

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Т.И. Хаменов

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебно-методическое пособие
к расчетно-графическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 528.48.69 (075.8)

ББК 38.115 я 73

X18

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент
кафедры «Землеустройство и геодезия» Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

Хаметов Т.И.

X18 Геодезические работы в строительстве: учеб.-метод. пособие к
расчетно-графическим работам по направлению подготовки 08.03.01
«Строительство» / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 72 с.

Изложены содержание и последовательность выполнения расчетно-графических заданий по дисциплине «Геодезические работы в строительстве».

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Хаметов Т.И., 2016

ВЕДЕНИЕ

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой подготовки бакалавра по направлению 08.03.01 – «Строительство». Целью дисциплины «Геодезические работы в строительстве» заключается в формировании у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при проектировании трассы автодороги и трубопровода, геодезического обеспечения перенесения на местность проекта зданий, сооружений, а также разбивочных работах, инженерно геодезических работах на строительной площадке с использованием теодолита и нивелира.

Студенты, изучившие курс «Геодезические работы в строительстве» должны **знать**:

- общие сведения о трассе, трассировании линейных сооружений, построении продольного профиля трассы;

- методы и средства ведения инженерно-геодезических и изыскательских работ;

- методы, способы подготовки и геодезического обеспечения перенесения на местность проекта здания и сооружения;

- методы, способы и точность разбивочных работ при перенесении на местность осей здания, сооружения;

- методы проведения геодезических измерений на строительной площадке, оценку их точности с использованием теодолита и нивелира

- порядок ведения, правила и требования, предъявляемые к качеству и оформлению результатов полевых измерений на трассе линейного сооружения, материалов, документации и отчетности;

уметь:

- выполнять камеральное и полевое трассирование линейных сооружений, построение продольного профиля трассы;

- выполнять инженерно-геодезические и изыскательские работы;

- выполнять геодезическую подготовку данных для перенесения на местность проекта здания и сооружения;

- оценивать и выполнять точность разбивочных работ при перенесении на местность осей здания, сооружения;

- выполнять геодезические измерения при решении инженерно-геодезических задач на строительной площадке, оценку их точности с использованием теодолита и нивелира;

владеть:

- знаниями по трассированию линейных сооружений, построению продольного профиля трассы;

- методами и средствами выполнения инженерно-геодезических и изыскательских работ;

- методами и способами подготовки геодезического обеспечения перенесения на местность проекта здания и сооружения;
- методами и способами разбивочных работ при перенесении на местность осей здания, сооружения;
- методами производства геодезических измерений на строительной площадке при решении инженерных задач, а также оценки их точности.

Пособие соответствует учебной программе предмета «Геодезические работы в строительстве», которая изучается студентами в втором семестре на первом курсе. Основной задачей пособия является: доведения до обучающихся в доступной форме излагаемого материала, с целью самостоятельного выполнения расчетно-графических заданий, которые входят в программу дисциплины «Геодезические работы в строительстве». Выполнение расчетно-графических заданий позволяет закрепить теоретические и практические знания, полученные на лекционных и лабораторных занятиях, а также при самостоятельном изучении специальной литературы.

Учебное пособие состоит из трех разделов.

В первом разделе рассматриваются геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ. То есть закладывается теоретическая база необходимая для выполнения расчетно-графических заданий

Во втором разделе рассматриваются инженерно – геодезические изыскания трасс линейных сооружений. Содержание и порядок выполнения расчетно-графической работы №1а или №1б, в зависимости от выбранного профиля направления. Способы разбивки круговых кривых

Третий раздел посвящен изучению геодезического обеспечения перенесения на местность проекта зданий и сооружений, а также способов перенесения проектов. Рассматривается содержание и порядок выполнения расчетно-графической работы №2.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

1.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях для целей проектирования зданий и сооружений

Изыскание – это комплекс экономических и технических исследований района будущего строительства с целью получения данных, необходимых для решения вопросов проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений.

Изыскания подразделяются на:

- технико-экономические;
- инженерные.

Технико-экономические изыскания для разработки технико-экономического обоснования (ТЭО), целесообразности строительства объектов на данной территории выполняют в первую очередь. При этом рассматриваются техническая возможность строительства, вопросы хозяйственной, социальной и экологической обстановки, а также наличие сырьевой и строительной баз, подъездных путей, трудовых ресурсов и т.п.

Инженерные изыскания проводят для комплексного изучения природных условий территории строительства и определения порядка размещения будущих объектов строительства на местности, то есть для получения данных, необходимых на стадии проектирования. Инженерные изыскания предшествуют проектированию и строительству объектов и заключаются во всестороннем изучении и анализе территории.

Проектирование объектов строительства осуществляют, как правило, в одну или две стадии, в зависимости от технической сложности объекта и необходимости разработки рабочих чертежей со сметами. Инженерные изыскания осуществляют отдельно для каждой стадии проектирования. При этом для сложных объектов могут выполняться дополнительные изыскания в целях доработки проектных решений.

Инженерные изыскания, в зависимости от времени исполнения и характера работ, делятся на три периода:

- **подготовительный** – сбор и анализ материалов ранее проведенных изысканий на данной территории, составление программы, смет и формирование изыскательских подразделений;
- **полевой** – выполнение работ по намеченной программе на местности, а также части камеральных и лабораторных работ для обеспечения непрерывности полевого изыскательского процесса и контроля полноты, точности полевых работ;
- **камеральный** – обработка и оформление результатов полевых работ, составление отчетной документации.

По содержанию работ и назначению инженерные изыскания делятся на три основных вида: инженерно-геологические, инженерно-геодезические и инженерно-гидрометеорологические. Кроме того, могут проводиться специальные изыскания, в зависимости от почвенно-грунтовых, геоботанических, экономических и других факторов.

При выполнении инженерно-геологических изысканий подлежат изучению качество грунта под здания и сооружения, физико-механические свойства и формы их проявления, грунтовые воды.

При инженерно-гидрометеорологических изысканиях изучаются поверхностные воды и климатические условия.

При инженерно-геодезических изысканиях объектом изучения являются рельеф и ситуация участка местности, выделенного под застройку. В состав работ здесь входят создание опорных геодезических сетей, производство топографических съемок в масштабах 1:500–1:1000, изыскание трасс для строительства линейных сооружений.

Выполнение этих работ является началом геодезического обслуживания строительства.

Инженерные изыскания выполняют тресты инженерных изысканий и проектно-изыскательские организации соответствующих министерств и ведомств, в которых для выполнения изыскательских работ формируются подразделения (экспедиции, партии, отряды и бригады). Инженерные изыскания проводятся в соответствии с техническим заданием: составляется проект или программа производства геодезических изысканий, в зависимости от сложности комплекса изыскательских работ. Инженерные изыскания выполняются в соответствии с требованиями нормативных документов Федеральной службы геодезии и картографии (ФСГК) России. Изыскания должны обеспечивать получение всех материалов и данных, необходимых для проектирования, строительства зданий и сооружений, а также реконструкции предприятий.

На основании материалов инженерных изысканий разрабатывается комплекс документов проектов строительства зданий и сооружений.

1.2. Инженерно-геодезические изыскания

Инженерно-геодезические изыскания являются составной частью комплекса изысканий: инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, экологических, экономических и др. Изыскания проводятся в соответствии со строительными нормами и правилами: «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.» (СН и П 11-02-96) [22] и «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (СП 11-104-97) [25].

Выполнение геодезических работ по инженерным изысканиям является неотъемлемой частью основных этапов технологического процесса возве-

дения зданий, сооружений. Оно предшествует и сопутствует их проектированию, строительству и эксплуатации.

Инженерно-геодезические изыскания имеют целью получение широкого спектра данных для составления проекта строительства. В процессе инженерно-геодезических изысканий выполняются следующие работы:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических материалов на данную территорию;
- создание планово-высотных съемочных сетей;
- топографическая съемка участка проектирования;
- съемка подземных инженерных коммуникаций;
- геодезическое трассирование линейных сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий с планово-высотной привязкой точек полевых измерений и наблюдений.

Для решения вопросов по вариантам рационального расположения проектируемых объектов строительства на данной территории необходимо наличие карт, планов, профилей местности, схем, а также материалов по опорным геодезическим сетям и крупномасштабным съемкам будущей строительной площадки или направления линейного сооружения. При разработке ТЭО целесообразности строительства объекта на территорию застройки подбирают топографо-геодезические данные прошлых лет, производят их обновление или новую съемку. Подготовка этих материалов осуществляется в процессе проведения инженерно-геодезических изысканий для предпроектной документации. В этот период на площадке проектируемого строительства выполняются основные работы: проверка наличия и (при необходимости) создание опорной геодезической сети, топографические съемки, промеры глубин на реках и водоемах, нивелирование водотоков для составления продольных и поперечных профилей по промеренным створам, перенесение в натуру и привязка инженерно-геологических выработок.

На этапе проектирования инженерно-геодезические изыскания предваряют каждую последующую стадию выполнения геодезических работ по инженерной подготовке площадки проектируемого строительства, а также геодезических расчетов по подготовке к размещению на этой площадке объектов строительства в плане и высоте.

Изыскания для проекта отличаются от ранее выполненных работ по изысканиям для проектной документации лишь значительным объемом по точности и детальности разработок. Результатом изысканий является получение топографо-геодезических и гидрографических материалов, необходимых для разработки генплана строительства или определения оптимального направления трассы линейных сооружений. На этом этапе выполняются следующие работы: сбор и анализ топографо-геодезического материала, построение (развитие) опорных геодезических сетей, создание пла-

ново-высотной съемочной сети, топографические съемки, геодезическое обеспечение других видов изысканий, составление и размножение планов.

Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа зависит от вида строительства, типов зданий и сооружений, густоты инженерных коммуникаций, характера застройки, степени благоустройства территории и природных условий. Топографическая съемка для разработки генплана строительства выполняется в масштабах 1:500–1:10000 с высотой сечения рельефа, выбираемой в зависимости от характера рельефа.

Для разработки проектов реконструкции эксплуатируемых предприятий, застройки населенных пунктов производится топографическая съемка в масштабах 1:1000 и 1:500, с высотой сечения рельефа через 1–0,5 м.

Инженерно-геодезические изыскания для рабочих чертежей должны обеспечить получение топографо-геодезических данных на участках проектируемых объектов и заключаются в дальнейшей детализации ранее выполненных изысканий для проекта, а также в большем развитии опорных и съемочных геодезических сетей, обеспечении других видов изысканий, обновлении и размножении планов. Масштабы съемок определяются в зависимости от участков съемки и вида проектируемого объекта. Для реконструкции действующих предприятий дополнительно выполняются координирование углов капитальных зданий (сооружений), колодцев, опор инженерных коммуникаций; детальное обследование конструкций зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций, а также опор и колодцев; съемка геометрических параметров несущего каркаса зданий (сооружений); наружные обмеры зданий (сооружений); геодезическое обеспечение инженерных режимных наблюдений.

Для реконструкции предприятий по специальному заданию по данным наружных обмеров зданий (сооружений) составляются обмерные чертежи в масштабах 1:500–1:50. Расхождение длин стен зданий, полученных из обмеров и вычисленных по координатам, не должно превышать 10 мм при длинах менее 100 м и 1/1000 при длинах свыше 100 м.

Содержание инженерно-геодезических изысканий, **предшествующих строительству**, заключается в выполнении работ по выносу в натуру главных и основных осей зданий, сооружений перед началом их строительства.

На этапе непосредственного строительства выполняются работы по детальной разбивке и геодезическому обслуживанию строительномонтажных работ.

После **завершения строительства** перед сдачей объектов в эксплуатацию инженерно-геодезические изыскания заканчиваются выполнением исполнительных съемок, а в период эксплуатации зданий и сооружений – наблюдением за возможными деформациями грунта и отдельных строительных конструкций.

Состав и объем инженерно-геодезических изысканий зависит от сложности проектирования и строительства данного объекта и должен определяться в программе изыскательских работ. По результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий составляется технический отчет.

Обновление имеющихся топографических планов выполняется для приведения их в соответствие с современным состоянием ситуации и рельефа. При этом используются материалы съемки текущих измерений, исполнительной съемки и аэрокосмических съемок.

Геодезической основой для выполнения инженерно-геодезических изысканий на площадках служат пункты опорных геодезических сетей и точки съемочной геодезической сети. Геодезической плановой основой на больших территориях строительства являются государственные сети триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов, а высотной основой – нивелирные сети I, II, III и IV классов. При отсутствии пунктов геодезических сетей на территории строительства в качестве плановой геодезической основы для крупномасштабной съемки строят самостоятельные свободные сети линейно-угловой триангуляции, трилатерации или полигонометрии, используется спутниковая система ГЛОНАСС.

Отличительными особенностями современных инженерно-геодезических изысканий являются:

1 – широкое использование компьютерных технологий сбора информации о местности: геоинформационных систем – ГИС, а также данных государственного кадастра недвижимости;

2 – применение материалов аэрокосмических съемок в сочетании с технологиями, основанными на наблюдениях искусственных спутников Земли (ИСЗ);

3 – создание цифровых моделей местности и рельефа, электронных карт и планов, 3D – визуализация участков возможного размещения новых объектов строительства. Таким образом, необходимая информация и топографическое обеспечение проектирования и строительства могут быть получены в кратчайшие сроки и в форме, совместимой с технологиями системного автоматизированного проектирования.

