

В характерных местах рельефа перпендикулярно к направлению трассы с помощью экера и мерной ленты разбивают *поперечники*, длина которых зависит от ширины сооружения. На поперечнике закрепляют кольями его концы, точку пересечения с осью трассы и точки перегиба скатов вправо и влево от оси трассы. На сторожках подписывают пикетные обозначения точек поперечников, например $\frac{\text{ПК}0 + 87,2}{Л25}$.

Через каждые 1,5 — 2 км трассы закладывают временные реперы, а через 15 — 25 км вне зоны влияния будущих земляных работ грунтовые реперы постоянного типа.

Одновременно с разбивкой пикетажа по обеим сторонам от оси трассы производят контурную съемку полосы местности шириной 100 — 200 м. Обычно в полосе шириной до 25 м влево и вправо от трассы съемку ситуации выполняют способом ординат с использованием мерной ленты, эккера и вех; съемка полосы от 25 до 50 — 100 м в обе стороны от трассы выполняется глазомерно.

Данные по разбивке пикетажа и результаты съемки ситуации заносят в пикетажную книжку, которая ведется в масштабе 1:1000 — 1:5000 на листах миллиметровой бумаги (рисунок 3, в). На каждой станции пикетажной книжки проводится ось трассы, показываются расположения пикетов, плюсовых точек на поперечниках, вершин углов поворота и их обозначения с элементами кривых, характерных точек ситуации, даются необходимые размеры, полученные в результате съемки, с пояснительными записями; повороты трассы показывают стрелками.

Разбивка закруглений на трассе. Прямолинейные участки дороги в углах поворотов сопрягаются плавными кривыми, из которых наиболее простой является круговая кривая (рисунок 4, а).

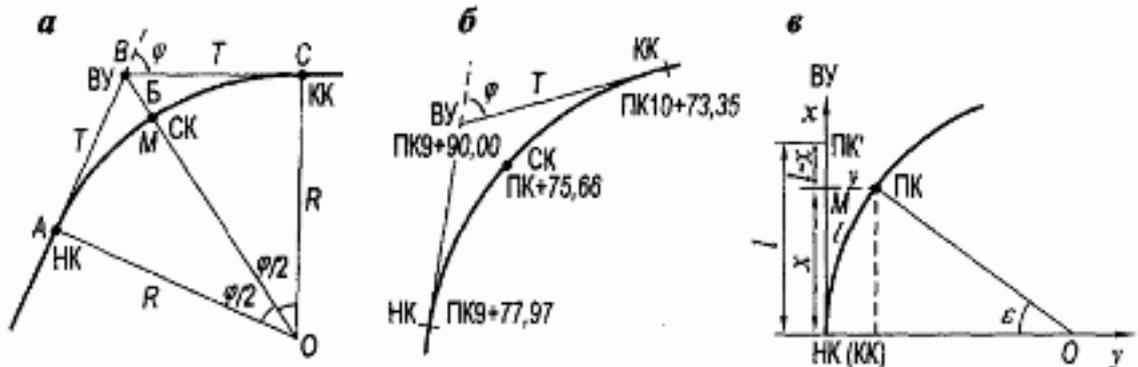


Рисунок 4 – Схема разбивки закруглений:

а – схема разбивки кривой в главных точках; б – пикетажное обозначение главных точек кривой; в – схема выноса пикетов на кривую

Разбивка кривой в главных точках. Разбивка ее на местности заключается в определении планового положения трех главных точек: начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). Положение этих точек определяют по основным элементам кривой, к которым относятся: угол поворота трассы φ , радиус кривой K , тангенс T – длина касательной, кривая K – длина дуги, домер D и биссектриса B .

Угол поворота трассы рассчитывается по измеренному горизонтальному углу в точке поворота; величина радиуса кривой назначается исходя из условий местности и технических параметров и нормативов. По углу поворота φ и радиусу K рассчитывают элементы T , K , B , и D по следующим формулам:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \quad (5)$$

$$K = \frac{\varphi}{180^0} \cdot \pi R \quad (6)$$

$$B = \sqrt{T^2 + R^2} - R = 2R \frac{\sin^2 \varphi / 4}{\cos \varphi / 2} \quad (7)$$

$$D = 2T - K \quad (8)$$

Обычно величины T , K , B , D вычисляют непосредственно в поле, пользуясь специальными таблицами для разбивки круговых кривых (приложение 2), или с помощью микрокалькулятора.

Для обозначения на местности главных точек HK и KK от вершины угла поворота BV в обе стороны по трассе откладывают мерной лентой величину T и забивают колышки. Затем с помощью теодолита отмечают направление биссектрисы и, отложив величину B , получают точку CK .

Следует помнить, что разбивка пикетажа в районе закруглений ведется по тангенсам. Поскольку сумма двух касательных всегда больше длины кривой, т. е. $2T > K$, то пикеты, расположенные за кривой, следует вынести вперед по ходу трассы на величину домера D . При больших значениях тангенсов разбивку начала и конца кривой производят не от вершины углов поворота, а от ближайших пикетов, для чего необходимо знать пикетажные обозначения этих точек.

После закрепления на местности главных точек кривой производят вынос пикетов на кривую.

Вынос пикетов на кривую. При разбивке трассы на участках закруглений пикеты временно закрепляют на тангенсах, а затем переносят на кривую. Задачу по выносу пикетов на кривую решают способом прямоугольных координат; при этом начало координат условно располагают в точках HK и KK , за оси абсцисс принимают направление тангенсов, а за оси ординат – направление по радиусам из точек HK и KK к центру кривой O (рис. 103, в).

Сначала устанавливают, в какой половине кривой находится выносимый пикет. Для этого находят длину дуги l между пикетом и HK .

Если $l < 1/2K$, то пикет находится в первой половине кривой, а при $l > 1/2K$ – во второй. Определяют центральный угол ε , стягивающий дугу l , по формуле

$$\varepsilon = \frac{180^0}{\pi R} l \quad (9)$$

Вычисляют прямоугольные координаты пикета

$$x = R \sin \varepsilon ; \quad y = 2R \sin^2 \varepsilon / 2 \quad (10)$$

По вычисленным координатам переносят пикеты на кривую. Для этого мерной лентой откладывают от HK (KK) по тангенсу величину x в точке M с помощью экера восстанавливают перпендикуляр и, отложив величину y , закрепляют пикет.

Нивелирование трассы. Для определения высот точек трассы по трассе прокладывают нивелирный ход, в который включают все постоянные и вре-

менные реперы. Абсолютная отметка нулевого пикета находится из привязки к пунктам нивелирной сети.

Нивелирование выполняется техническим нивелиром способом из середины. Расстояние от нивелира до реек принимается в среднем равным 100 м, при особо благоприятных условиях – до 150 м, при неблагоприятных – 50 м и менее.

На каждой станции две точки пикетажа являются связующими, а остальные – обычно *промежуточными*. Длинные поперечники в условиях сложного рельефа нивелируют отдельными ходами. При расстояниях от нивелира до реек $l = 50$ м связующими служат все пикетные точки ($ПК0, 1, 2, 3, \dots$), при $l = 100$ м – пикетные точки с четными номерами ($ПК0, 2, 4, \dots$), при $l = 150$ м — каждая третья пикетная точка ($ПК0, 3, 6, \dots$). При сложном рельефе связующими могут быть также плюсовые точки.

Нивелир на станции устанавливают примерно на равных расстояниях от связующих точек в створе или вне створа нивелируемой линии; разность плеч не должна превышать 10 м. Установка нивелира проводится по круглому уровню. При работе нивелиром с цилиндрическим уровнем перед взятием отсчета по рейке пузырек цилиндрического уровня тщательно выводится в нуль-пункт с помощью элевационного винта; с целью ослабления влияния вертикальной рефракции отсчеты по рейке должны быть не менее 200 мм.

Нивелирование может выполняться с двухсторонними рейками при одном горизонте либо с односторонними рейками при двух горизонтах прибора. Рейки устанавливаются в отвесное положение по круглому уровню или «на глаз». При отсутствии уровня для снижения погрешности за наклон реек при взятии отсчетов, больших 1000 мм, рекомендуется покачивать их в плоскости визирования, беря при этом минимальные отсчеты.

При использовании двухсторонних реек работа на станции выполняется в следующем порядке.

1. Нивелир устанавливают посередине между связующими точками, например, $ПК0$ и $ПК1$ и приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Последовательно визируют на заднюю ($ПК0$) и переднюю ($ПК1$) связующие точки и берут отсчеты с точностью до миллиметра по черным сторонам реек только по среднему штриху сетки ($a_ч, b_ч$). Результаты наблюдений заносят в соответствующие графы полевого журнала нивелирования (таблица 1).

2. Реечники поворачивают рейки красной стороной к наблюдателю; наблюдатель, визируя сначала на переднюю, а затем на заднюю рейки, берет отсчеты соответственно $b_{кр}$ и $a_{кр}$.

3. Выполняют контроль измерения на станции, для чего вычисляют превышения по черной и красной сторонам реек:

$$h_ч = a_ч - b_ч; h_{кр} = a_{кр} - b_{кр} \quad (11)$$

и сравнивают их между собой; расхождения в превышениях с учетом разности пятков пары реек не должны превышать 10 мм, т. е. $|h_ч - h_{кр}| \leq 10$ мм.

В приведенном примере разность пятков пары реек равна нулю. При соблю-

дении данного условия за окончательное значение превышения принимается среднее $h_{cp} = \frac{h_u + h_{кр}}{2}$; в противном случае наблюдения на станции повторяют заново.

4. Задний реечник последовательно устанавливает рейку на промежуточные точки; наблюдатель на каждой точке берет отсчет по черной стороне рейки (c_1 c_2). Затем нивелир переносят на следующую станцию и повторяют наблюдения в той же последовательности.

Если нивелирование выполняется с односторонними рейками при двух горизонтах прибора, то порядок операций на станции остается тем же, что и при работе с двухсторонними рейками. Отсчеты при втором горизонте прибора играют роль отсчетов по красной стороне рейки; при этом разница горизонтов прибора должна быть не менее ± 100 мм.