Контрольные вопросы

1. Цель проведения инженерных изысканий.
2. Состав работ при выполнении инженерно-геодезических изысканий на этапе разработки ТЭО строительства.
3. Производство геодезических работ на этапе проектирования строительства.
4. Отличие состава работ инженерно-геодезических изысканий при разработке генплана строительства проектов реконструкции предприятий, а также рабочих чертежей.
5. Что принимают за плановую и высотную геодезическую основу при выполнении инженерно-геодезических изысканий?

2. СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ТРАСС ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Трассой называют продольную ось проектируемого линейного сооружения. К линейным сооружениям относят подъездные, железные и 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 положения 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 глубину 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**.

Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для проектирования трасс линейных сооружений немного отличаются от работ по изысканиям для строительных площадок.

Инженерно-геодезические изыскания для всех типов линейных сооружений осуществляются в следующем порядке:

- выбор направления трассы по топографической карте с последующим осмотром местности в натуре;
- согласование прохождения трассы с соответствующими юридическими лицами, так как строительство линейного сооружения связано с изъятием земли у землепользователей и землевладельцев);
- вынос трассы с карты на местность, закрепление ее знаками с разбивкой пикетажа и элементов кривых;

- нивелирование трассы;
- плановая и высотная привязки трассы;
- составление плана трассы и переходов ее через препятствия в более крупном масштабе, составление продольного и поперечного профилей.

В соответствии с двух – стадийным проектированием трасс линейных сооружений изыскания трасс делятся на: **предварительные и окончательные**.

В состав предварительных изысканий (осуществляются на стадии разработки проекта) входит выполнение следующих работ:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических, аэросъемочных материалов, а также данных изысканий прошлых лет по направлению трассы;
- камеральное трассирование вариантов трассы и полевое обследование намеченных вариантов;
- топографическая съемка вдоль намеченных вариантов трассы.

В случае отсутствия крупномасштабных топографических планов выполняют полевое трассирование с проложением теодолитных и тахеометрических ходов по всей длине трассы. Предварительные изыскания для получения материалов, необходимых для определения оптимального положения трассы сооружения, осуществляются в основном камеральным путем.

При камеральном трассировании выполняется проектирование трассы по топографическим картам масштабов 1:25000, 1:50000 в нескольких вариантах. Трассу прокладывают участками по линии опорных точек, соединяющей ее начало и конец, руководствуясь при этом заданным уклоном трассирования i . Для этого вычисляют соответствующее уклону заложение d по формуле:

$$d = h / iM,$$

где h – сечение рельефа; M – масштаб карты.

Используя вычисленные заложения на карте, осуществляют размещение трассы. На равнинной местности рельеф не препятствует продвижению трассы в любом направлении, поэтому такое трассирование называется свободным. В гористой или сильно всхолмленной местности, основным фактором, влияющим на выбор трассы, является рельеф, так как крутизна скатов на местности, превышает допустимые значения для проектируемых сооружений. В таких условиях трассу ведут напряженным ходом, т.е. выбирают такие направления, где бы уклон местности соответствовал допустимым значениям уклона трассы. В таких случаях строится линия с заданным уклоном. Линию нулевых работ намечают раствором циркуля, равным заложению d , последовательно засекая соседние горизонталы и соединяя полученные точки отрезками прямых. Обычно строится несколь-

ко вариантов (рис.1), из которых выбирается наиболее приемлемый. Полученная таким образом линия трассы является слишком извилистой, поэтому ее спрямляют. Разместив, трассу на карте, определяют координаты ее углов поворота, строят пикетаж, делают расчет сопрягающих кривых и составляют продольный профиль, используя для этого высоты точек, найденные по горизонталям. По горизонталям устанавливают отметки пикетов и характерных перегибов местности вдоль трассы.

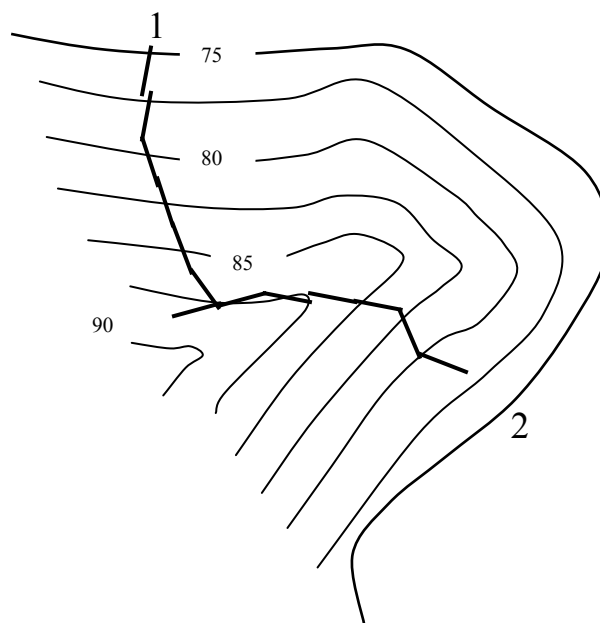


Рис.1. Пример выбора направления трассы

По отметкам и пикетажу строят продольный профиль трассы. По нему проектируют ее высотное положение, вычисляют длины отдельных участков, объем земляных работ и т.п. Осуществляют технико-экономическое сравнение вариантов трассы и выбирают оптимальный из них.

При полевом обследовании подробно изучают природные условия вдоль выбранного варианта трассы, особенно в местах сложных переходов и неблагоприятной геологии. Уточняют положение трассы, закрепляя в натуре наиболее трудные участки.

Окончательные изыскания (для рабочей документации) представляют собой в основном полевые изыскания на местности вдоль трассы: полевое трассирование, планово-высотные привязки трасс к пунктам опорной геодезической сети; топографическая съемка полосы местности вдоль трассы.

Полевое трассирование начинается с рекогносцировки, т.е. на местности отыскиваются точки опорной геодезической сети, и осуществляется привязка к ним. Производится разбивка пикетажа (вдоль трассы последовательно откладываются отрезки по 100 метров). Начало и конец отрезков

закрепляются колышками, которые называются пикетами. Нумерация пикетов ведется от начала трассы. Первому пикету присваивается 0 номер.

Помимо пикетов на местности закрепляются рельефные точки (перегибы скатов), контурные (пересечение трассой контуров местности), а также вершины углов поворота. Эти точки называются плюсовыми. Расстояние до них измеряется в метрах от младшего пикета. Например: имеется точка ПКЗ+40, это значит, что она удалена на 340 метров от начала трассы (нулевого пикета).

Для характеристики поперечных уклонов местности в обе стороны от трассы разбиваются поперечники, которые также обозначаются колышками с подписанными на них номерами, а так же направлениями и расстояниями от трассы, (Право – 20, Лево-20), что означает, точка расположена в 20 метрах вправо или влево от трассы. Одновременно с разбивкой пикетажа ведется съемка местности, прилегающей к трассе. Результаты съемки заносятся в пикетажный журнал, в котором трассу обозначают прямой линией, а углы поворота стрелками. В пикетажный журнал записывают номера и данные привязок, реперов, пикетов, поперечников, положение плюсовых точек. Сведения о грунтах в пределах трассы. На этой же стороне журнала приводятся данные расчета круговых кривых и их пикетажные значения.

Полевой трассирование включает следующие виды работ:

- вынесение проекта трассы в натуру. Вешение линий;
- определение углов поворота;
- линейные измерения. Разбивка пикетажа с ведением пикетажного журнала;
- разбивка круговых и переходных кривых;
- нивелирование трассы. Установка вдоль трассы реперов;
- закрепление трассы;
- привязка трассы к пунктам геодезической основы;
- съемка площадок, переходов, пересечений;
- обработка полевых материалов. Составление плана трассы и продольного профиля.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 метров, на незастроенных территориях и ограничиться шириной проезда (улицы) на застроенных территориях.

2.1. Расчетно-графическая работа №1 а. Построение профиля местности и проектирование трассы автодороги

РГР №1 состоит в построении продольного и поперечного профилей местности, проектировании по профилю оси автомобильной дороги, закреплении теоретических знаний по следующим разделам дисциплины: продольное техническое геометрическое нивелирование и геодезические работы при проектировании трассы автодороги.

В содержание работы входят следующие задания: обработка пикетажного журнала; обработка журнала геометрического нивелирования; построение продольного профиля в масштабах (горизонтальный: 1:2000; вертикальный 1:200); построение поперечного профиля в масштабах (горизонтальный 1:500, вертикальный 1:500); построение на продольном профиле проектной линии; оформление работы. Работа выполняется на листе миллиметровой бумаги формата А3.

Исходные данные:

1. Данные пикетажного журнала трассы автодороги (рис. 3).
2. Данные журнала нивелирования трассы автодороги (табл.1).
3. Отметки начального ($H_{рп1}$) и конечного ($H_{рп2}$) реперов.
4. Румб оси трассы нивелирования r от ПК0 до угла поворота трассы.
5. Угол поворота трассы φ .
6. Радиус круговой кривой R .

Условия проектирования:

1. На ПК0 запроектировать выемку глубиной 0,5 м.
2. От ПК2 до ПК4 проектная линия проходит горизонтально, в связи со строительством на этом участке места через р. Сура.
3. На ПК6 проектная отметка равна отметке земли.

Подготовка исходных данных:

Журнал нивелирования трассы и пикетажный журнал автодороги выдаются преподавателем. В них проставляются:

1. Отметка начального репера ($H_{рп1}$) (задается преподавателем). Например: ($H_{рп1} = 42,487$).
2. Отметка конечного репера ($H_{рп2}$) для всех вариантов определяется по формуле ($H_{рп2} - H_{рп1} - 2,930$ или $42,487 - 2,930 = 39,557$ м).
3. Румб первоначального направления трассы автодороги от ПК0 до вершины угла поворота рассчитывается из значения дирекционного угла или румба направления линии I–II теодолитного хода.

Для выбранного в качестве примера варианта: $\alpha_{I-II} = 270^\circ 47'$, $r_{I-II} = S389^\circ 13'$.

4. Угол поворота трассы и радиус дуги являются основными параметрами круговой кривой. Например: $\varphi = 60^\circ$, $R = 250$ метров. Угол поворота

задается преподавателем. Радиус выбирают произвольно, но не меньше значения установленного для данной категории дорог.

При построение проектной линии профиля автодороги проектная отметка автодороги в точке ПК0, согласно условия на проектирование, будет расположена на 0.5 метра ниже абсолютной отметки в точке ПК0.

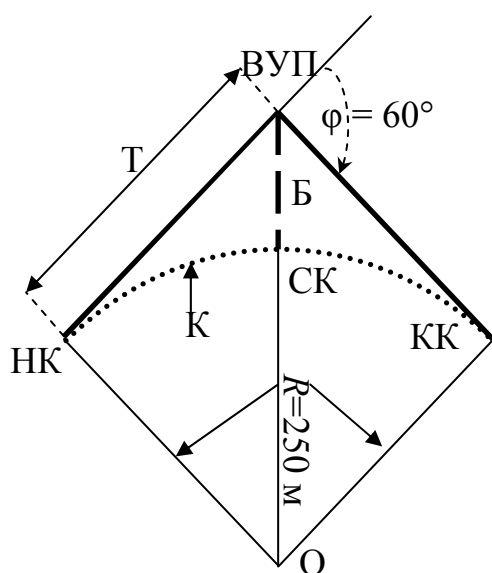
Высота моста от поверхности реки должна быть выше на 2,6 метра. Это значение выбрано таким образом, чтобы в самый сильный паводок мост находился выше поверхности реки.

Проектная и абсолютная отметки в точке ПК6 имеют одинаковые значения.

Проектная линия автодороги рассчитывается исходя из условий на проектирования, главным из которых является предельно допустимый уклон продольной линии автодороги. Для дорог федерального значения он не должен превышать $i < 0,040 - 0,050$, для дорог местного значения предельный уклон допускается в пределах $i = 0,060 - 0,090$. Проектная линия рассчитывается исходя из нулевого баланса земляных работ, т.е. примерной компенсации объемов насыпей и выемок.

2.1.1. Вычисление главных элементов и пикетажных значений главных точек кривой

Для обработки данных пикетажного журнала сначала необходимо выполнить расчет элементов круговой кривой.



$$T = R \cdot \operatorname{tg} \phi / 2 = 144,34 \text{ м}$$

$$K = \pi R (\phi / 180^\circ) = 261,67 \text{ м}$$

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \phi / 2} - 1 \right] = 36,68 \text{ м}$$

$$D = 2T - K = 27,01 \text{ м}$$

Рис.2. Пример расчета элементов круговой кривой

При разбивке линейных сооружений возникает необходимость разбивки круговых кривых, т.е. дуг определенного радиуса. Разбивка кривой

сводится к плановому определению трех ее точек: Начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). С этой целью определяют точку поворота трассы и измеряют угол поворота φ , а также определяют радиус дуги R . Радиус выбирают произвольно, но не меньше значения установленного для данной категории дорог. В данном варианте $\varphi_{\text{пр}} = 60^\circ$, $R = 250$ метров. Угол поворота и радиус дуги являются основными параметрами круговой кривой.