Для исключения грубых и ослабления влияния случайных погрешностей нивелирование производят с контролем, хода, осуществляемым одним из следующих способов.

1. Нивелирование трассы двумя нивелирами. При этом одним нивелиром нивелируют все связующие и промежуточные точки, а вторым — только связующие, от которых зависит правильность передачи отметок по трассе. Данный способ обеспечивает надежный контроль нивелирования путем сличения превышений между одноименными связующими точками; их разность не должна превышать 10 мм.

2. Нивелирование трассы одним нивелиром в прямом и обратном направлениях (двойное нивелирование). В этом случае в прямом ходе нивелируют все связующие и промежуточные точки, а в обратном — только связующие. Как и в первом способе, разница в превышениях между одноименными связующими точками, определенных из прямого и обратного ходов, не должна превышать 10 мм.

Обработку журналов нивелирования начинают с проверки всех записей и вычислений, выполненных в поле. С целью выявления возможных погрешностей в вычислениях на каждой странице журнала выполняют постраничный контроль. Он заключается в подсчете сумм отсчетов на связующие точки по задней (Σa) и передней (Σb) рейкам, а также сумм превышений по черной и красной сторонам реек и средних превышений на станциях (таблица 1); при этом должно соблюдаться равенство

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{cp} \quad (12)$$

Расхождения в 1 — 2 мм могут возникнуть за счет округления значений средних превышений до целого числа миллиметров. Отсчеты по рейкам на промежуточных точках в постраничном контроле не участвуют. Невязка представляет собой разность суммы измеренных средних превышений $\sum h_{cp}$ и известного (теоретического) превышения между конечной и начальной точками хода, т. е.

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_{мер} \quad (13)$$

При этом возможны следующие случаи.

1. *Нивелирный ход проложен между двумя реперами.* В этом случае фактическая высотная невязка хода

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_{кон} - H_{нач}) \quad (14)$$

где $(H_{кон} - H_{нач}) - n_o$ — известное превышение между конечной и начальной точками хода.

2. *Замкнутый нивелирный ход.* Поскольку ход начинается и заканчивается на одной и той же точке, то известное превышение $h_o = 0$.

$$f_h = \sum h_{cp} \quad (15)$$

3. *Висячий нивелирный ход,* опирающийся на одну твердую точку. Если нивелирование хода выполнялось двумя нивелирами, то сумма превышений $\sum h_I$ для первого нивелира должна равняться сумме превышений $\sum h_{II}$ для второго нивелира. Следовательно,

$$f_h = \sum h_I - \sum h_{II} \quad (16)$$

При нивелировании хода в прямом и обратном направлениях сумма превышений прямого хода $\sum h_{np}$ должна равняться сумме превышений обратного хода $\sum h_{обр}$, по абсолютной величине, но с противоположным знаком. Тогда

$$f_h = \sum h_{np} - \sum h_{обр} \quad (17)$$

Как уже отмечалось ранее, фактическая высотная невязка хода технического нивелирования не должна превышать *допустимую*, определяемую по формуле (4).

Если $f_h < f_{h_{дон}}$, то фактическую невязку f_h распределяют с обратным, знаком поровну на все превышения хода, т. е. поправка в превышение

$$\delta_h = \frac{f_h}{n} \quad (18)$$

где n — число станций в ходе.

Поправки вычисляются с округлением до 1 мм; при этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta_h = -f_h \quad (19)$$

Исправленные (увязанные) превышения вычисляют по формуле

$$h_{i_{исп}} = h_i + \delta_h \quad (20)$$

По исправленным превышениям вычисляют отметки связующих точек

$$H_n = H_{n-1} + h_{i_{исп}} \quad (21)$$

где H_n — вычисляемая отметка; H_{n-1} — отметка предыдущей точки хода. Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является соблюдение условия $H_{нач} = H_{кон} + \sum h_{исп}$

После увязки нивелирного хода и определения отметок связующих точек вычисляют отметки промежуточных точек через горизонт прибора $ГП$.

Для этого на станции дважды вычисляют $ГП$ относительно задней и передней связующих точек и из двух значений берут среднее:

$$ГП' = H_з + a_ч; ГП'' = H_n + b_ц; ГП = \frac{ГП' + ГП''}{2} \quad (22)$$

где $H_з$ и H_n — отметки задней и передней связующих точек; $a_ч$, $b_ц$ — отсчеты по черным сторонам реек, установленных на задней и передней связующих точках.

Составление профиля трассы. Продольный профиль трассы является важнейшим итоговым документом инженерно-технического нивелирования; он необходим для проектирования, строительства и использования в процессе эксплуатации сооружения.

Профиль трассы (рисунок 5) строят, пользуясь журналом нивелирования и пикетажным журналом, на миллиметровой бумаге, без измерителя и масштабной линейки. Для наглядности высоты точек профиля откладывают в более крупном масштабе, чем горизонтальные проложения. Горизонтальный и вертикальный масштабы поперечных профилей одинаковы — 1 : 500.

Построение профиля начинают с прочерчивания линии условного горизонта (УГ), от которой откладывают высоты точек с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля находилась на 1...3 см выше этой линии. Ниже линии УГ условного горизонта строят сетку профиля и проводят ряд параллельных линий, ограничивающих графы (строки) профиля. Для определенного типа сооружений установлено стандартное содержание и расположение линий и граф сетки, назначение которых определяется подписями.

На линии УГ откладывают пикеты и плюсовые точки в соответствующем горизонтальном масштабе. На перпендикулярах в этих точках откладывают в вертикальном масштабе профильные отметки, определяемые как разности абсолютных отметок точек и условного горизонта, т. е.

$$H_{проф} = H_{abc} - УГ \quad (23)$$

Соединив концы перпендикуляров, получают фактический (черный) профиль трассы.

При проектировании на профиле строят проектную линию, которая в будущем после выполнения инженерных работ заменит собой фактический профиль трассы. Проектную линию выбирают с учетом минимума земляных работ по выемке и насыпке грунта. При этом выбранный проектный уклон не должен превышать (либо быть менее) заданной величины, устанавливаемой согласно техническим требованиям для данного типа сооружений.

Рассчитывают проектный уклон трассы по формуле:

$$i = \frac{h}{d} = \frac{H_{\kappa}^{np} - H_0^{np}}{d} \quad (24)$$

где $h = H_{\kappa}^{np} - H_0^{np}$ — превышение концов проектной линии;

d — горизонтальная длина этой линии;

H_{κ}^{np} , H_0^{np} — проектные отметки конца и начала проектной линии, которые снимают графически с профиля.

Вычисляют проектные отметки точек трассы по формуле

$$H_n^{np} = H_o^{np} + i_{np} \cdot d_n \quad (25)$$

где H_o^{np} — проектная отметка начальной точки участка трассы;

i_{np} — проектный уклон линии на данном участке;

d_n — горизонтальное расстояние от начальной до n -й точки участка трассы.

Рассчитывают рабочие отметки точек трассы как разность проектной (красной) и фактической отметок соответствующей точки, т. е.

$$h_i^{раб} = H_i^{np} - H_i \quad (26)$$

Рабочие отметки определяют высоту насыпи (знак «плюс») либо глубину выемки (знак «минус») грунта в данной точке трассы и являются основными показателями для производства земляных работ.

Точки пересечения профиля с проектной линией называются точками нулевых работ. Поскольку рабочие отметки в этих точках равны нулю, в них не требуется производить земляные работы. Положение этих точек на трассе необходимо знать с точностью до 0,1 м, так как от них ведутся земляные работы. Поэтому для выноса точек нулевых работ в натуру расстояния до них от ближних точек пикетажа вычисляют аналитически.

Определяют расстояния до точек нулевых работ от ближайшей точки пикетажа с точностью до 0,1 м по формуле

$$x = \frac{h_1^{раб}}{h_1^{раб} + h_2^{раб}} d_1 \quad (27)$$

где $h_1^{раб}$, $h_2^{раб}$ — рабочие отметки точек пикетажа, между которыми располагается искомая точка нулевых работ;

d — горизонтальное расстояние между этими точками.

Тогда отметка точки нулевых работ определится по формуле

$$H_{НР} = H_{нач}^{np} + i_{np} x \quad (28)$$

где $H_{нач}^{np}$ — проектная отметка начальной точки пикетажа, предшествующей точке нулевых работ.

Графы 1 и 2 «Уклоны в тысячных» и «Проектные отметки» оставляют для записи результатов нанесения на профиль проектной линии.

В графе 3 записывают высоты пикетов и полюсовых точек из журнала нивелирования с округлением до 0,01 м, называемых фактическими отметками.

В графе 4 записывают горизонтальные проложения между точками профиля с известными высотами. Расстояние между пикетами 100 м в графу не записывают. Под графой подписывают номера пикетов.

В графе 5 оформляют план прямых вставок и кривых участков трассы согласно расчету пикетажных обозначений главных точек кривой. Между главными точками в виде дуги обозначают кривую, выпуклостью вверх при правом угле поворота трассы и вниз — при левом угле. В пределах дуги за-

писывают все шесть элементов кривой. Для прямых вставок записывают горизонтальные проложения, а под ними их румбы. Сумма прямых вставок и кривых должна быть равна длине трассы от нулевого до последнего пикета.

В графе 6 шириной 2 см изображают план местности в виде прямой полосы, на который наносят контуры ситуации, стрелками — углы поворота и расположение исходных реперов. Контуры ситуации показывают условными знаками, а водные поверхности — синей акварельной краской слабого тона.