Определяем главные элементы круговой кривой:

а) тангенс кривой (Т) – расстояние от вершины угла до точек касания,

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\varphi/2;$$

б) длина кривой (К) – расстояние между точками касания, считываемое по кривой,

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ).$$

в) биссектриса – расстояние от вершины угла до середины кривой,

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right];$$

г) домер – разница расстояний считываемых по тангенсам и по кривой,

$$D = 2T - K.$$

Главные элементы кривой, зависят от параметров кривой (радиуса кривой и угла поворота).

Чтобы найти на местности точки касания круговой кривой (НК и КК), от вершины угла (ВУ) в обе стороны откладываются тангенсы кривой (Т). Середину кривой находят, разделив с помощью теодолита смежный с углом поворота φ угол (β) пополам, а затем по этому направлению откладывают величину биссектрисы. Поскольку линейные измерения производятся по прямым участкам трассы, а вычисление расстояний трассы должно вестись с учетом кривых (длина которых меньше длины прямых касательных), в длину трассы вводится поправка домер (Д). Домер удобнее откладывать сразу за вершиной угла.

Пикетаж главных точек кривой вычисляется с точностью до сантиметра, взяв за основу пикетаж вершины угла поворота:

$$НК = ВУ - Т,$$

где ВУ вершина угла.

$$КК = НК + К.$$

После расчета значений НК и КК производим контроль.

$$КК = ВУ + Т - Д,$$

$$СК = КК - К/2,$$

$$СК = НК + К/2.$$

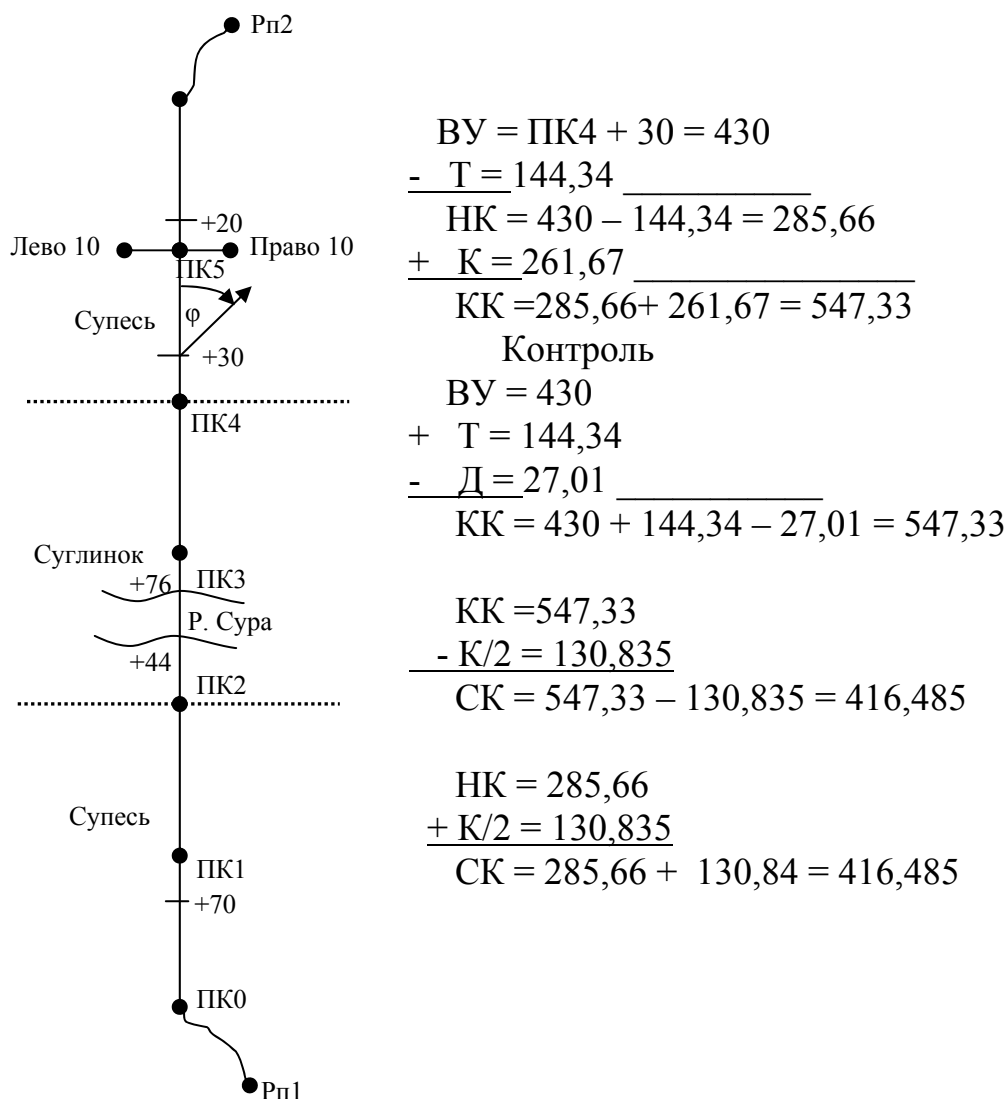


Рис. 3. Пример заполнения пикетажного журнала трассы автодороги

Разница между двумя значениями середины кривой не должна превышать 2 см. В случае, когда кривая имеет большие тангенсы, точки начала и конца кривой откладываются от ближайших пикетов.

Пример заполнения первой страницы пикетажного журнала и расчета пикетажных значений главных точек кривой приведен на рис. 3. Значения элементов и параметров круговой кривой (рис. 2).

2.1.2. Вынос пикетов с тангенсов на кривую

При разбивке круговых кривых пикеты с тангенса на кривую, выносятся методом прямоугольных координат. За ось X принимается тангенс кривой, а за ось Y линия перпендикулярная тангенсу. Величину X откладывают от начала кривой по тангенсу для пикетов, расположенных до поворота и от конца кривой для пикетов, расположенных за поворотом.

Как видно из значений пикетажа на кривую попадают три пикета ПК3, ПК4 и ПК5, причем ПК3 и ПК4 расположены до поворота, а ПК5 за поворотом.

Находим положение пикетов на тангенсах, которые находятся до поворота. Определяем их положение на тангенсе (рис. 4).

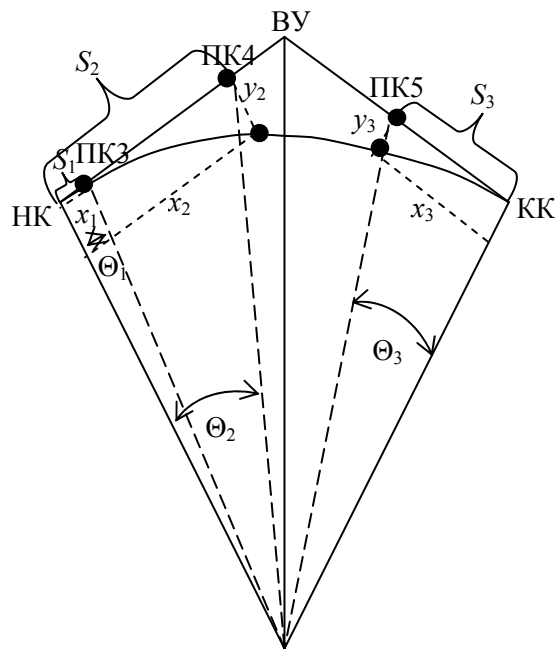


Рис.4. Схема выноса пикета с тангенса на кривую

Для того, чтобы определить положение пикета на кривой, необходимо определить его координаты X и Y , которые определяются по формулам:

$$X = R \cdot \sin \Theta; Y = R \cdot (1 - \cos \Theta),$$

где $\Theta = (s/R) \cdot p$ (здесь Θ – внутренний угол; s – длина кривой от ближайшего пикета до НК или КК; $p = 57,3^\circ$ – один радиан).

Определяем значения S для всех пикетов.

$$S_1 = \text{ПК3} - \text{НК} = 300 - 285,66 = 14,34 \text{ м.}$$

$$S_2 = \text{ПК4} - \text{НК} = 400 - 285,66 = 114,34 \text{ м.}$$

$$S_3 = \text{КК} - \text{ПК5} = 547,33 - 500 = 47,33 \text{ м.}$$

Определяем значение центрального угла и координаты $X_1; Y_1$ для выноса пикета ПК3.

$$\Theta_1 = (s_1/R) \cdot p = (14,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 3,29^\circ = 3^\circ 17',$$

$$X_1 = R \cdot \sin \Theta_1 = 250 \cdot 0,057 = 14,25 \text{ м,}$$

$$Y_1 = R (1 - \cos \Theta_1) = 250 \cdot 0,002 = 0,5 \text{ м.}$$

Аналогичным образом определяем значения центральных углов и координат для выноса пикетов 4 и 5.

$$\Theta_2 = (s_2/R) \cdot p = (114,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 26,21^\circ.$$

$$X_2 = R \cdot \sin \Theta_2 = 250 \cdot 0,44 = 110 \text{ м.}$$

$$Y_2 = R (1 - \cos \Theta_2) = 250 \cdot 0,103 = 25,75 \text{ м.}$$

$$\Theta_3 = (s_3/R) \cdot p = (47.33/250) \cdot 57,3^\circ = 10,85^\circ.$$

$$X_3 = R \cdot \sin \Theta_3 = 250 \cdot 0,188 = 47 \text{ м.}$$

$$Y_3 = R (1 - \cos \Theta_3) = 250 \cdot 0,018 = 4,5 \text{ м.}$$

При выносе пикета с тангенса на кривую, на местности по тангенсу откладывается значение X , затем с помощью теодолита из полученной точки восстанавливается перпендикуляр и по нему откладывается значение Y . Полученная точка соответствует положению пикета на кривой [7; 8].

2.1.3. Обработка журнала нивелирования трассы

Обработке журнала нивелирования трассы предшествует нивелирование трассы, которое выполняется после разбивки пикетажа с целью определения абсолютных отметок пикетажных, плюсовых и других точек на оси дороги, точек на поперечных профилях, а также постоянных и временных реперов, установленных вдоль дороги. На равнинной и слабо всхолмленной местности обычно применяется способ геометрического нивелирования. На местности с большими углами наклона целесообразней применять тригонометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование трассы обычно выполняется по программе нивелирования IV класса, или технического нивелирования в прямом и обратном направлениях, либо двумя нивелирами в одном направлении. Нивелирования по ходу ведут методом из середины, устанавливая равенство плеч на глаз (рис. 5). Пикеты нивелируются как связующие точки (см. рис. 5), а плюсовые точки и поперечники, как промежуточные (рис. 6).

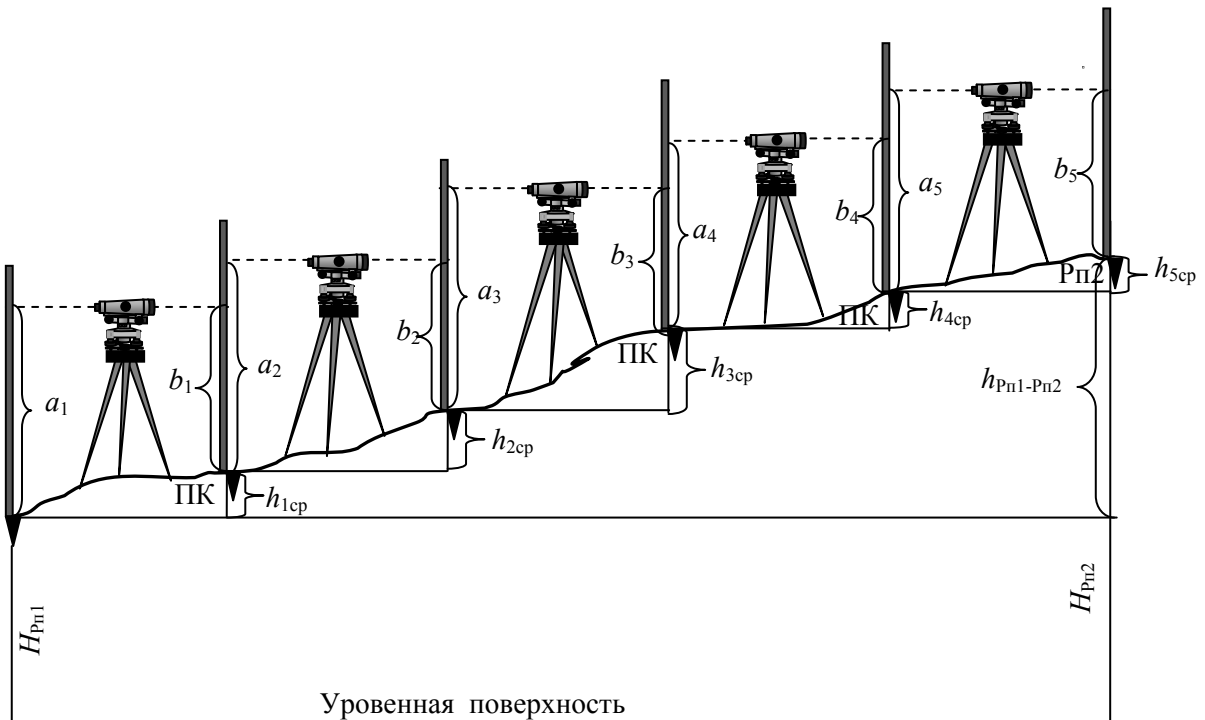


Рис.5. Схема нивелирования профиля автодороги

Из рис. 5 видно, что превышение между реперами Рп1 и Рп2 равно сумме превышений между всеми точками профиля, т.е.

$$h_{\text{Рп1-Рп2}} = h_{1\text{ср}} + h_{2\text{ср}} + h_{3\text{ср}} + h_{4\text{ср}} + h_{5\text{ср}}.$$

Но превышение между точками равно $h_1 = a - b$, то есть взгляд назад минус взгляд вперед. То есть превышение между реперами 1 и 2 будет равно сумме взглядов назад минус сумму взглядов вперед (см. рис. 5).

Для того, чтобы исключить ошибки при измерениях, превышение между связующими точками, находится как среднее из измерений, снятых по черной и красной сторонам рейки.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}},$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}},$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2)/2.$$

Отметки промежуточных точек определяются через горизонт прибора.

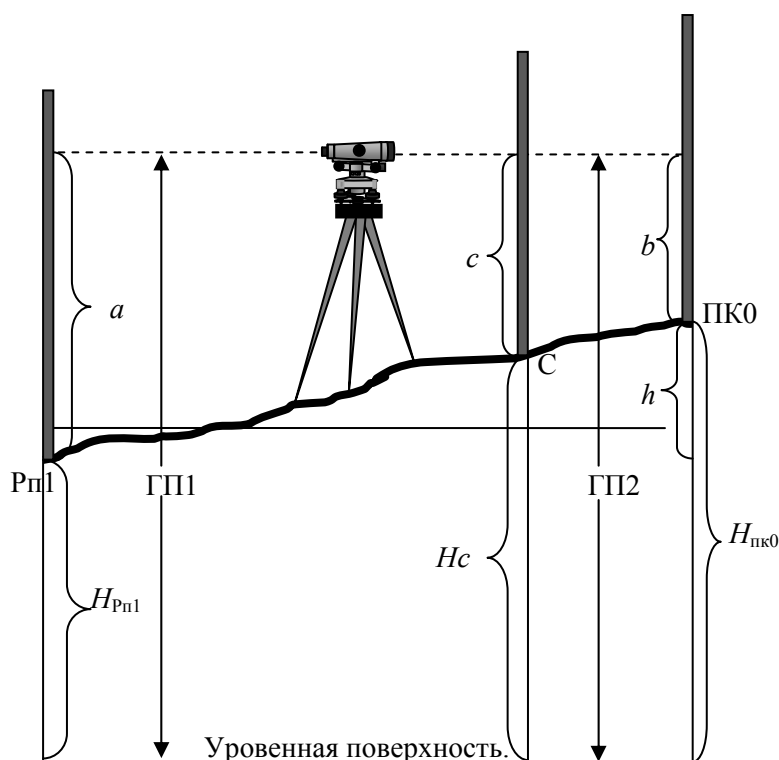


Рис. 6. Схема определения отметки промежуточной точки при нивелировании из середины

Горизонтом прибора называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. Пусть требуется определить отметку точки С, характеризующую резкий перепад рельефа между Рп1 и ПК0. Горизонт прибора равен $\text{ГП} = H_A + a$ (см. рис. 6), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке.

Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$\Gamma\Pi_1 = H_{\text{Рп1}} + a,$$

$$\Gamma\Pi_2 = H_{\text{ПК0}} + b,$$

$$\Gamma\Pi_{\text{ср}} = (\Gamma\Pi_1 + \Gamma\Pi_2)/2.$$

Разница между двумя значениями $\Gamma\Pi$ не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку C и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет c . Абсолютная отметка точки C равна: $H_c = \Gamma\Pi_{\text{ср}} - c$.

Результаты нивелирования трассы автодороги заносятся в специальный журнал (табл. 1). Трасса автодороги разделена на шесть отрезков по 100 метров, концам отрезков соответствуют номера пикетов от 0 до 6.

Обработка результатов нивелирования осуществляется в следующей последовательности:

Определяются превышения между всеми пикетами и реперами (как между связующими точками). Например: определяем превышение между репером №1 и пикетом №0. Нивелир установлен посередине между этими точками. Точка соответствующая РП1 является задней, а точка пикета 0 передней. Отсчеты по рейке, установленной на этих точках, сняты, как по черной, так и по красной стороне табл. 1.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 1712 - 2108 = -0396,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 6494 - 6892 = -0398,$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2) / 2 = -0397.$$

Определяем все превышения в таблице 1 (страница №1) и вносим их значения в столбец 6. В столбец 7 вносим значения средних превышений.

Между пикетом №1 и пикетом №2 имеется точка под номером x , такие точки называются иксовыми. Они вводятся в тех случаях, когда превышения между связующими точками больше высоты рейки (3 м), или расстояния между двумя нивелируемыми точками превышают допустимые значения для определения нивелиром. Иксовые точки служат для передачи отметок от одной связующей точки к другой (рис.7). Превышения между иксовыми точками и связующими точками, определяется так же, как и для связующих точек. Единственным отличием иксовых точек от связующих точек, является то, что на профиле автодороги, они не отображаются.

Производим постраничный контроль: складываем все превышения в столбце задние отсчеты по рейкам. Сумма отсчетов равна $\Sigma a = 33808$. таким же образом находим сумму превышений в столбце передние отсчеты $\Sigma b = 43186$.

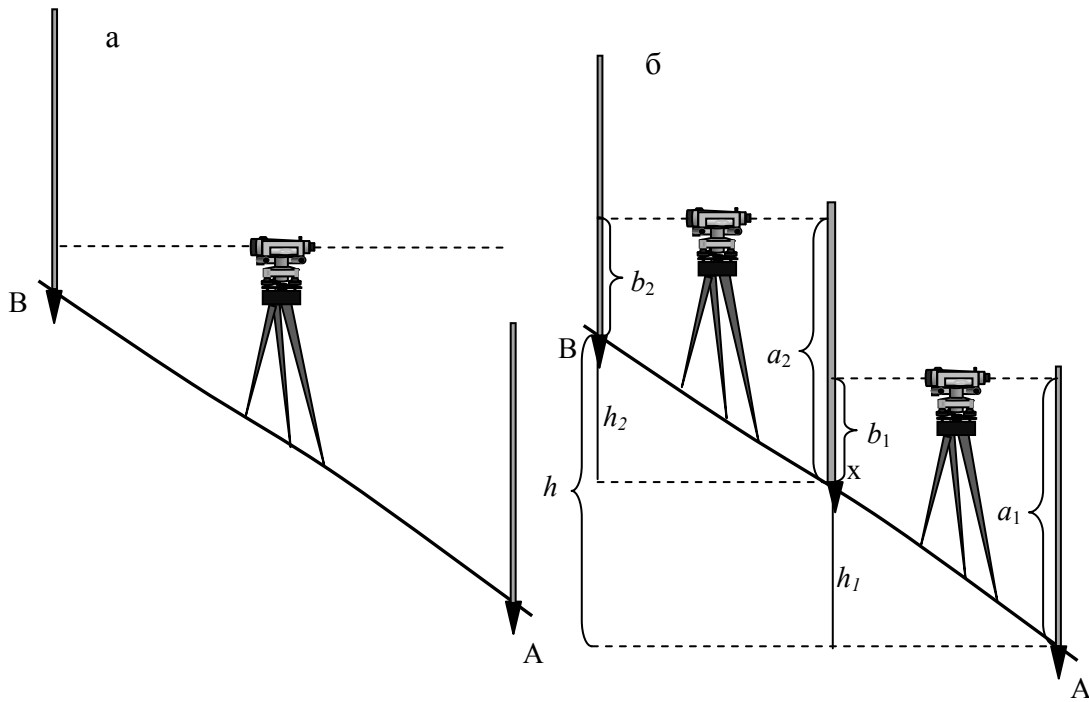


Рис. 7. Схема передачи отметки через x точку

Находим разницу между этими суммами:

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b = 33,808 - 43,186 = -9,378 \text{ м.}$$

Находим сумму всех вычисленных превышений: $\Sigma h_{\text{выч}} = -9,378$. Сумма вычисленных превышений должна быть равна разнице между суммами отсчетов на задние и передние рейки: $\Sigma h_{\text{выч}} = \Sigma a - \Sigma b = -9,378 \text{ м.}$

Сумма средних превышений равна половине вычисленных превышений:

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \Sigma h_{\text{выч}} / 2 = -9,378 / 2 = -4,689 \text{ м.}$$

Т а б л и ц а 1 (стр. 1).

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм)			Превышения (мм)		Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рп1	1712			-0396			42.487
		6494				-0397 ⁻²		
	ПК0		2108		-0398	-0399		42.088
			6892					
2	ПК0	0650			-2056		ГП ₁ =42.738	42.088
		5432				-2054 ⁻³	ГП ₂ =42.737	
	ПК1		2706		-2052	-2057	ГП _{ср} =42.738	40.031
			7484					

	ПК0 +70			1600				41.138
3	ПК1	1020			-1060			40.031
		5800				-1059 ⁻³		
	X		2080		-1058	-1062		38.964
			6858					
4	X	0478			-1912			38.964
		5257				-1912 ⁻³		
	ПК2		2390		-1912	-1915		37.054
			7169					
5	ПК2	1090			0732		ГП ₁ =38.144	37.054
		5875				0734 ⁻³	ГП ₂ =38.142	
	ПК4		0358		0734	0731	ГП _{ср} =38.14 3	37.784
			5141					
				2960				35.183
	ПК2+44			2962				35.181
	ПК2+76							
	ПК3			1510				36.633
Постраничный контроль		33808	43186		-9378	-4689		
			-9378		-4689			

Таблица 1 (стр.2)

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм)			Превышения (мм)		Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	ПК4	2311						37.784
		7095						
	ПК5		1406					38.686
			6190					
	ПК4+30			1160				38.934
	Лево 10			0622				39.472
	Право 10			0758				39.336
	ПК5+20			0302				39.792
7	ПК5	1525						38.686
		6305						
	ПК6		0545					39.663
			5325					
8	ПК6	1309						39.663
		6090						
	Рп2		1411					39.557
			6196					
Постраничный контроль		24635	21073		3562	1781		
			3562		1781			
Контроль по ходу	по	58443	64259		-5816	-2908		
			-5816		-2908			

Все полученные данные вносятся в строки графы постраничный контроль.

Определяем значения всех превышений на странице №2 табл.1 (Эти расчеты студенты производят самостоятельно). Производим постраничный контроль страницы №2, аналогично странице №1.

Производим контроль по ходу, т.е. находим суммарные значения во всех графах табл. 1.

Увязка нивелирного хода. Определив сумму всех средних превышений (графа контроль по ходу), видим, что она равна $\Sigma h_{cp} = -2,908$ м, но разница между отметками точек Рп1 и Рп2 равна $-2,930$ ($H_{Рп1} - H_{Рп2} = -2,930$). Эта величина является фактическим превышением между точками Рп1 и Рп2, так как она получена по результатам нивелирования более высокого класса. Находим разницу между полученным и фактическим превыше-

ниями: $fh_{\text{пол}} = -2,908 - (-2,930) = 0,022$ м. Вычисленное значение является невязкой нивелирного хода. Определяем допустимость полученной невязки. Допустимая невязка равна $fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = 0,039$ м, где L длина нивелирного хода в километрах. Сравниваем допустимую невязку с полученной и видим, что:

$$fh_{\text{доп}} = 0,039 \text{ м} = 39 \text{ мм} > fh_{\text{пол}} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}.$$

Делаем вывод, что измерения произведены правильно.

Для того, чтобы уравнять нивелирный ход, необходимо избавиться от полученной невязки, т.е. равномерно разбросать ее на все превышения с обратным знаком. Следовательно 22 мм надо разделить на 8 (число превышений см. табл. 1), но 22 на 8 нацело не делится. Так как геометрическое нивелирование производится с точностью до 1 мм, то доли мм. при расчетах не учитываются. Поэтому делим 22 мм на 6 (число превышений между пикетами) и получаем $22 : 6 = 3$; $6 \cdot 3 = 18$, в остатке остается 4 миллиметра. Делим это число пополам и добавляем к превышениям, полученным между крайними пикетами и реперами: $18 + 4 = 22$ мм.

Вносим полученные поправки в столбец (средние превышения), над средними превышениями (табл. 1). Исправленные превышения вносятся в табл. 1 строкой ниже средних превышений.

Сумма исправленных превышений должна быть равна -2930.

$$(-0,399) + (-2,057) + (-1,915) + 0,730 + 0,902 + 0,977 + (-0,106) = -2,930.$$

Увязав нивелирный ход, определяем абсолютные отметки всех связующих точек по формуле:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}},$$

где $H_{\text{пред}}$ – отметка предыдущей точки; $h_{\text{испр}}$ – исправленное превышение.

Например: $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Рп1}} + (-0,399) = 42,487 - 0,399 = 42,088$ м.