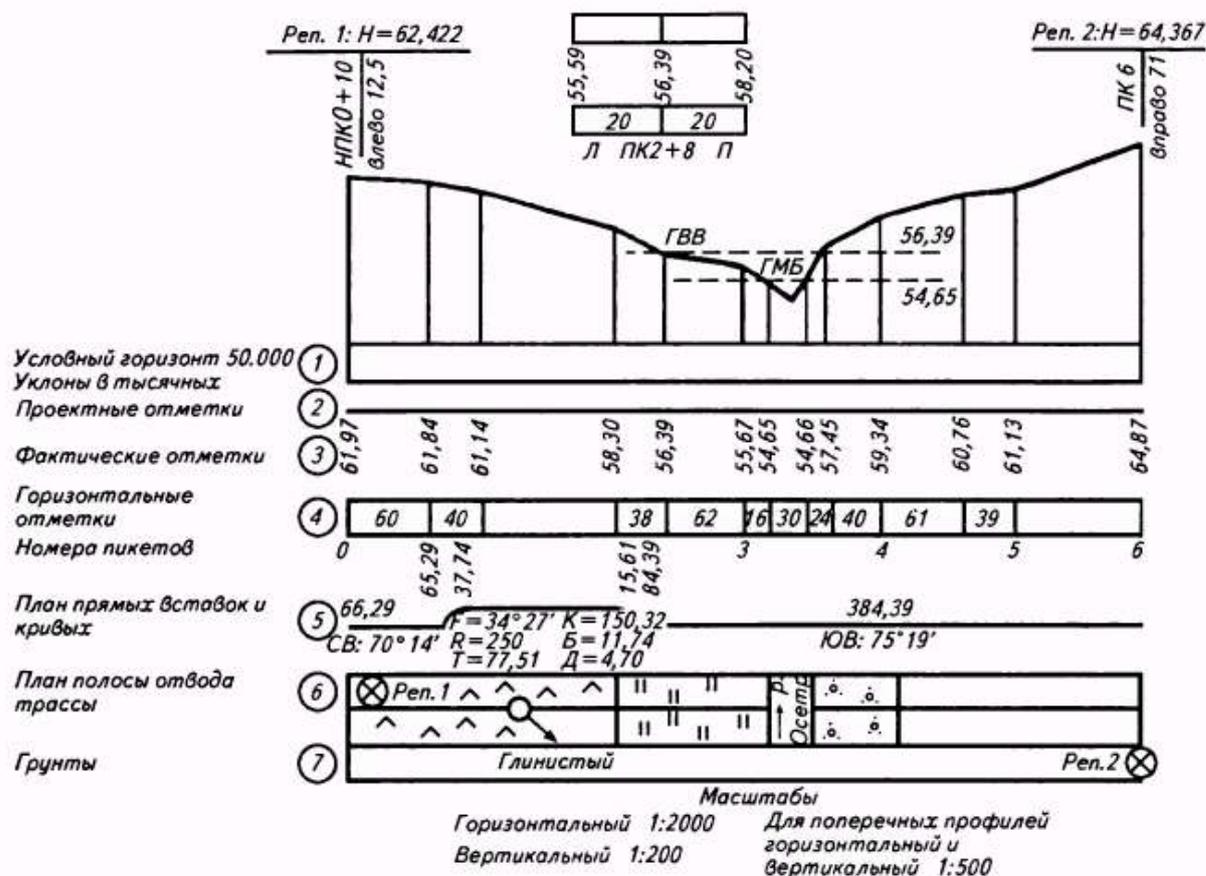


Рисунок 5 – Профиль трассы

В графе 7 записывают название грунтов, по которым пролегает трасса. В верхней части профиля подписывают точки привязки к реперам, их высоты, номера и положение относительно трассы. У реки отмечают уровень внешних вод (УВВ) и уровень меженных вод (УМВ). Поперечные профили строят над соответствующими точками трассы.

3 Обработка результатов нивелирования линейного сооружения

3.1 Исходные данные для проектирования

Для проектирования профиля дороги по намеченной трассе проложен ход технического нивелирования между исходными реперами 7 и 8. Нивелирование выполнялось нивелиром 2Н-10КЛ с использованием двухсторонних реек РН-3 способом из середины. Расстояние между пикетами 100 м. На точке трассы ПК2 + 40 разбит поперечный профиль длиной по 25 м влево и вправо от оси трассы. Схема трассы приведена в пикетажном журнале (рисунок 6).

Трасса имеет два поворота в точках $BУ1$ и $BУ2$; направление трассы после ее поворота показано стрелками.

Журнал технического нивелирования приведен в таблица 1. Приведенные в журнале отсчеты по рейкам являются общими для всех вариантов. Варианты заданий приведены в приложении I.

В соответствии с вариантом индивидуального задания задаются следующие данные:

- отметки исходных реперов $Pn7$ и $Pn8$;
- отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки (станция 9) и задней рейки (станция 10) на ПК6;
- пикетажное обозначение конца трассы;
- пикетажные обозначения вершин углов поворота трассы $BУ1$ и $BУ2$, значения углов поворота (φ и φ_2 и радиусы кривых R_1 и R_2 ;
- дирекционный угол начального прямолинейного участка трассы α_1

3.2 Обработка полевого журнала нивелирования трассы

Обработка журналов включает в себя определение превышений между связующими точками, постраничный контроль вычислений, увязку превышений, вычисление отметок связующих и промежуточных точек.

Перед началом вычислений в полевой журнал выписывают недостающие данные в соответствии с номером варианта задания: отметки исходных реперов $Pn7$ и $Pn8$, отсчеты по рейкам на станциях 9 и 10 и пикетажное обозначение конца трассы. Порядок обработки полевого журнала нивелирования рассмотрен на конкретном примере (см. таблица 1).

1. Вычисляют превышения между связующими точками, используя отсчеты по черным ($a_{ч}$, $b_{ч}$) и красным ($a_{кр}$, $b_{кр}$) сторонам задней и передней реек (11)

Если разность значений не превышает 10 мм, то находят среднее значение вычисленных превышений с округлением до 1 мм.

В рассматриваемом примере на станции 1:

$$h_{ч} = 0346 - 2778 = -2432 \text{ мм};$$

$$h_{кр} = 5033 - 7467 = -2434 \text{ мм};$$

$$h_{ср} = -2433 \text{ мм и т.д.}$$

2. Выполняют постраничный контроль используя равенство (12)

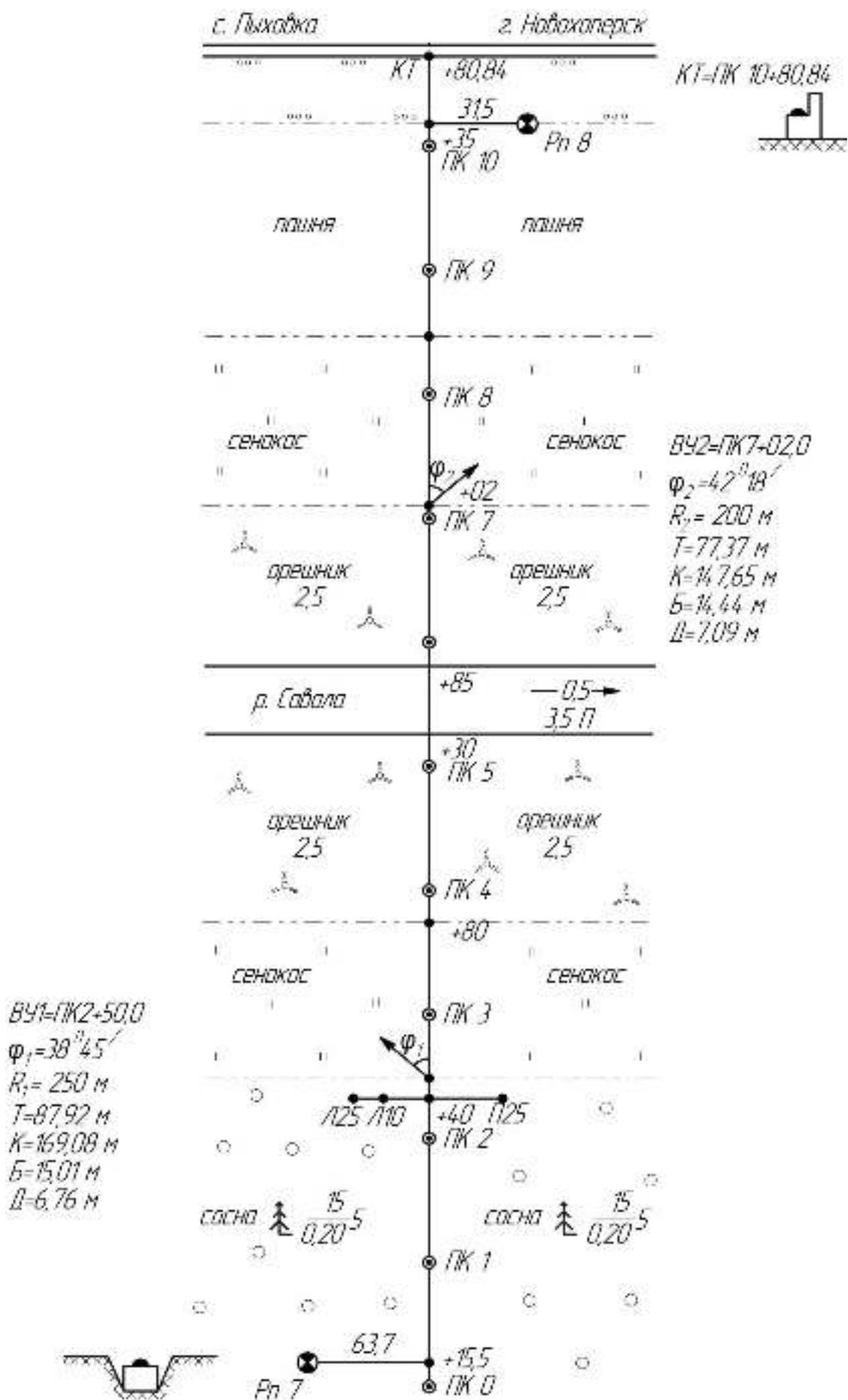


Рисунок 6 – Пикетажный журнал

Таблица 1 Журнал технического нивелирования трассы автодороги

Дата «__» _____ 201_г

Наблюдал(а) _____ Погода _____

Вычислял(а) _____ Нивелир 2Н-10КЛ № _____

Номер станции	Номер пикета	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения h , мм	Среднее пре- вышение h_{cp} , мм	Отметки H , м	Горизонт при- бора ГП, м
		зад- ний, а	перед- ред- ний, b	про- межу- точ- ный, с				
1	Рп7	0346 <u>5033</u> 4687			-2432	+2 -2433	131,182	
	ПК0		2778 <u>7467</u> 4689		-2434	-2431	128,751	
2	ПК0	1861 <u>6550</u> 4689			+702	+2 +703	128,751	
	ПК1		1159 <u>5846</u> 4687		+704	+705	129,456	
3	ПК1	0219 <u>4906</u> 4687			-2767	+2 -2767	129,456	
	X ₁		2986 <u>7673</u> 4687		-2767	-2765	126,691	
4	X ₁	0074 <u>4762</u> 4688			-2884	+2 -2884	126,691	
	ПК2		2958 <u>7645</u> 4687		-2883	-2882	123,809	
Постраничный контроль $\sum a = 23751; \sum b = 38512; \sum h = -14761; \sum h_{cp} = -7381$ $\frac{\sum a - \sum b}{2} = -7380; \quad \frac{\sum h}{2} = -7380$								