Аналогичным образом рассчитываем отметки всех связующих точек и вносим их в табл. 1. Производим контрольный расчет:

$$H_{\text{Рп1}} - H_{\text{Рп2}} = 39,557 - 42,487 = -2,930,$$

что свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Определение абсолютных отметок промежуточных точек производится через горизонт прибора по формуле:

$$H_{\text{пром}} = \text{ГП} - c,$$

где c отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточную точку. Как видно из табл. 1 отсчеты на промежуточные точки брались на станции №2, между ПК0 и ПК1, станции №5, между ПК2 и ПК4 и на станции №6, между ПК4 и ПК5. Например:

$$\text{ГП}_{\text{СТ2}} = H_{\text{ПК0}} + a_{\text{ч}} = 42,088 + 0,650 = 42,738;$$

$$\Gamma\Pi_{2CT2} = \text{НПК1} + b_4 = 40,031 + 2,706 = 42,737;$$

$$\Gamma\Pi_{\text{ср}CT2} = 42,738.$$

Аналогичным образом определяем значения $\Gamma\Pi$ на других станциях, данные вносим в табл. 1 столбец 8.

Определяем отметки промежуточных точек, например:

$$H_{\text{ПК0+70}} = \Gamma\Pi_{\text{ср}CT2} - c = 42,738 - 1,600 = 41,138.$$

Аналогичным образом определяем отметки других промежуточных точек и вносим их в таблицу №1.

В табл. 2 даны промеры глубин р. Сура. Из табл. 1 нам известны отметки точек $H_{\text{ПК2+44}}=35,181$ и $H_{\text{ПК2+76}} = 35,183$, $H_{\text{ср}} = 35,182$ м. Это среднее значение между двумя отметками. Вносим их в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Положение точек	Глубины	Абсолютные отметки
ПК2+44 (урез воды)	0,00	35,182
ПК2+52 (дно)	2,50	32,682
ПК2+60 (дно)	3,20	31,982
ПК2+68 (дно)	2,80	32,382
ПК2+76 (урез воды)	0,00	35,182

Определяем отметки дна р. Сура:

$$H_{\text{ПК2+52}} = 35,182 - 2,50 = 32,682 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК2+60}} = 35,182 - 3,20 = 31,982 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК2+68}} = 35,182 - 2,80 = 32,382 \text{ м}.$$

Вносим полученные данные в табл. 2.

2.1.4. Построение продольного профиля местности по оси автодороги

Профиль автодороги строится на листе миллиметровой бумаги формата А3. Продольный профиль автодороги является исходным документом при проектировании автодорог. Профиль строится по материалам нивелирования трассы автодороги (табл. 1), в 1:2000 масштабе (горизонтальный масштаб) и для выразительности рельефа в 10 раз крупнее (1:200) в вертикальном масштабе.

Все необходимые для построения профиля данные заносятся в графы расположенные в нижней части и образующие сетку профиля. Порядок и размер граф показан на рис. 8. Коли-

1	10 мм	↕	Уклоны и расстояния
2	15 мм		Проектные отметки
3	15 мм		Абсолютные отметки
4	10 мм		Расстояния и пикеты
5	20 мм		План полосы местности
6	10 мм		Грунты
7	30 мм		Прямые и кривые

Рис. 8. Образец выполнения сетки профиля автодороги

чество и порядок граф может варьировать в зависимости от типа линейного сооружения. Ширина граф дана в миллиметрах. Горизонтальный масштаб профиля 1: 2000 (в 1 см 20 м). Вертикальный масштаб для наглядности берется в 10 раз крупнее 1:200 (в 1 см 2 м).

На листе миллиметровой бумаги (формат А3) ниже сетки необходимо оставить место для штампа. По результатам нивелирования табл. 1 определяется линия условного горизонта. Для этого из журнала нивелирования выбирается минимальная абсолютная отметка (в нашем варианте таковой является отметка 31,982 дно р. Сура). Минимальная отметка должна располагаться выше линии условного горизонта, не менее чем на 4 см (8 м в масштабе 1:200). Тогда $31,983 - 8 = 23,983$. Отметка условного горизонта должна быть целым числом кратным двум, т.е. такими числами являются 20; 22. Для удобства отсчетов выбираем число 20. Линия условного горизонта совпадает с верхней линией сетки, которую для удобства отсчетов совмещают с утолщенной линией миллиметровки. Начало трассы (точка пикета №0) также совмещается с утолщенной линией миллиметровки. На расстоянии 5 миллиметров влево от нулевого пикета, от линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляр, на котором строят шкалу высот, через 2 м (1 см на профиле). Оцифровку шкалы производят вверх от условного горизонта: т.е. 20, 22, 24, 26....50 (рис. 9).

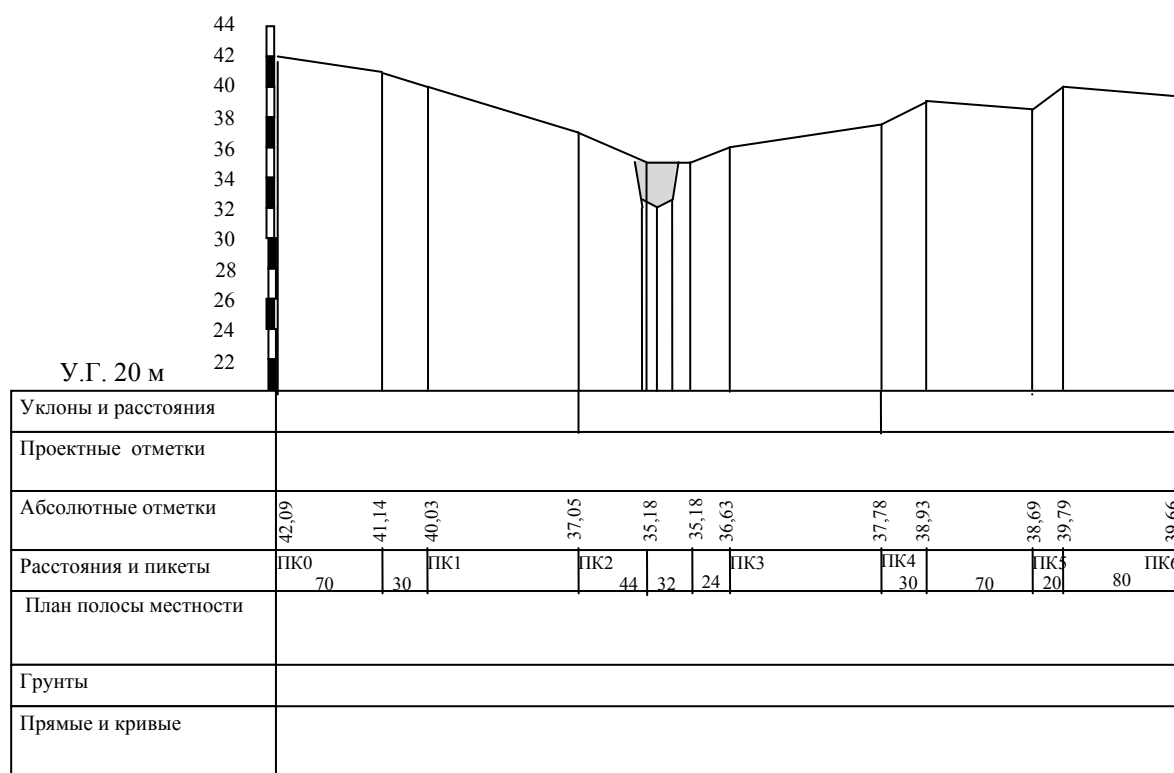


Рис. 9. Построение линии поверхности земли вдоль трассы автодороги.

Заполнение графы расстояние и пикеты. Пользуясь данными табл. 1 (графа нивелируемые точки) заполняем графу расстояния и пикеты сетки профиля. Так как, расстояние между пикетами равно 100 метрам (5 см в масштабе 1:2000), откладываем от линии нулевого пикета шесть отрезков по 5 сантиметров (см. рис. 9).

Между ПК0 и ПК1 расположена точка ПК 0+70. Отложив вправо от ПК0 3,5 см=70 м, делим 100 метровый отрезок на два, которые в сумме $70 + 30 = 100$ метрам (см. рис. 9). Следующие плюсовые точки находим между ПК 2 и ПК 3. Отложив вправо от ПК2 2,2 см=44 метра находим положение точки ПК 2+44. Отложив следующий отрезок, (1,6 см = 32 м от ПК2+44 до ПК 2 + 76) находим положение точки ПК2 + 76. Таким образом, 100 метровый отрезок разделился на три, которые в сумме равны 100 метрам ($44 + 32 + 24 = 100$). Если между пикетами нет плюсовых точек расстояние между ними не подписывается (ПК1 – ПК2). Сверху графы возле границы 100 метровых отрезков подписываются номера пикетов (см. рис.9).

Заполнение графы абсолютные отметки. Используя данные из табл. 1, заполняем графу абсолютные отметки, подписывая значения отметок напротив пикетов и плюсовых точек, округляя их до сотых (см. рис.9).

Построение профиля местности по оси автодороги. От линии условного горизонта, из точек соответствующих пикетам и плюсовым точкам, восстанавливаем перпендикуляры, на которых в 1:200 масштабе откладываем значения, равные разнице между абсолютной отметкой точки и условным горизонтом.

Например: ПК0 ($42,09 - 20 = 22,09$ м = $=11,04$ см).

Полученные точки соединяем между собой и получаем линию поверхности земли по профилю трассы автодороги (см. рис.9).

Пользуясь данными табл. 2, строим русло реки Сура. Отметки дна р. Сура можно откладывать как разницу отметок от условного горизонта, так и откладывая глубины от поверхности водной глади (точки ПК2+44 и ПК2+76) (рис. 10).

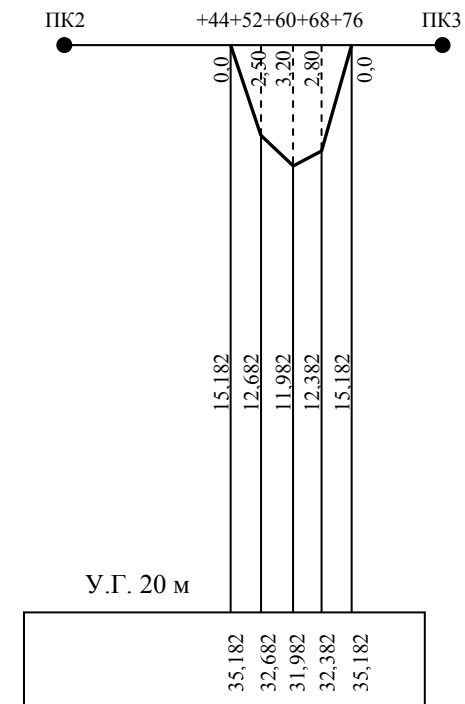


Рис.10. Схема построения русла реки Сура

2.1.5. Построение проектной оси автодороги

Строим проектную линию профиля автодороги, исходя из следующих данных.

а. Проектная отметка автодороги в точке ПК0 расположена на 0,5 метра ниже абсолютной отметки пикета.

б. Высота моста от поверхности реки отстоит на 2,6 метра. Это значение выбрано, таким образом, чтобы в самый сильный паводок мост находился выше речной поверхности.

с. Проектная и абсолютная отметки в точке ПК6 имеют одинаковые значения.

Построение проектной линии автодороги начинаем с нахождения отметки моста через реку Сура. $35,18 + 2,60 = 37,78$ м.

Через эту точку проводим линию параллельную поверхности реки (до ПК2 влево) и до пересечения с поверхностью земли (ПК4). Соединив найденные точки с отметкой 41,59 на линии ПК0 ($42,09 - 0,5 = 41,59$) и с отметкой точки ПК6, получаем всю проектную линию профиля автодороги. Проектная линия профиля проводится красным цветом (рис.11).

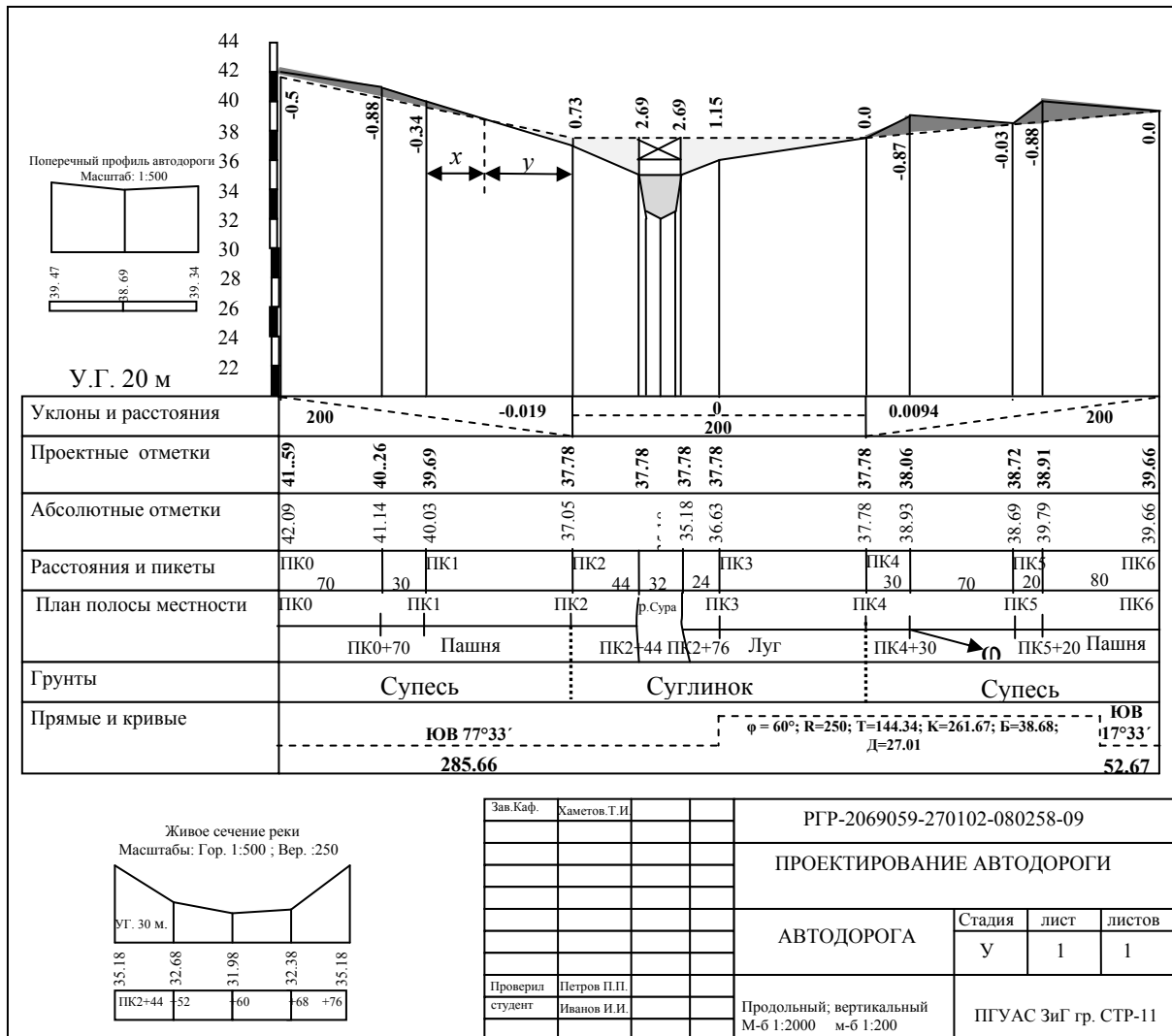


Рис.11. Оформление продольного профиля автодороги.