Продолжение таблицы 1

Номер станции	Номер пикета	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения h , мм	Среднее превышение h_{cp} , мм	Отметки H , м	Горизонт при-бора ГП, м
		зад-ний, а	перед-ред-ний, b	про-межу-точный, с				
5	ПК2	0348 <u>5035</u> 4687			-787	+2 -786	123,809	124,157
	ПК2+40			1666			122,492	124,158
	П.25			0135			124,023	
	Л.10			2690			121,468	
	Л.25			0870			123,288	
	ПК3	0113 <u>4799</u> 4686			-785	-784	123,025	124,160
6	ПК3	0113 <u>4799</u> 4686			-619	+2 -620	123,025	
	ПК4		0732 <u>5419</u> 4687		-620	-618	122,407	
7	ПК4	0728 <u>5413</u> 4685			-2131	+2 -2132	122,407	
	X ₂		2859 <u>7546</u> 4687		2133	-2130	120,277	
Постраничный контроль $\sum a = 16436; \sum b = 23511; \sum h = -7075; \sum h_{cp} = -3538$ $\frac{\sum a - \sum b}{2} = -3538; \quad \frac{\sum h}{2} = -3538$								

Продолжение таблицы 1

Номер станции	Номер пикета	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения h , мм	Среднее превышение h_{cp} , мм	Отметки H , м	Горизонт при-бора ГП, м
		зад-ний, а	перед-ред-ний, b	про-межу-точный, с				
8	X ₂	0050 <u>4735</u> 4685			-1040	+1 -1040	120,277	
	ПК 5		1090 <u>5776</u> 4686		-1041	-1039	119,238	
9	ПК5	1501 <u>6188</u> 4687			+444	+2 +445	119,238	120,739
	ПК5+30	Урез воды		2877			117,863	
	ПК5+85	Урез воды		2881			117,859	120,740
	ПК6		1057 <u>5742</u> 4685		+446	+447	119,685	120,742
10	ПК6	2249 <u>6934</u> 4685			+2002	+2 +2002	119,685	
	ПК7		0247 <u>4932</u> 4685		+2002	+2004	121,689	
11	ПК7	2734 <u>7421</u> 4687			+807	+2 +808	121,689	
	ПК8		1927 <u>6612</u> 4685		+809	+810	122,499	
Постраничный контроль $\sum a = 31810; \sum b = 27383; \sum h = +4429; \sum h_{cp} = +2215$ $\frac{\sum a - \sum b}{2} = +2114; \quad \frac{\sum h}{2} = +2214$ $\sum h = -5112 \text{ мм}; \quad \sum h_{теор} = H_{кон} - H_{нач} = 5083 \text{ мм}$								

Продолжение таблицы 1

Номер станции	Номер пикета	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения h , мм	Среднее превышение h_{cp} , мм	Отметки H , м	Горизонт при-бора ГП, м
		зад-ний, а	перед-ред-ний, b	про-межу-точный, с				
12	ПК8	1891 <u>6576</u> 4686			+1459	+2 +1459	122,499	124,390
	ПК8+50			2510			121,881	124,391
	ПК9		0432 <u>5117</u> 4885		+1459	+1461	123,960	124,392
13	ПК9	2330 <u>7016</u> 4686			+711	+2 +712	123,960	
	ПК10		1619 <u>6303</u> 4684		+713	+714	124,674	
14	ПК10	1591 <u>6278</u> 4687			+896	+2 +895	124,674	
	ПК10+35		0695 <u>5382</u> 4687		+894	+897	125,571	
15	ПК10+35	1317 <u>6001</u> 4684			+527	+2 +526	125,571	126,888
	КТ ПК10+80,84			2601			124,287	126,888
	Рп8		0790 <u>5476</u> 4686		+525	+528	126,099	126,889
Постраничный контроль $\sum a = 33000; \sum b = 25714; \sum h = +7184; \sum h_{cp} = +3592$ $\frac{\sum a - \sum b}{2} = +3593; \quad \frac{\sum h}{2} = +3592$ $f_h = \sum h - \sum h_{мер} = -29 \text{ мм}; \quad f_{h_{дон}} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = 52 \text{ мм}$								

3. Вычисляют высотную невязку хода для случая когда нивелирный ход проложен между двумя реперами по формуле (14)

При этом $H_{кон} = H_{ПК8}$; $H_{нач} = H_{ПК7}$ — отметки, соответственно, конечной и начальной точек хода.

Фактическая высотная невязка не должна превышать допустимую, равную для нашего примера:

$$f_h = -5,112 - (126,099 - 131,182) = -0,030 \text{ м} = -29 \text{ мм}$$

$$f_{h_{доп}} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{1,08} = 52 \text{ мм}$$

Поскольку $f_h < f_{h_{доп}}$ $29 \text{ мм} < 52 \text{ мм}$, то фактическую невязку распределяют с обратным знаком поровну на все превышения хода. Поправка в каждое превышение

$$\delta_h = \frac{-29 \text{ мм}}{15} = +2 \text{ мм}$$

где n — число станций в ходе.

Поправки вычисляют округляя до 1 мм и подписывают красной тушью над значениями средних превышений; при этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком (19).

4. Вычисляют исправленные (увязанные) превышения по формуле (20)

$$\text{Контроль: } \sum h_{испр} = \sum h_{теор} = H_{кон} - H_{нач}$$

5. По исправленным превышениям вычисляют отметки связующих точек (21) для нашего примера:

$$H_{ПК0} = H_{Рп7} + h_{1испр} = 131,82 + (-2,431) = 128,751 \text{ м};$$

$$H_{ПК1} = H_{ПК0} + h_{2испр} = 128,751 + (+0,705) = 129,456 \text{ м};$$

.....

$$H_{Рп8} = H_{ПК10+35} + h_{15испр} = 125,571 + (+0,528) = 126,099 \text{ м}.$$

Контролем правильности вычислений отметок связующих точек является получение известной отметки конечной точки хода ($H_{Рп8} = 126,099 \text{ м}$).

6. Вычисляют отметки промежуточных точек хода через горизонт прибора $ГП$ (22). Например, для станции 12 имеем:

$$ГП'_{12} = H_{ПК8} + a_{12} = 122,499 + 1,891 = 124,390 \text{ м};$$

$$ГП''_{12} = H_{ПК9} + b_{12} = 123,960 + 0,432 = 124,392 \text{ м};$$

$$ГП_{12} = \frac{ГП'_{12} + ГП''_{12}}{2} = \frac{124,390 + 124,392}{2} = 124,391 \text{ м}.$$

$$H_{ПКЛ+50} = ГП_{12} - c_{12} = 124,391 - 2,510 = 121,881 \text{ м}.$$

где c_{12} — отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточной точке $ПК8+50$.

Отметки других промежуточных точек, включая точки поперечного профиля, вычисляют аналогично.

3.3 Расчет элементов закруглений и разбивка кривых в главных

Полученные значения элементов кривой записывают в пикетажный журнал (см. рисунок 6).

2. Пикетажное обозначение главных точек кривой (рисунок 7, б):

Пикетажное обозначение *НК* и *КК*:

ВУ...ПК7+02,00		ВУ...ПК7+02,00
-	Контроль	+
$\frac{T \dots 77,37}{НК...ПК6+24,63}$		$\frac{T \dots 77,37}{ПК7+79,37}$
+		-
$\frac{К \dots 1+47,65}{КК...ПК7+72,28}$		$\frac{Д \dots 07,09}{КК...ПК7+72,28}$

Пикетажное обозначение *СК*:

НК...ПК6+24,63		КК...ПК7+72,28
+	Контроль	-
$\frac{0,5К \dots 73,82}{СК...ПК6+98,45}$		$\frac{0,5К \dots 73,82}{СК...ПК6+98,45}$

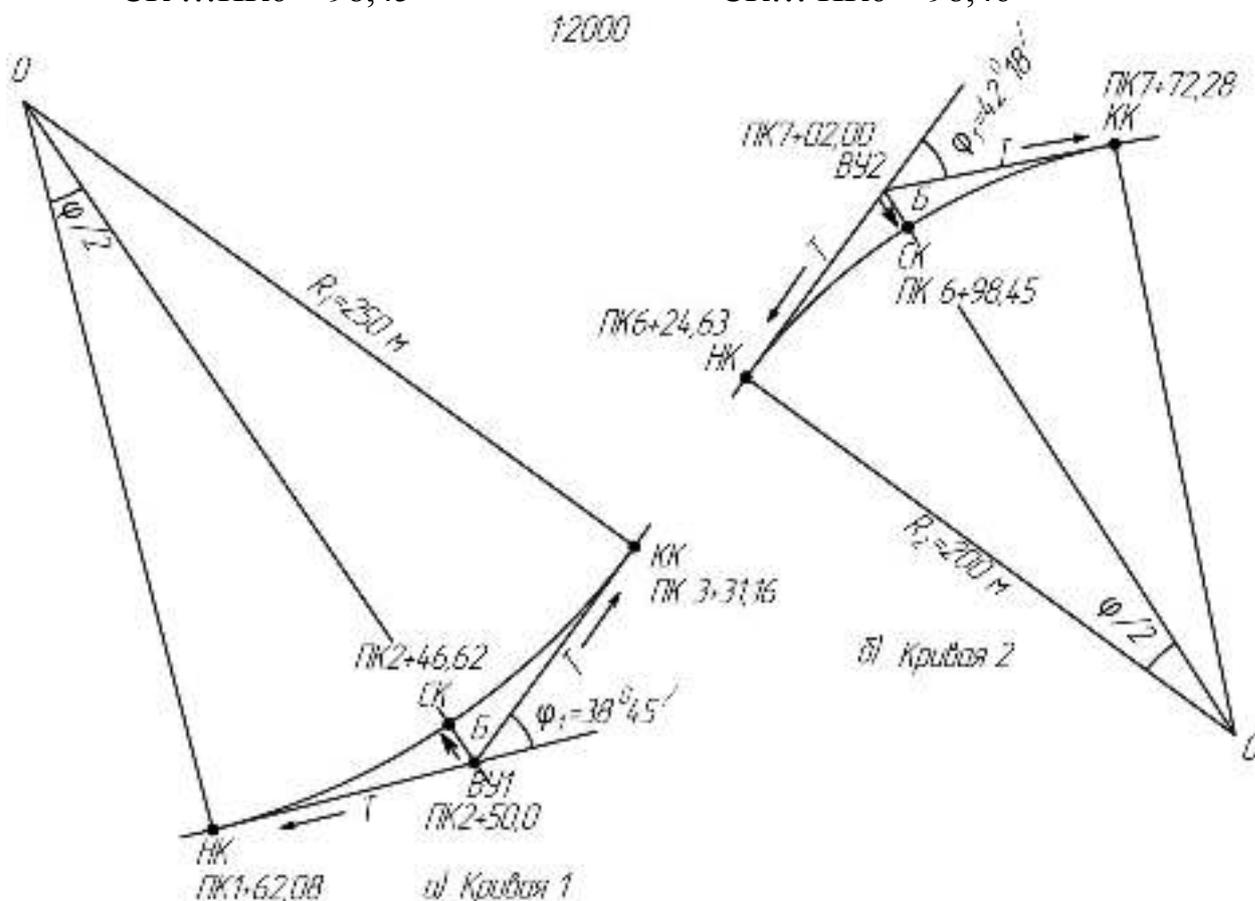


Рисунок 7 – Разбивка кривых в главных точках

3. По расчетным данным строят планы кривых (см. рис. 2) в масштабе 1:2000, на которых показывают элементы кривых и пикетажное обозначение их главных точек.

4. После окончания расчетов следует дать краткое описание порядка работ по выносу и закреплению на местности главных точек кривой.

3.4 Расчет данных для выноса пикетов на кривую

Вынос пикетов на кривую производится в процессе разбивки пикетажа способом прямоугольных координат. При этом начало координат условно располагают в точках *НК* или *КК*, за оси абсцисс (*x*) принимают направление тангенсов, а за оси ординат (*y*) — направления по радиусам из точек *НК* или *КК* к центру кривой *O* (рисунок 8).

Координаты пикетов и центральный угол, стягивающий дугу *l* по формулам (9), (10).

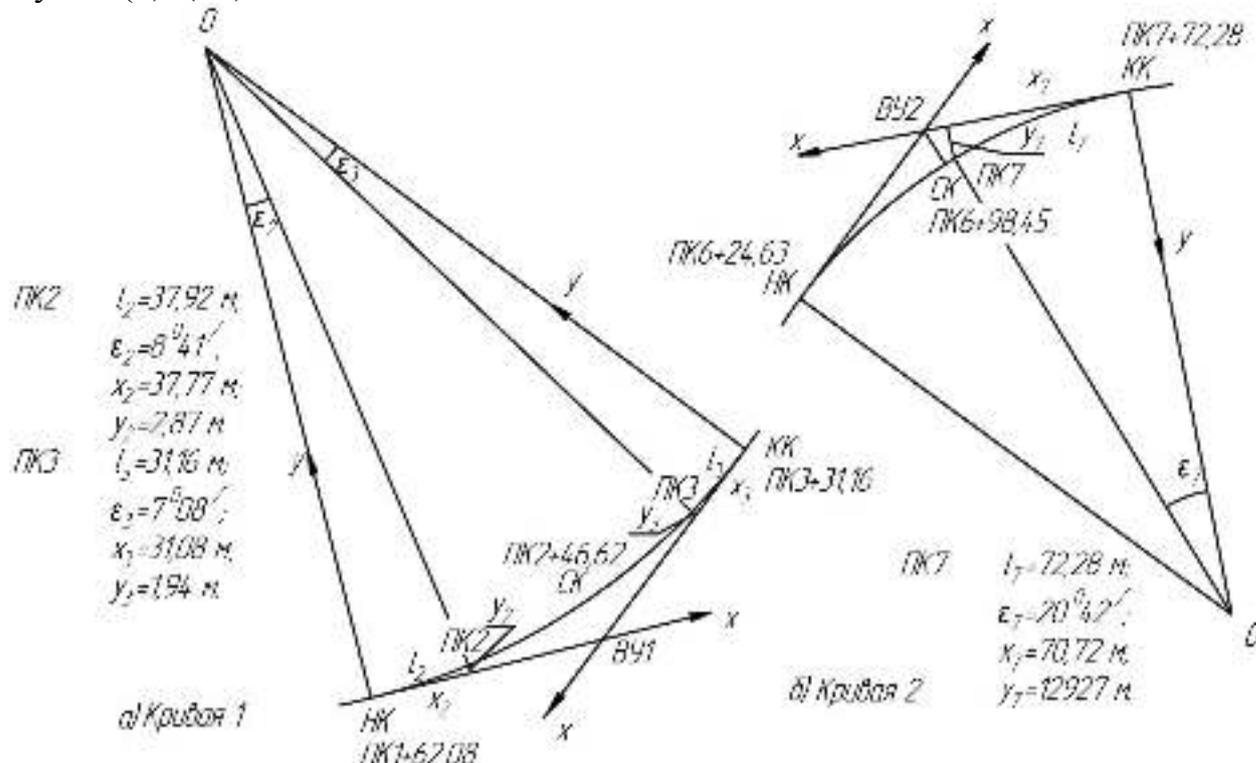


Рисунок 8 – Схемы выноса пикетов на кривые

Расчет данных для выноса пикетов на кривую рассмотрим на примере для кривой 1 (см. рисунок 8, а):

1. Пользуясь пикетажным обозначением, выявляют пикеты, которые должны располагаться на кривой. Поскольку $НК=ПК1+62,08$, а $КК=ПК3+31,16$, то на кривой будут находиться $ПК2$ и $ПК3$; при этом вынос на кривую пикета $ПК2$ удобно выполнить от $НК$, а $ПК3$ — от $КК$.

2. Находят длины дуг l_2 и l_3 для соответствующих пикетов:

$$l_2 = ПК2 - НК = ПК2 - (ПК1 + 62,08) = 37,92 \text{ м};$$

$$l_3 = КК - ПК3 = (ПК3 + 31,16) - ПК3 = 31,16 \text{ м};$$

3. Вычисляют центральные углы ε_2 и ε_3 :

$$\varepsilon_2 = \frac{180^{\circ}}{3,1416 \cdot 250} 37,92 = 8,6906^{\circ} = 8^{\circ}41'$$

$$\varepsilon_3 = \frac{180^{\circ}}{3,1416 \cdot 250} 31,16 = 7,1413^{\circ} = 7^{\circ}08'$$

4. Определяют координаты $ПК2$ в системе координат с началом в точке

НК:

$$x_2 = 250 \cdot 0,151099 = 37,77 \text{ м}; \quad y_2 = 250 \cdot 0,075767^2 = 2,87 \text{ м}.$$

5. Определяют координаты *ПКЗ* в системе координат с началом в точке

КК:

$$x_3 = 250 \cdot 0,124317 = 31,08 \text{ м}; \quad y_3 = 250 \cdot 0,062279^2 = 1,94 \text{ м}.$$

6. Аналогичным образом выполняют расчет данных для выноса *ПК7* на кривую 2:

$$l_7 = 72,28 \text{ м}; \quad \varepsilon_7 = 20^{\circ}42'; \quad x_7 = 70,72 \text{ м}; \quad y_7 = 12,92 \text{ м}.$$

7. По вычисленным координатам пикеты наносят на планы кривых.

8. Приводят краткое описание работ на местности по выносу и закреплению пикетов на кривой.

3.5 Расчет длин и дирекционных углов прямолинейных участков и составление плана трассы

Расчеты ведут в ведомости прямых и кривых (таблица 2), в которую выписываются основные точки трассы и их пикетажное обозначения, направления и углы поворотов трассы в точках *ВУ1* и *ВУ2* и рассчитанные ранее элементы кривых.

Как следует из рисунок 9, трасса включает 3 прямолинейных участка:

1 — от начала трассы *НТ* (*ПК0*) до точки *НК1* (*ПК1+62,08*);

2 — от *КК1* (*ПК3+31,16*) до точки *НК2* (*ПК6+24,63*);

3 — от *КК2* (*ПК7+72,28*) до конца трассы *КТ* (*ПК10+80,84*).

Тогда длины прямолинейных участков определяют как разность пикетажных обозначений последующей и предыдущей точек участка (столбец 10 табл. 2):

$$L_1 = НК1 - НТ = (ПК1 + 62,08) - ПК0 = 162,08 \text{ м};$$

$$L_2 = НК2 - КК1 = (ПК6 + 24,63) - (ПК3 + 31,16) = 293,47 \text{ м};$$

$$L_3 = КТ - КК2 = (ПК10 + 80,84) - (ПК7 + 72,28) = 308,56 \text{ м}.$$

Расстояния между вершинами углов поворота трассы определяют как (столбец 11 табл. 2):

$$S_1 = ВУ1 - НТ = (ПК2 + 50,00) - ПК0 = 250,00 \text{ м};$$

$$S_2 = T_1 + L_2 + T_2 = 87,92 + 293,47 + 77,37 = 458,76 \text{ м};$$

$$S_3 = T_2 + L_3 = 77,37 + 308,56 = 383,93 \text{ м};$$

$$\text{Контроль: } \sum_{i=1}^3 L_i + \sum_{i=1}^3 K_i = \sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^2 D = L$$

где L — общая длина трассы ($L = 1080,84 \text{ м}$).