Пунктирные линии и надписи выполненные жирным шрифтом показывают, что они выносятся на профиль красным цветом

Определение проектных отметок всех точек профиля. Находим проектные отметки. Проектные отметки на линии высоты моста равны во всех точках этого участка

$$H_{\text{пр}} = 35,18 + 2,6 = 37,78.$$

Вносим эти значения в графу проектные отметки. Заполняем графу уклоны и расстояния. Делим графу на три вставки, границами которых являются точки перегиба проектной линии (см. рис. 11). В середине центральной вставки проводим прямую линию, сверху которой подписываем значения уклона, а снизу длину вставки. На двух других участках рассчитываем уклоны по формуле: $i = h/d$, где h – превышение между крайними точками вставки; d – расстояние между этими точками.

$$i_{\text{ПК0-ПК2}} = (37,78 - 41,59)/200 = -0,019.$$

Вносим эти данные в графу уклоны и расстояния (см. рис. 9). Рассчитываем уклон для третьего отрезка. $i_{\text{ПК4-ПК6}} = (39,66 - 37,78)/200 = 0,0094$. Вносим эти значения в графу уклоны и расстояния (Рис.11). Рассчитываем проектные отметки первого отрезка по формуле: $H_{\text{пр.посл}} = H_{\text{пр.пред}} + i \cdot d$, где $H_{\text{пр.посл}}$ – проектная отметка последующей точки; $H_{\text{пр.пред}}$ – проектная отметка предыдущей точки; i – уклон между последующей и предыдущей точками; d – расстояние между ними. Находим проектные отметки всех точек на отрезке профиля ПК0 – ПК2.

$$H_{\text{пр.ПК0+70}} = H_{\text{пр.ПК0}} + (-0,019 \cdot 70) = 41,59 - 1,33 = 40,26;$$

$$H_{\text{пр.ПК1}} = 40,26 + (-0,019 \cdot 30) = 40,26 - 0,57 = 39,69.$$

Для контроля находим проектную отметку ПК2.

$$H_{\text{пр.ПК2}} = 39,69 + (-0,019 \cdot 100) = 39,69 - 1,9 = 37,79.$$

Разница в 1 см с полученным ранее значением 37,78 является допустимой. Вносим полученные данные в графу проектные отметки (см. рис.11).

Рассчитываем проектные отметки третьего отрезка проектной линии автодороги.

$$H_{\text{пр.ПК4+30}} = 37,78 + (0,0094 \cdot 30) = 38,06;$$

$$H_{\text{пр.ПК3}} = 38,06 + (0,0094 \cdot 70) = 38,72;$$

$$H_{\text{пр.ПК5+20}} = 38,72 + (0,0094 \cdot 20) = 38,91;$$

$$H_{\text{пр.ПК6}} = 38,91 + (0,0094 \cdot 80) = 39,66,$$

что равно исходному значению проектной отметки ПК6. Вносим эти данные в графу проектные отметки (см. рис. 11), проектные отметки вносятся красным цветом.

Рабочие отметки основных точек профиля определяем по формуле

$$hr = H_{\text{пр}} - H_{\text{аб}},$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки; $H_{\text{аб}}$ – абсолютная отметка точки. Например: $hr_{\text{ПК0}} = 41,59 - 42,09 = -0,50$.

Аналогичным образом определяем остальные рабочие отметки. Отрицательное значение рабочей отметки означает, что для ее достижения необходимо срезать грунт, а положительная отметка о необходимости насыпных работ. Рабочие отметки подписываются возле линии профиля, причем отрицательные под линией профиля, а положительные рабочие отметки над линией. Рабочие отметки подписываются красным цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым цветом.

Определение расстояния до линии нулевых работ. На рис. 11 можно видеть пересечение проектной линии и линии рельефа между пикетами ПК1 и ПК2. Через эту точку проходит линия нулевых работ. Требуется определить расстояние x от ПК1 до линии нулевых работ. Рабочая отметка в точке ПК1 равна $-0,34$, а в точке ПК2 $+0,73$. Расстояние x определяется по формуле: $x = [|0,34| / (|0,34| + |0,73|) \cdot 100 = 31,8$ м. Для контроля определяем значение y , $y = [|0,73| / (|0,34| + |0,73|) \cdot 100 = 68,2$ м. Знак модуля означает, что знаки рабочих отметок в расчетах не учитываются. $x + y = 31,8 + 68,2 = 100$ м, расстояние от ПК1 до ПК2.

Заполняем графы: план полосы местности и грунты.

При оформлении **графы прямые и кривые** от точки поворота трассы (ВУ), в обе стороны от нее откладываем в $1:2000$ масштабе величину $K/2 = 130,84$ м. Из полученных точек (в середине графы) восстанавливаем перпендикуляры длиной 1 см и соединяем их. Основание перпендикуляров соединяем прямыми линиями с началом и концом трассы.

Если угол поворота правый то кривая обращена выпуклой стороной вверх, если угол левый вниз. Внутри кривых вставок вписываем параметры и главные элемента кривой. На серединах прямых вставок (под разделяющей линией) подписываем их длины. Складываем длины прямых отрезков с длиной кривой. Их сумма должна быть равна длине трассы плюс – минус 1-2 сантиметра. Над линией вписываем значение румба начального направления, которое берем из координатной ведомости, на первой прямой вставке и значение румба после поворота на второй вставке. Значения румба находим через дирекционные углы.

В координатной ведомости нашего варианта $\alpha_1 = 102^\circ 27'$, $r_1 = \text{ЮВ} 77^\circ 33'$ Вычисляем дирекционный угол после поворота по формуле

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{\text{прав}} = 102^\circ 27' + 60^\circ = 162^\circ 27';$$

$$r_2 = 180^\circ - 162^\circ 27' = \text{ЮВ} 17^\circ 33'.$$

2.1.6. Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки

Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки выполняется в 1:500 масштабе.

В отличие от продольного профиля, поперечный профиль автодороги строится в одном масштабе, как по горизонтали, так и по вертикали.

Такой неискаженный масштаб удобен для проектирования на поперечных профилях объемов насыпей и выемок. Количество граф и их порядок для поперечного профиля не регламентируется (рис. 12).

Поперечный профиль автодороги
Масштаб: 1:500

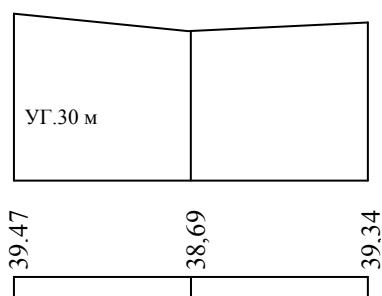


Рис. 12. Поперечный профиль автодороги

Для более наглядного изображения живого сечения реки, вертикальный масштаб, принимаем в два раза крупнее горизонтального, т.е. 1: 250 (рис.13).

Живое сечение реки
Масштабы: Гор. 1:500 ; Вер. :250

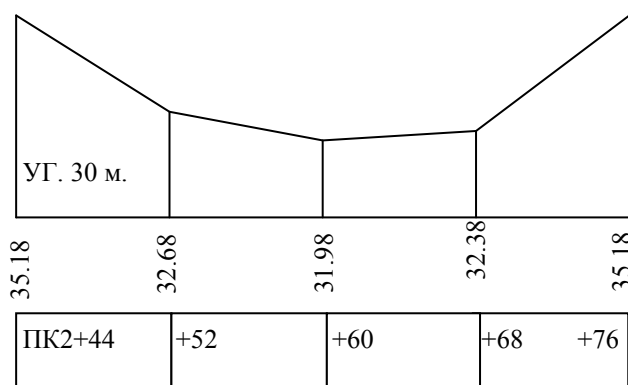


Рис.13. Живое сечение реки

2.2. Расчетно-графическая работа №16. Построение продольного профиля и проектирование трассы трубопровода

Исходные данные:

1. Журнал нивелирования трассы и пикетажный журнал для специальностей 270109, 270112, 270104.
2. Румб первоначального направления трассы: СВ $48^{\circ}50'$.
3. Трасса имеет один правый поворот. Угол поворота рассчитывается по формуле

$$\varphi = 3 \cdot N + 11^{\circ}30' = 30^{\circ} + 11^{\circ}30' = 41^{\circ}30',$$

где $N = 10$ номер по списку.

Отметка репера Рп1 определяется по формуле:

$$H_{\text{Рп1}} = 10 \cdot N + 5,105 \text{ м} = 105,105 \text{ м},$$

где N – номер по списку.

4. Отметка репера Рп2 определяется по формуле:

$$H_{\text{Рп2}} = H_{\text{Рп1}} - 5,750 \text{ м} = 105,105 - 5,750 = 99,355 \text{ м}.$$

5. Радиус закругления трассы равен 100 метрам ($R = 100\text{м}$).

Технические условия для проектирования самотечного трубопровода:

- а) проектная глубина заложения трубы $1,8 \leq h_{\text{пр}} \leq 3,5 \text{ м}$;
- б) проектные уклоны должны быть больше или равны: $i \geq 0,005$;
- в) смотровые колодцы предусматриваются в местах изменения уклона и поворота трассы, а также в начале и конце поворота трассы;
- г) в начальном и последнем колодцах трассы (ПК0 и ПК6), а также в местах изменения уклона трассы, глубину заложения трубы принять равной 2 метров. Прокладка трассы трубопровода на начальной стадии не отличается от прокладки трассы автодороги, поэтому камеральное и полевое трассирование в данном разделе не рассматривается.

2.2.1. Вычисление главных элементов и пикетажных значений главных точек кривой

Для обработки данных пикетажного журнала сначала необходимо выполнить расчет главных элементов круговой кривой.

Исходя из заданных параметров круговой кривой (угла поворота трассы φ и радиуса кривой R), рассчитываем элементы круговой кривой.

а) тангенс кривой (Т) – расстояние от вершины угла до точек касания:

$$T = R \cdot \text{tg } \varphi/2 = 37,89 \text{ м};$$

б) длина кривой (К) – расстояние между точками касания, считываемое по кривой:

$$K = \pi R (\varphi / 180^{\circ}) = 72,39 \text{ м};$$

в) биссектриса – расстояние от вершины угла до середины кривой:

$$Б = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right] = 6,38 \text{ м};$$

г) домер – разница расстояний считываемых по тангенсам и по кривой:

$$Д = 2Т - К = 3,39 \text{ м}.$$

Параметры и элементы кривой вносим в пикетажный журнал.

Пикетажные значения главных точек кривой вычисляется с точностью до сантиметра, взяв за основу пикетаж вершины угла поворота:

$$НК = ВУ - Т,$$

где ВУ вершина угла.

$$КК = НК + К.$$

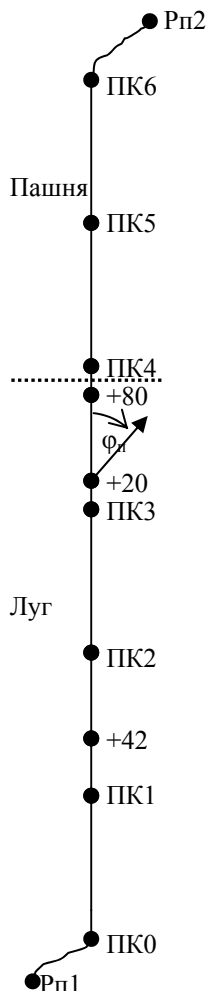
После расчета значений НК и КК производим контроль.

$$КК = ВУ + Т - Д;$$

$$СК = КК - К/2;$$

$$СК = НК + К/2.$$

Разница между двумя значениями середины кривой не должна превышать 2 см. В случае, когда кривая имеет большие тангенсы, точки начала и конца кривой откладываются от ближайших пикетов.