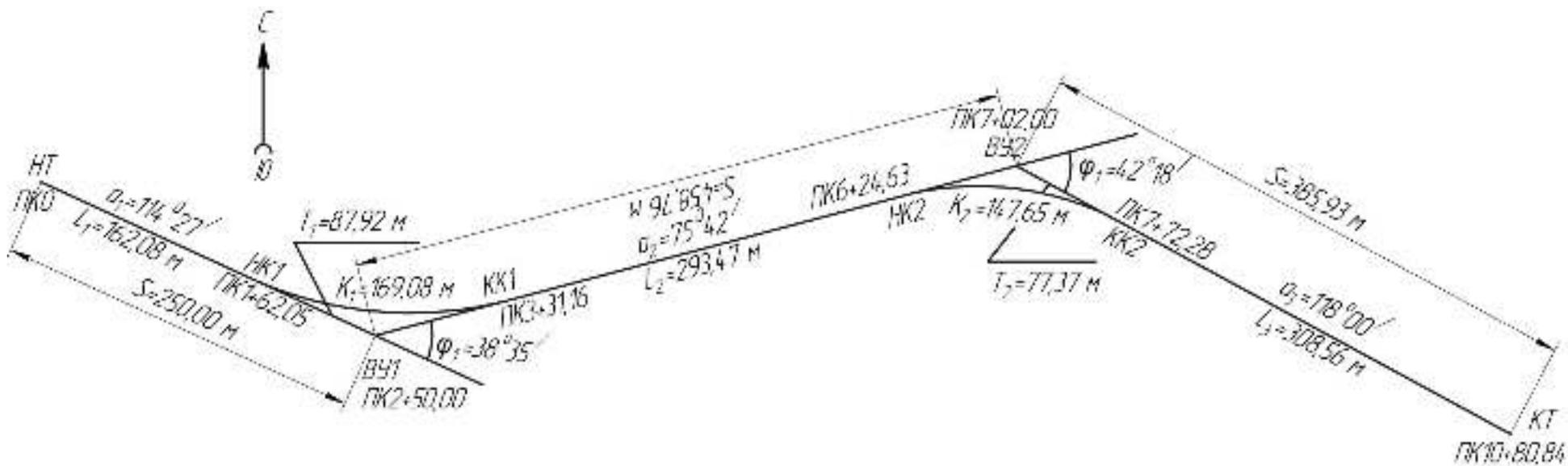


Рисунок 9 – Схема расположения прямых и кривых

Таблица 2 Ведомость прямых и кривых

Точки трассы	Пикетажные обозначения	Углы поворота		Элементы кривых					Длины, м		Направления прямолинейных участков	
		влево	вправо	<i>R</i>	<i>T</i>	<i>K</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	прямолинейных участков	между ВУ	дирекционный угол, <i>a</i>	румб, <i>r</i>
1	2	3	4	5	6	1	8	9	10	11	12	13
<i>HT</i>	ПК0								162,08	250,00	114°27'	<i>ЮВ: 65°33'</i>
<i>HK1</i>	ПК 1+62,08											
<i>ВУ1</i>	ПК2+50,00	38°45'		250,00	87,92	169,08	15,01	6,76				
<i>KK1</i>	ПК3+31,16								293,47	458,76	75°42'	<i>СВ: 75°42'</i>
<i>HK2</i>	ПК6+24,63											
<i>ВУ2</i>	ПК7+02,00		42°18'	200,00	77,37	147,65	14,44	7,09				
<i>KK2</i>	ПК7+72,28								308,56	385,93	118°00'	<i>ЮВ: 62°00'</i>
<i>KT</i>	ПК10+80,84											

$$\begin{aligned} \text{Контроль: } \sum & 764,11 & 1094,69 \\ \sum K & = 316,73 & \sum D = 13,85 \\ & 1080,84 & 1080,84 \end{aligned}$$

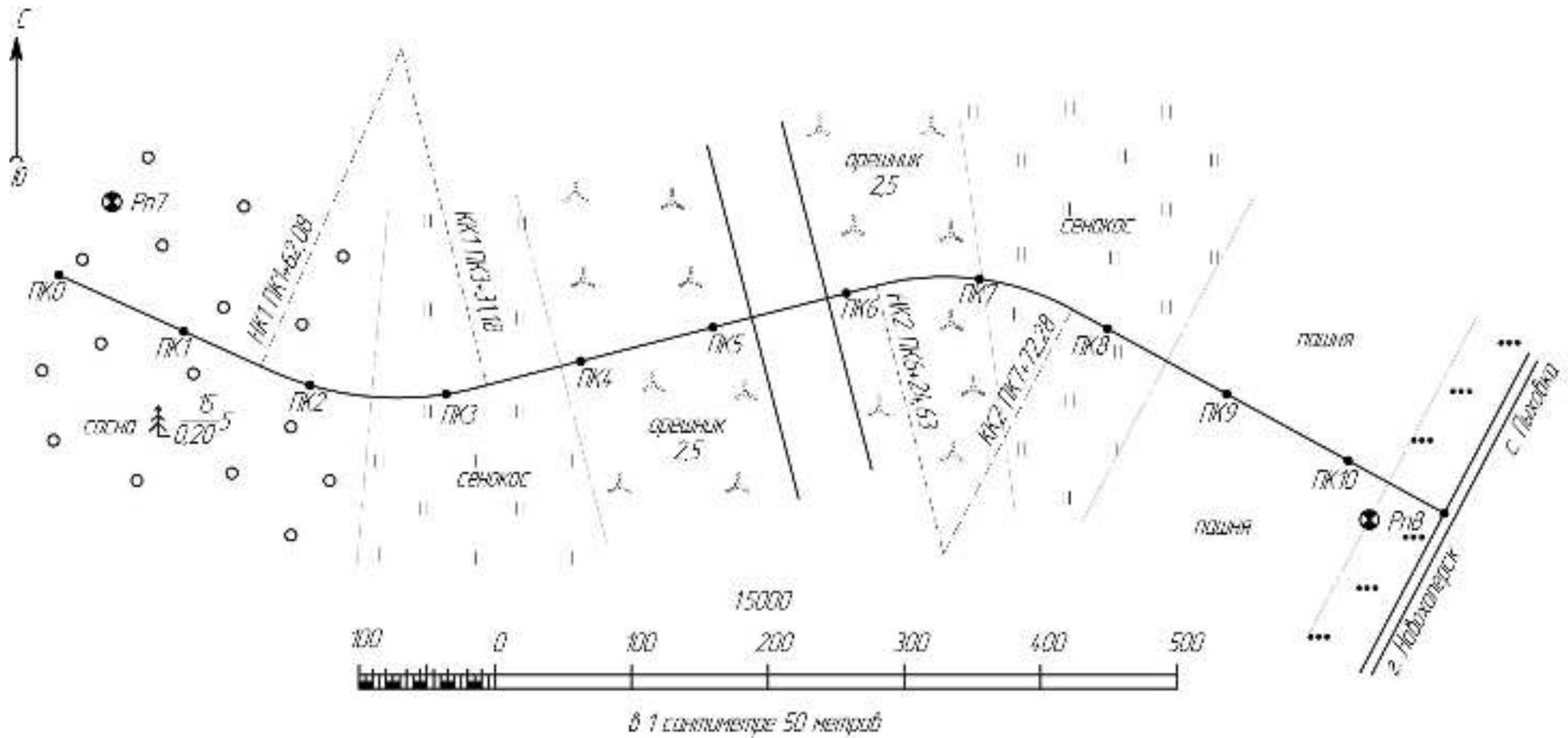


Рисунок 10 – План трассы проектируемой автодороги

Согласно заданию, дирекционный угол первого прямолинейного участка известен ($\alpha_1=114^\circ 27'$). Тогда дирекционные углы последующих прямолинейных участков определяют через углы поворота трассы:

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \varphi_1 = 114^\circ 27' - 38^\circ 45' = 75^\circ 42';$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \varphi_2 = 75^\circ 42' + 42^\circ 18' = 118^\circ 00';$$

$$\text{Контроль: } \alpha_3 - \alpha_1 = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$118^\circ 00' - 114^\circ 27' = 3^\circ 33'; \quad 42^\circ 18' - 38^\circ 45' = 3^\circ 33'$$

Полученные значения дирекционных углов и румбов прямолинейных участков трассы заносят в столбцы 12 и 13 табл. 2

План трассы составляют в масштабе 1:5000 (рисунок 10) на основе данных пикетажного журнала и ведомости прямых и кривых.

3.6 Построение продольного и поперечного профилей трассы

Исходными материалами для построения профилей трассы являются журнал технического нивелирования (см. таблица 1) и пикетажный журнал (см. рисунок 6).

Построение продольного профиля трассы выполняют на листе миллиметровой бумаги в горизонтальном масштабе 1:5000. Для наглядности вертикальный масштаб принимается в 10 раз крупнее горизонтального, т. е. 1:500. Поперечный профиль составляют в едином масштабе 1:500 для горизонтальных и вертикальных расстояний.

Построение продольного профиля выполняют в следующей последовательности.

1. В нижней части листа вычерчивают сетку (разграфку) профиля — систему горизонтальных граф (рисунок 11), назначение которых определяется подписями.

Верхняя линия сетки профиля является линией условного горизонта $УГ$. Отметка $УГ$ должна быть кратной 10 м и выбирается с таким расчетом, чтобы линия профиля находилась выше линии $УГ$ на 4 — 6 см; в рассматриваемом примере $УГ = 100,00$ м.

2. В графу «фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки точек трассы с округлением до 0,01 м.