Параметры круговой кривой:

$$\varphi = 41^{\circ}30'; R = 100 \text{ м}.$$

Элементы круговой кривой:

$$Т = 37,89 \text{ м}; К = 72,39 \text{ м}; Б = 6,38 \text{ м};$$

$$Д = 3,39 \text{ м}.$$

Определение пикетажных значений главных точек кривой:

$$ВУ = ПК3 + 20 = 320$$

$$\begin{array}{r} - Т = 37,89 \\ \hline НК = 320 - 37,89 = 282,11 \\ + К = 72,39 \\ \hline КК = 282,11 + 72,39 = 354,5 \end{array}$$

Контроль

$$ВУ = 320$$

$$\begin{array}{r} + Т = 37,89 \\ - Д = 3,39 \\ \hline КК = 320 + 37,89 - 3,39 = 354,5 \end{array}$$

$$КК = 354,5$$

$$\begin{array}{r} - К/2 = 36,195 \\ \hline СК = 354,5 - 36,195 = 318,305 \end{array}$$

$$НК = 282,11$$

$$\begin{array}{r} + К/2 = 36,195 \\ \hline СК = 282,11 + 36,195 = 318,305 \end{array}$$

Рис.14. Пикетажный журнал трассы трубопровода

2.2.2. Обработка журнала нивелирования трассы трубопровода

Нивелирование трассы трубопровода проводилось аналогично нивелированию трассы автодороги. Заполняем журнал нивелирования трассы трубопровода (табл. 3).

Т а б л и ц а 3 (стр.1)

Журнал нивелирования трассы трубопровода

№ станций	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм)			Превышения (мм)			Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задняя	Передняя	Промежуточная	Вычисленные	Средние	Исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Рп1	1525			0980				105,105
		6305				0980 ⁻²	0978		
	ПК0		0545		0980				106,083
2			5325						
	ПК0	0550			-2056				106,083
		5332				-2055 ⁻¹	-2056		
	x1		2606		-2053				104,027
3			7385						
	x1	0578			-1912				104,027
		5359				-1911 ⁻¹	-1912		
	ПК1		2490		-1910				102,115
4			7269						
	ПК1	1864			-0952			103,979	102,115
		6644				-0953 ⁻¹	-0954	103,977	
	ПК2		2816		-0953			103,978	101,161
Постраничный контроль			7597						
				0873					103,105
		28157	36033		-7876	-3938			
			-7876		-3938				

Определяем превышения между точками нивелирования, аналогично тому, как это делалось для трассы автодороги. После определения вычисленных и средних превышений, производим постраничный контроль. Разница в 1 мм, между суммой вычисленных и средних превышений, может получиться за счет округления долей мм, так как геометрическое нивелирование производится с точностью до 1 мм. После проведения постраничного контроля производим контроль по ходу.

Проверяем правильность произведенных измерений:

а. Сумма полученных средних превышений равна:

$$\Sigma h_{cp} = -5740 \text{ мм} = -5,740 \text{ м}$$

(см. графу контроль по ходу, табл. 3).

Полученная разница между превышениями является превышением между Рп2 и Рп1.

б. Превышение между Рп2 и Рп1 равно:

$$h_{Рп2-Рп1} = -5750 \text{ мм} = -5,750 \text{ м}$$

(см. исходные данные п.2.4.1) – это превышение определено по результатам нивелирования более высокого класса и принимается за истинное превышение.

Т а б л и ц а 3 (стр.2)

Журнал нивелирования трассы трубопровода

№ станций	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм).			Превышения (мм)			Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задняя	Передняя	Промежуточная	Вычисленные	Средние	Исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	ПК2	0288			-2560			101,449	101,161
		5068				-2560 ⁻¹	-2561	101,448	
	ПК3+20		2848		-2560			101,449	98,600
			7628						
	ПК3			2446					99,003
6	ПК3+20	2171			-0250			100,771	98,600
		6952				-0249 ⁻¹	-0250	100,771	
	ПК4		2421		-0248			100,771	98,350
			7200						
	ПК3+80			0952					99,819
7	ПК4	1980			0960				
		6758				0959 ⁻¹	0958		
	ПК5		1020		0957				99,308
			5801						
8	ПК5	0325			0048			99,633	99,308
		5105				0049 ⁻²	0047	99,632	
	ПК6			2229				99,633	97,404
	Рп2		0277		0049				99,355
			5056						
Постраничный контроль		28647	32251		-3604	-1802			
			-3604		-1802				
Контроль по ходу		56804	68284		-11480	-5740			
			-11480		-5740				

в. Определяем разницу между истинным и полученным превышениями:

$$fh_{пол} = h_{пол} - h_{ист} = -5,740 - (-5,750) = +0,010 = +10 \text{ мм.}$$

Данная величина является полученной невязкой нивелирного хода.

г. Чтобы определить допустимость полученной невязки, определяем допустимую невязку нивелирного хода по формуле

$$fh_{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = 38,7 \text{ мм,}$$

где $L = 0,6$ км (длина хода в км).

Если полученная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения проведены правильно. $10 \text{ мм} \leq 38,7 \text{ мм}$.

д. Убедившись в правильности измерений, уравниваем нивелирный ход, т.е. разбрасываем полученную невязку равномерно на все превышения с обратным знаком, но 10 на 8 нацело не делится, поэтому добавляем к превышениям между реперами и крайними точками по -2 мм, а к остальным по -1 мм.

е. Вносим поправки в превышения (графа средние превышения). Поправки подписываются над средними превышениями (см. табл.3).

ж. Находим исправленные превышения по формуле

$$h_{\text{ср.исп}} = h_{\text{ср}} + \delta h.$$

Вносим эти значения строкой ниже средних превышений.

з. Определяем сумму исправленных превышений:

$$\Sigma h_{\text{исп}} = 0978 - 2056 - 1912 - 0954 - 2561 - 0250 + 0958 + 0047 = -5750 \text{ мм},$$

что соответствует истинному превышению между Рп2 и Рп1.

и. Определяем абсолютные отметки связующих точек по формуле

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{исп}}$$

и вносим их в табл. 3.

к. Определяем разницу между полученными отметками Рп1 и Рп2.

$$H_{\text{Рп2}} - H_{\text{Рп1}} = 99,355 - 105,105 = -5,750 \text{ м},$$

что соответствует исходному значению.

л. Определяем абсолютные отметки промежуточных точек по формуле

$$H_{\text{пр.}} = \text{ГП} - c,$$

где c отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке. Промежуточные точки определялись на станциях № 4; 5; 6; 8.

Определяем горизонт прибора (ГП) на этих станциях. Например, для станции №4:

$$\text{ГП1} = H_{\text{ПК1}} + a = 102,115 + 1,864 = 103,979;$$

$$\text{ГП2} = H_{\text{ПК2}} + b = 101,161 + 2,816 = 103,977;$$

$$\text{ГП}_{\text{ср}} = (\text{ГП1} + \text{ГП2}) / 2 = 103,978.$$

м. Определяем отметки промежуточных точек, например:

$$H_{\text{ПК1+42}} = 103,978 - 0,873 = 103,105.$$

Определяем отметки остальных промежуточных точек и вносим их значения в табл. 3.

2.2.3. Построение профиля местности и проектирование трассы трубопровода

Как и при построении профиля трассы автодороги, профиль трассы трубопровода строится на листе миллиметровки формата А3.

Построение профиля начинается с построения сетки профиля и выбора условного горизонта. Исходя из требований предъявляемым к определению условного горизонта из табл. 3, выбираем наименьшее значение абсолютной отметки, таким числом является 97,404. принимаем за линию условного горизонта 90,0 метров. От линии условного горизонта и линии ПК0, строим масштабную линейку (рис.15).

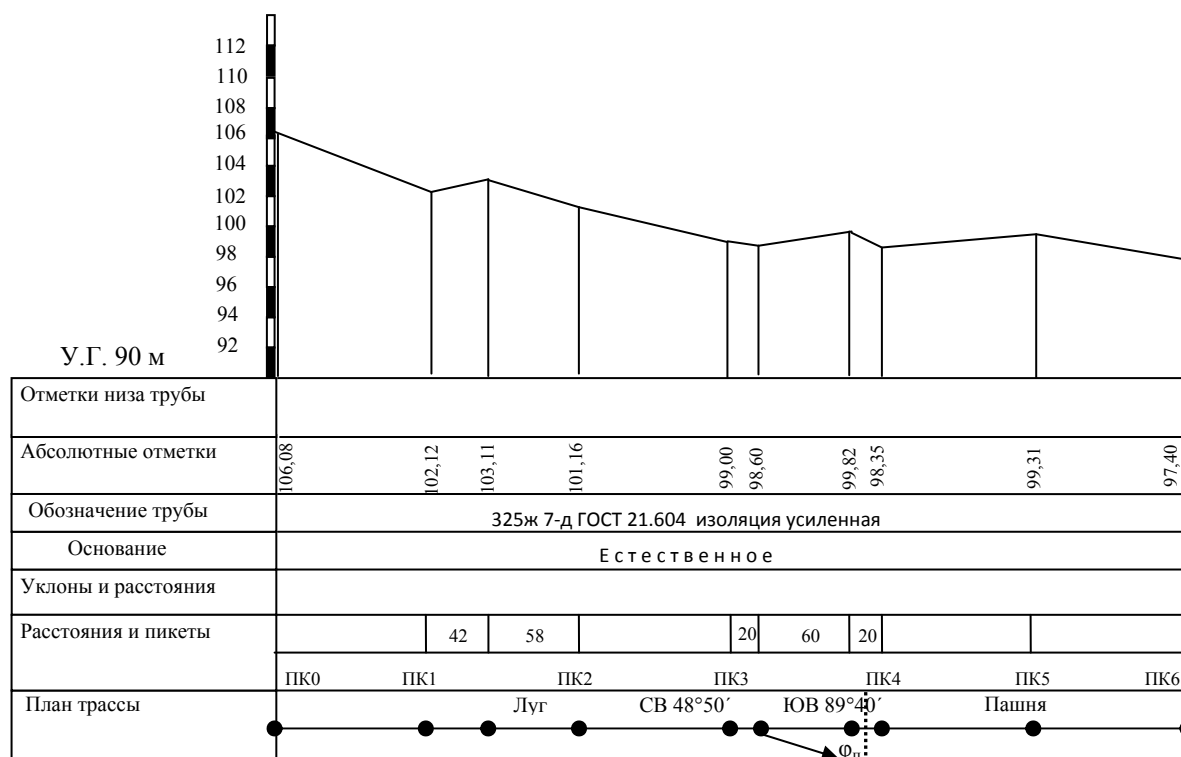


Рис.15. Построение линии поверхности земли вдоль трассы трубопровода

Проектирование трубопровода. После построения профиля местности вдоль трассы трубопровода, приступаем к проектированию трубопровода. В местах изменения уклона профиля местности, проектируем места изменения уклонов проектной линии. По условию задания глубина заложения трубы в местах перегиба равна 2 метрам. Откладываем четыре отрезка по 2 метра (1 см в 1:200 масштабе) от линии поверхности земли в точках ПК0; ПК1; ПК3+20; ПК6. Соединив основания отрезков, получаем проектную линию трубопровода (см. рис. 15). В результате проектирова-

ния трасса разбилась на три участка. На конечных точках участков вычисляем проектные отметки низа трубы по формуле

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{абс}} - h_{\text{гл}},$$

где $H_{\text{абс}}$ – абсолютная отметка поверхности земли в конкретной точке; $h_{\text{гл}}$ – глубина заложения трубы.

Например: $H_{\text{пр.ПК0}} = 106,08 - 2,00 = 104,08$ м.

Вычисляем остальные проектные отметки концов отрезков и выносим эти значения на профиль.

Вычисление проектных уклонов проводим по формуле

$$i_{\text{пр}} = (H_2 - H_1) / d,$$

где H_2 и H_1 – проектные отметки конца и начала отрезка; d – длина отрезка.

Например: $i_{\text{ПК0-ПК1}} = (H_{\text{прПК1}} - H_{\text{прПК0}}) / d = (100,12 - 104,08) / 100 = -0,0396$.

Определяем уклоны на остальных участках и вносим их в графу «Уклоны и расстояния»:

$$i_{\text{ПК1-ПК3+20}} = (H_{\text{прПК3+20}} - H_{\text{прПК1}}) / d = (96,60 - 100,12) / 220 = -0,016;$$

$$i_{\text{ПК3+20-ПК6}} = (H_{\text{прПК6}} - H_{\text{прПК3+20}}) / d = (95,40 - 96,60) / 280 = -0,0043.$$

На последнем отрезке уклон равен

$$i_{\text{ПК3+20-ПК6}} = |-0,0043| < 0,005,$$

что не соответствует условию задания. Поэтому увеличиваем глубину залегания трубы до 2,5 метров на ПК6. Проектная отметка основания трубы будет равна:

$$H_{\text{пр.ПК6}} = H_{\text{ПК6}} - 2,50 = 97,40 - 2,50 = 94,90 \text{ м.}$$

Определяем уклон на этом участке с учетом изменения глубины залегания трубы.

$$i_{\text{ПК3+20-ПК6}} = (94,90 - 96,60) / 280 = |-0,0061| > 0,005.$$

Определяем проектные отметки на пикетах и всех плюсовых точках по формуле

$$H_{\text{пр.посл}} = H_{\text{пр.пред}} + i \cdot d,$$

где $H_{\text{пр.посл}}$ – проектная отметка последующей точки; $H_{\text{пр.пред}}$ – проектная отметка предыдущей точки; d – расстояние между этими точками; i – величина уклона между ними.