На линию условного горизонта переносят положение пикетов и плюсовых точек. В каждой из полученных точек восстанавливают перпендикуляры и на них в вертикальном масштабе 1:500 откладывают профильные отметки, определяемые как разности абсолютных отметок точек и условного горизонта, согласно формуле (23).

Соединив концы перпендикуляров прямыми линиями, получают фактический профиль трассы.

3. Строят проектный профиль трассы. Проектную линию выбирают с учетом минимума земных работ по выемке и насыпке грунта. При этом проектный уклон каждого участка трассы не должен превышать заданной величины ($i_{np} < 0,030$). На рисунке 11 проектная линия показана пунктиром.

Рассчитывают проектный уклон каждого участка трассы по формуле (24). Рассчитанные по этой формуле значения уклонов i участков трассы округляют до 0,001 и считают их проектными (i_{np}).

В рассматриваемом примере (см. рисунок 11) проектный уклон участка трассы между пикетами $ПК0$ и $ПК4$

$$i_{1np} = \frac{123,00 - 127,90}{400} = \frac{-4,90}{400} = -0,01225 \text{ Принимаем } i_{1np} = -0,012$$

4. Вычисляют проектные отметки точек трассы по формуле (25)

$$\text{Например: } H_{ПК1}^{np} = 127,90 + (-0,012)100 = 126,70 \text{ м;}$$

$$H_{ПК2}^{np} = 127,90 + (-0,012)200 = 125,50 \text{ м;}$$

$$H_{ПК2+40}^{np} = 127,90 + (-0,012)240 = 125,20 \text{ м и т.д.}$$

5. Вычисляют рабочие отметки точек трассы как разность проектной и фактической отметок соответствующей точки (26).

$$\text{Например: } h_{ПК0}^{pab} = 127,90 - 128,75 = -0,85 \text{ м;}$$

$$h_{ПК1}^{pab} = 126,70 - 129,46 = -2,76 \text{ м;}$$

$$h_{ПК0}^{pab} = 125,50 - 123,81 = +1,69 \text{ м и т.д.}$$

Рабочие отметки показывают высоту насыпи или выемки грунта в данной точке. Их значения выписывают красной тушью под проектной линией, если грунт необходимо срезать, или над линией, если грунт следует насыпать.

6. Определяют отметки точек нулевых работ, расстояния до них (27) и отметки (28).

В рассматриваемом примере для первой точки нулевых работ, расположенной между $ПК1$ и $ПК2$ (рисунок 12) получим:

$$x = \frac{2,76}{2,76 + 1,69} 100 = 62,0 \text{ м;}$$

$$H_{ПК1+62,0} = H_{ПК1}^{np} + (-0,012) \cdot 62,0 = 126,70 + (-0,012) \cdot 62,0 = 125,96 \text{ м.}$$

7. Строят поперечный профиль на точке трассы, от которой он разбит на местности, в масштабе 1:500. Сетка поперечного профиля содержит три графы: расстояния, фактические и проектные отметки (рисунок 13). Условный горизонт принимают тот же, что и для продольного профиля. Проектные отметки всех точек поперечного профиля принимают одинаковыми.

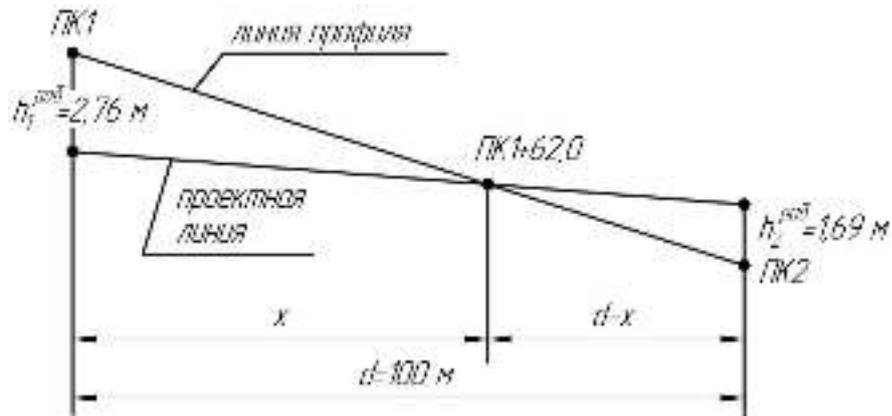


Рисунок 12 – Схема к определению расстояния до точки нулевых работ

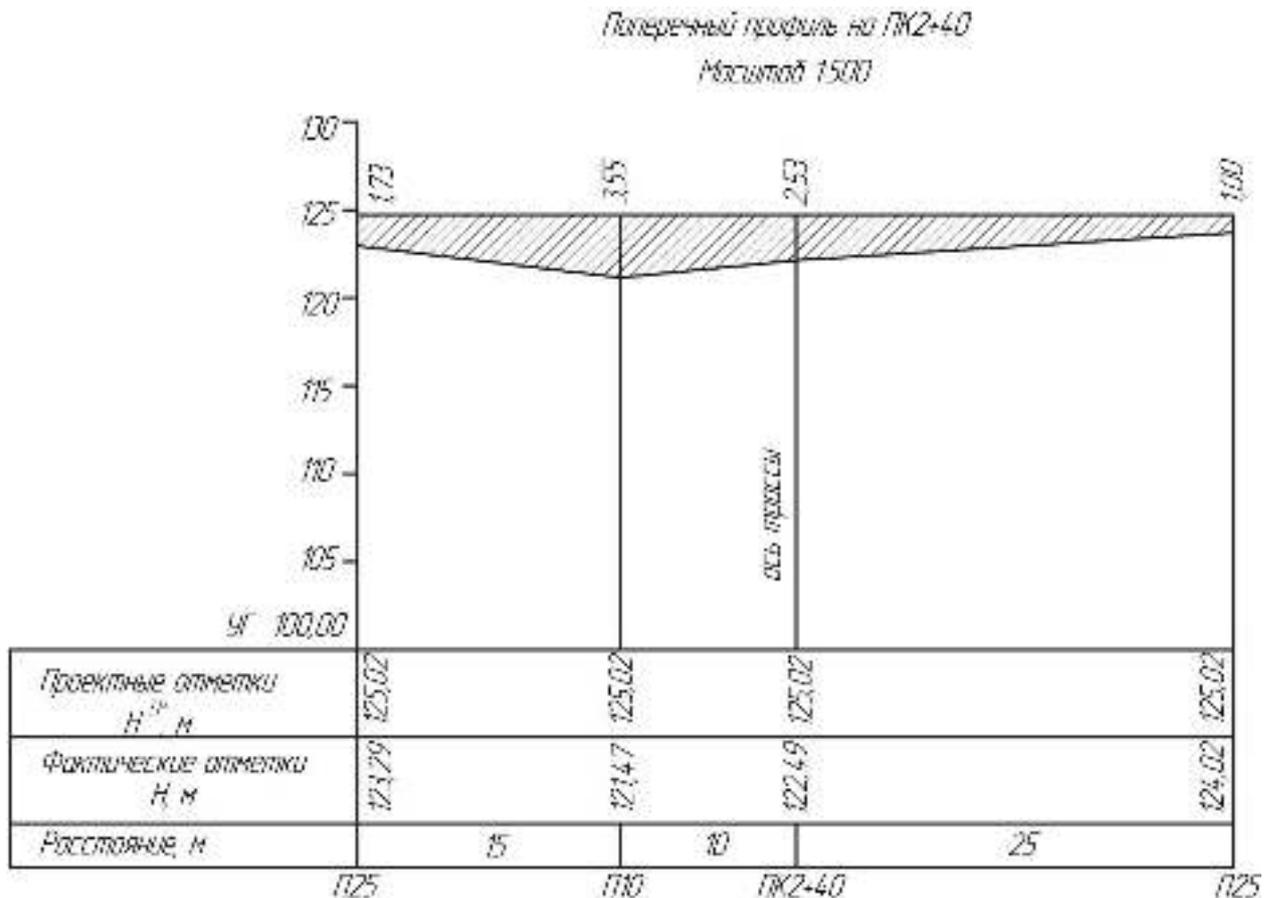


Рисунок 13 – Поперечный профиль

Все подписи и построения профилей выполняют тушью.

Красной тушью оформляют проектную линию, рабочие отметки (кроме нулевых), ось дороги и кривые, все цифры и линии в графах уклонов и проектных отметок. Синей тушью показывают перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта; рабочие отметки 0,00; отметки точек нулевых работ и расстояния до точек нулевых работ от ближайших точек пикетажа. Все остальные линии, подписи и цифры выполняют черной тушью.

Вопросы к защите

1. Что называется нивелированием?
2. Принцип геометрического нивелирования.
3. Нивелирование вперед и из середины.
4. Формулы для определения превышений между точками.
5. Что такое горизонт нивелира и как он определяется?
6. Как определяют отметки связующих и промежуточных точек?
7. Назовите основные этапы полевых работ при техническом нивелировании трассы.
8. Какой угол называют углом поворота трассы?
9. Какие работы выполняют при разбивке пикетажа на трассе?
10. Назовите элементы кривой и выведите формулы их определения.
11. Как выносят на местность главные точки кривой?
12. Приведите пример расчета пикетажных обозначений главных точек кривой,
13. Порядок работы при выносе пикетов на кривую.
14. Порядок работы на станции при нивелировании трассы.
15. Контроль хода при нивелировании трассы.
16. Постраничный контроль при обработке журнала нивелирования.
17. Как вычисляют высотную невязку и выполняют увязку нивелирного хода?
18. Из каких соображений намечают на профиле проектную линию трассы?
19. По каким формулам рассчитывают проектный уклон и проектные отметки точек трассы?
20. Что такое рабочие отметки и как они определяются?
21. Как определяют расстояния до точек нулевых работ и их высоты?

Литература

1. Маслов, А.В. Геодезия /А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – Москва: КолосС, 2006. – 598 с.: ил.
2. Поклад, Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Академический Проект, 2013. – 538 с.
3. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов / под ред. Г.Г. Поклада. – 2-е изд. – Москва: Академический Проект; Гаудеамус, 2012. – 470 с.
4. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов / Ю.К. Неумывакин. – Москва: КолосС, 2008. – 318 с.

Приложения

Приложение I Исходные данные

Вариант	Отметки исходных реперов, м		Отсчеты по рейкам, мм				Пикетажные обозначения точек трассы			Углы поворота трассы		Дирекционный угол α_1
	$H_{РП7}$	$H_{РП8}$	ст. 9 $b_ч$	ст. 9 $b_{кр}$	ст. 10 $a_ч$	ст. 10 $a_{кр}$	$KT=$ $ПК10+...$	$BV1=$ $ПК2+...$	$BV2=$ $ПК7+...$	φ_1	φ_2	
1	74,291	69,212	1497	6182	2676	7361	93,17	24,20	20,68	39°46'	41°34'	91°42'
2	84,193	79,114	0957	5642	2136	6821	54,30	27,69	76,87	39°42'	44°58'	125°33'
3	74,024	68,943	1378	6063	2557	7242	85,92	35,61	28,11	38°31'	41°44'	108°43'
4	45,055	39,975	1079	5764	2258	6943	66,63	20,22	76,00	33°36'	43°53'	109°34'
5	107,502	102,421	1279	5964	2458	7143	89,09	25,20	15,80	38°52'	41°42'	106°55'
6	21,183	16,114	1043	5728	2222	6907	85,94	23,05	51,44	37°48'	45°34'	109°47'
7	86,107	81,038	1213	5898	2392	7077	85,75	12,66	10,55	31°44'	41°55'	115°56'
8	83,096	78,015	1150	5835	2329	7014	63,97	36,79	79,40	32°58'	42°36'	106°35'
9	134,452	129,381	1467	6152	2646	7331	63,87	39,56	17,96	32°54'	49°51'	124°35'
10	94,554	89,483	1371	6056	2550	7235	92,43	3,95	54,84	32°41'	45°36'	114°31'
11	140,481	135,411	1398	6083	2577	7262	61,34	9,31	22,34	37°55'	42°58'	117°53'
12	42,647	37,578	1350	6035	2529	7214	87,90	8,88	11,44	33°47'	42°39'	108°48'
13	55,399	50,318	1236	5921	2415	7100	75,98	7,24	66,78	36°42'	43°47'	115°34'
14	67,683	62,603	1004	5689	2183	6868	61,94	37,84	41,66	35°58'	47°52'	96°54'
15	43,652	38,584	1483	6168	2662	7347	65,55	20,52	13,09	37°57'	46°45'	97°32'
16	63,305	58,226	1119	5804	2298	6983	75,97	18,95	56,71	37°43'	45°54'	127°56'
17	33,051	27,970	1112	5797	2291	6976	82,69	18,21	21,86	32°42'	41°53'	118°54'
18	26,410	21,342	0955	5640	2134	6819	61,40	22,20	26,54	35°51'	48°50'	123°45'
19	114,625	109,554	1169	5854	2348	7033	94,99	31,23	72,41	35°49'	45°43'	111°58'
20	107,202	102,131	1243	5928	2422	7107	89,49	19,46	59,84	39°32'	45°50'	125°52'
21	42,686	37,615	1170	5855	2349	7034	74,97	32,41	42,82	31°57'	45°43'	123°44'
22	79,144	74,076	1187	5872	2366	7051	56,49	4,48	4,06	39°41'	44°32'	91°30'
23	84,867	79,796	1506	6191	2685	7370	90,04	16,43	29,92	35°38'	44°56'	122°54'
24	128,979	123,898	1461	6146	2640	7325	88,51	32,88	5,42	38°38'	41°35'	95°35'
25	22,034	16,965	1037	5722	2216	6901	77,57	39,83	29,27	39°39'	47°54'	110°50'
26	63,305	58,226	1119	5804	2298	6983	75,97	18,95	56,71	37°43'	45°54'	123°45'
27	45,055	39,975	1079	5764	2258	6943	66,63	20,22	76,00	33°36'	43°53'	106°35'

Приложение II Разбивки главных точек кривой при R = 500м

Угол поворота		Элементы кривой, м			
		Тангенс <i>T</i>	Кривая <i>K</i>	Домер <i>Д=2Т-К</i>	Биссектриса <i>Б</i>
градус	минута				
31	00	138,66	270,53	6,80	18,87
	10	139,45	271,98	6,91	19,08
	20	140,23	273,44	7,02	19,29
	30	141,02	274,89	7,14	19,50
	40	141,80	276,34	7,26	19,72
	50	142,59	277,80	7,37	19,93
32	00	143,37	278,25	7,49	20,15
	10	144,16	280,71	7,61	20,37
	20	144,95	282,16	7,73	20,59
	30	145,74	283,62	7,86	20,81
	40	146,53	285,07	7,98	21,03
	50	147,32	286,52	8,11	21,25
33	00	148,11	287,98	8,23	21,47
	10	148,90	289,43	8,36	21,70
	20	149,69	290,89	8,49	21,93
	30	150,48	292,34	8,62	22,15
	40	151,28	293,80	8,76	22,38
	50	152,07	295,25	8,89	22,61
34	00	152,87	296,71	9,03	22,85
	10	153,66	298,16	9,16	23,08
	20	154,46	299,62	9,30	23,31
	30	155,25	301,07	9,44	23,55
	40	156,05	302,52	9,58	23,79
	50	156,85	303,98	9,72	24,02
35	00	157,65	305,43	9,87	24,26
	10	158,45	306,89	10,01	24,51
	20	159,25	308,34	10,16	24,75
	30	160,05	309,80	10,31	24,99
	40	160,85	311,25	10,46	25,24
	50	161,66	312,70	10,61	25,48
36	00	162,46	314,16	10,76	25,73
	10	163,26	315,61	10,91	25,98
	20	164,07	317,07	11,07	26,23
	30	164,88	318,52	11,23	26,48
	40	165,68	319,98	11,39	26,74
	50	166,49	321,43	11,55	26,99
37	00	167,30	322,89	11,71	27,25
	10	168,11	324,34	11,87	27,50
	20	168,92	325,80	12,04	27,76
	30	169,73	327,25	12,20	28,02
	40	170,54	328,70	12,37	28,28

	50	171,35	330,16	12,54	28,55
Продолжение приложения II					
Угол поворота		Элементы кривой, м			
		Тангенс <i>T</i>	Кривая <i>K</i>	Домер <i>D=2T-K</i>	Биссектриса <i>B</i>
градус	минута				
38	00	172,16	331,61	12,72	28,81
	10	172,98	333,07	12,89	29,08
	20	173,79	334,52	13,06	29,34
	30	174,61	335,98	13,24	29,61
	40	175,42	337,43	13,42	29,88
	50	176,24	338,88	13,60	30,15
39	00	177,06	340,34	13,78	30,42
	10	177,88	341,79	13,96	30,70
	20	178,70	343,25	14,15	30,97
	30	179,52	344,70	14,34	31,25
	40	180,34	346,16	14,52	31,53
	50	181,16	347,61	14,71	31,81
40	00	181,98	349,07	14,90	32,09
	10	182,81	350,52	15,20	32,37
	20	183,63	351,98	15,29	32,66
	30	184,46	353,43	15,49	32,94
	40	185,29	354,88	15,69	33,23
	50	186,11	356,34	15,89	33,51
41	00	186,94	357,79	16,09	33,80
	10	187,77	359,25	16,30	34,10
	20	188,60	360,70	16,50	34,39
	30	189,43	362,16	16,71	34,68
	40	190,26	363,61	16,92	34,98
	50	191,10	365,06	17,13	35,27
42	00	191,93	366,52	17,34	35,57
	10	192,77	367,97	17,56	35,87
	20	193,60	369,43	17,78	36,17
	30	194,44	370,88	18,00	36,48
	40	195,28	372,34	18,22	36,78
	50	196,12	373,79	18,44	37,08
43	00	196,96	375,25	18,67	37,39
	10	197,80	376,70	18,89	37,70
	20	198,64	378,16	19,12	38,01
	30	199,48	379,61	19,35	38,32
	40	200,32	381,06	19,58	38,74
	50	201,17	382,52	19,82	38,95
44	00	202,01	383,97	20,05	39,27
	10	202,86	385,43	20,29	39,58
	20	203,71	386,88	20,53	39,90
	30	204,56	388,34	20,78	40,22
	40	205,40	389,79	21,02	40,55

	50	206,26	391,24	21,27	40,87
--	----	--------	--------	-------	-------

Окончание приложения II

Угол поворота		Элементы кривой, м			
		Тангенс T	Кривая K	Домер $D=2T-K$	Биссектриса B
градус	минута				
45	00	207,11	392,70	21,52	41,20
	10	207,96	394,15	21,76	41,52
	20	208,81	395,61	22,02	41,85
	30	209,67	397,06	22,27	42,18
	40	210,52	398,52	22,53	42,51
	50	211,38	399,97	22,79	42,84
46	00	212,24	401,42	23,05	43,18
	10	213,10	402,88	23,31	43,52
	20	213,96	404,33	23,58	43,85
	30	214,82	405,79	23,84	44,20
	40	215,68	407,24	24,12	44,53
	50	216,54	408,70	24,39	44,88
47	00	217,41	410,15	24,66	45,22
	10	218,27	411,61	24,94	45,57
	20	219,14	413,06	25,22	45,91
	30	220,00	414,52	25,50	46,26
	40	220,87	415,97	25,78	46,61
	50	221,74	417,42	26,06	46,96
48	00	222,61	418,88	26,35	47,32
	10	223,49	420,33	26,64	47,67
	20	224,36	421,79	26,93	48,03
	30	225,23	423,24	27,22	48,39
	40	226,11	424,70	27,52	48,75
	50	226,98	426,15	27,82	49,11
49	00	227,86	427,60	28,12	49,47
	10	228,74	429,06	28,42	49,84
	20	229,62	430,51	28,73	50,20
	30	230,50	431,97	29,04	50,57
	40	231,38	433,42	29,35	50,94
	50	232,27	434,88	29,66	51,32
50	00	233,15	436,33	29,98	51,69