Например:

$$H_{\text{пр.ПК1+42}} = H_{\text{пр.ПК1}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК1-ПК1+42}}) = 100,12 + (-0,016 \cdot 42) = 99,45 \text{ м.}$$

Определяем проектные отметки на всех пикетах и плюсовых точках:

$$H_{\text{пр.ПК2}} = H_{\text{пр.ПК1+42}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК1+42-ПК2}}) = 99,45 + (-0,016 \cdot 58) = 98,52 \text{ м.}$$

$$H_{\text{пр.ПК3}} = H_{\text{пр.ПК2}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК2-ПК3}}) = 98,52 + (-0,016 \cdot 100) = 96,92 \text{ м.}$$

Для контроля вычисляем отметку точки ПК3+20:

$$H_{\text{пр.ПК3+20}} = H_{\text{пр.ПК3}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК3-ПК3+20}}) = 96,92 + (-0,016 \cdot 20) = 96,60 \text{ м.}$$

Что соответствует исходной отметке ПК3+20.

Определяем проектные отметки на отрезке ПК3+20 – ПК6:

$$H_{\text{пр.ПК3+80}} = H_{\text{пр.ПК3+20}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК3+20-ПК3+80}}) = 96,60 + (-0,0061 \cdot 60) = 96,23 \text{ м.}$$

$$H_{\text{пр.ПК4}} = H_{\text{пр.ПК3+80}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК3+80-ПК4}}) = 96,24 + (-0,0061 \cdot 20) = 96,12 \text{ м.}$$

$$H_{\text{пр.ПК5}} = H_{\text{пр.ПК4}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК4-ПК5}}) = 96,12 + (-0,0061 \cdot 100) = 95,51 \text{ м.}$$

Для контроля вычисляем проектную отметку точки ПК6:

$$H_{\text{пр.ПК6}} = H_{\text{пр.ПК5}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК5-ПК6}}) = 95,51 + (-0,006 \cdot 100) = 94,90 \text{ м.}$$

Что соответствует проектной отметке.

2.2.4. Определение глубины заложения трубопровода

Определяем глубину заложения трубы по формуле

$$h_{\text{гл}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{абс.}}$$

Например: в точке ПК1+42 $h = 99,45 - 103,11 = 3,66$ м. Такая глубина заложения трубы, не отвечает требованиям в разделе исходные данные.

По условиям задания глубины заложения трубы и уклоны, должны соответствовать следующим параметрам: уклоны на всех отрезках должны быть $i_{\text{пр}} \geq |0,005|$, $1,8 \text{ м} \leq h_{\text{гл}} \leq 3,5 \text{ м}$. Если эти требования не выполняются, то изменяются положения точек перелома или глубины заложения в них и все расчеты повторяются.

Для достижения необходимых параметров, уменьшаем глубину колодцев (глубина заложения низа трубы) до минимально допустимой глубины 1.8 метра, в точках ПК1 и ПК3+20, а в точке ПК6 возвращаемся к глубине 2 метра.

$$H_{\text{пр.ПК1}} = 102,12 - 1,8 = 100,32 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК3+20}} = 98,60 - 1,8 = 96,8 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК6}} = 97,40 - 2,0 = 95,40 \text{ м.}$$

Определяем новые значения проектных уклонов:

$$i_{\text{ПК0-ПК1}} = (H_{\text{прПК1}} - H_{\text{прПК0}}) / d = (100,32 - 104,08) / 100 = -0,0376;$$

$$i_{\text{ПК1-ПК3+20}} = (H_{\text{прПК3+20}} - H_{\text{прПК1}}) / d = (96,80 - 100,32) / 220 = -0,016;$$

$$i_{\text{ПК3+20-ПК6}} = (H_{\text{прПК6}} - H_{\text{прПК3+20}}) / d = (95,40 - 96,80) / 280 = -0,005.$$

Все уклоны отвечают требованиям задания.

Определяем исправленные проектные отметки на всех пикетах и плюсовых точках:

$$H_{\text{пр.ПК1+42}} = H_{\text{пр.ПК1}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК1-ПК1+42}}) = 100,32 + (-0,016 \cdot 42) = 99,65 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК2}} = H_{\text{пр.ПК1+42}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК1+42-ПК2}}) = 99,65 + (-0,016 \cdot 58) = 98,72 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК3}} = H_{\text{пр.ПК2}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК2-ПК3}}) = 98,72 + (-0,016 \cdot 100) = 97,12 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК3+20}} = H_{\text{пр.ПК3}} + (i_{\text{ПК1-ПК3+20}} \cdot d_{\text{ПК3-ПК3+20}}) = 97,12 + (-0,016 \cdot 20) = 96,80 \text{ м;}$$

$$H_{\text{пр.ПК3+80}} = H_{\text{пр.ПК3+20}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК3+20-ПК3+80}}) = 96,80 + (-0,005 \cdot 60) = 96,50 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр.ПК4}} = H_{\text{пр.ПК3+80}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК3+80-ПК4}}) = 96,50 + (-0,005 \cdot 20) = 96,40 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр.ПК5}} = H_{\text{пр.ПК4}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК4-ПК5}}) = 96,40 + (-0,005 \cdot 100) = 95,90 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр.ПК6}} = H_{\text{пр.ПК5}} + (i_{\text{ПК3+20-ПК6}} \cdot d_{\text{ПК5-ПК6}}) = 95,90 + (-0,005 \cdot 100) = 95,40 \text{ м}.$$

Определяем глубины заложения трубы на всех точках по формуле

$$h_{\text{гл}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{абс.}}$$

$$h_{\text{гл.ПК0}} = 106,08 - 104,08 = 2 \text{ м}, h_{\text{гл.ПК1}} = 102,12 - 100,32 = 1,8 \text{ м};$$

$$h_{\text{гл.ПК1+42}} = 103,11 - 99,65 = 3,46 \text{ м}, h_{\text{гл.ПК2}} = 101,16 - 98,72 = 2,44 \text{ м};$$

$$h_{\text{гл.ПК3}} = 99,00 - 97,12 = 1,88 \text{ м}, h_{\text{гл.ПК3+20}} = 98,60 - 96,80 = 1,80 \text{ м};$$

$$h_{\text{гл.ПК3+80}} = 99,82 - 96,50 = 3,32 \text{ м}, h_{\text{гл.ПК4}} = 98,35 - 96,40 = 1,95 \text{ м};$$

$$h_{\text{гл.ПК5}} = 99,31 - 95,90 = 3,41 \text{ м}, h_{\text{гл.ПК6}} = 97,40 - 95,40 = 2,0 \text{ м}.$$

Все исправленные уклоны и глубины заложения трубы соответствуют требованиям технических условий для проектирования самотечного трубопровода.

Окончательно оформляем профиль трубопровода, внося в него исправленные данные (рис.16).

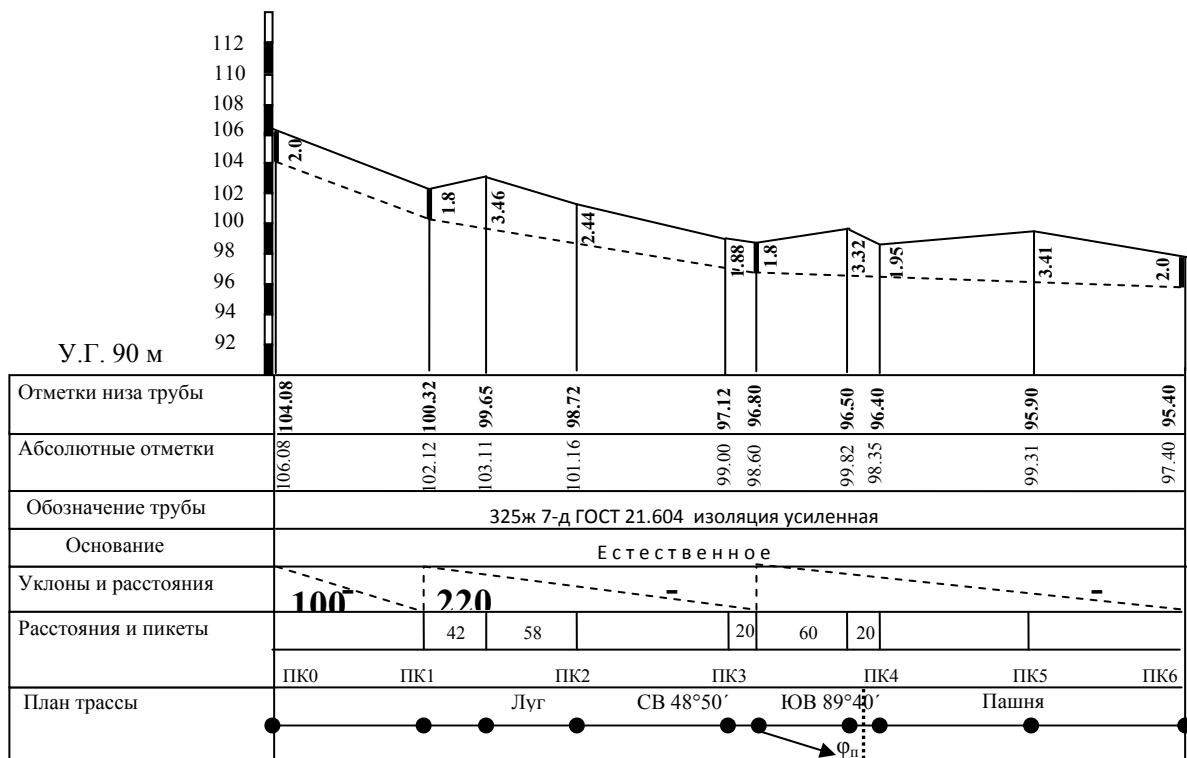


Рис. 16. Оформление профиля самотечного трубопровода. Пунктирные линии и надписи выполненные жирным шрифтом показывают, что они выносятся на профиль красным цветом

2.3. Детальная разбивка круговых кривых

При строительстве линейных сооружений возникает необходимость разбивать не только главные точки кривой, но и выполнять детальную разбивку кривых, т.е. между главными точками кривой разбить промежуточные интервалы через 2, 5, 10, 20 м.

Наименьший интервал устанавливают для кривых с радиусом 20-100 м, наибольший для кривых с радиусом 1000 м и более. Существует множество способов разбивки круговых кривых, но на практике, чаще всего, разбивка кривых производится способами прямоугольных и полярных координат.

Способ прямоугольных координат. Применяется в условиях открытой площадки. Пусть требуется провести детальную разбивку кривой с радиусом R , то есть найти точки $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Расстояния между ними на кривой равны k (рис.17).

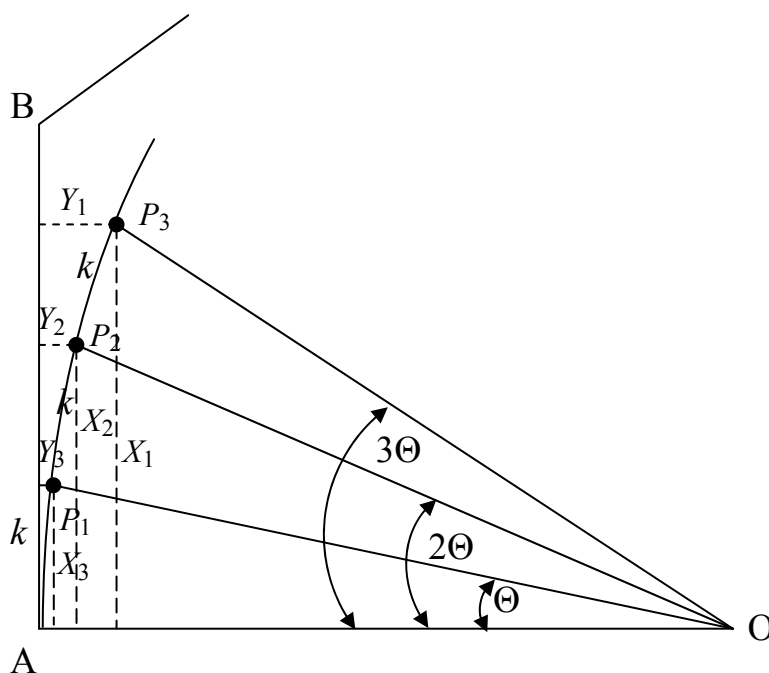


Рис.17. Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Примем касательную AB за ось X , а радиус R – за ось Y . Положение точек P_1, \dots, P_n , лежащих на кривой определяется прямоугольными координатами. Первоначально находим величину угла Θ , соответствующего заданной дуге k .

$$\Theta = (180^\circ / \pi R) \cdot k.$$

Из рис. 17 видно, что:

$$X_1 = R \sin \Theta;$$

$$Y_1 = R - R \cos \Theta = R (1 - \cos \Theta).$$

По аналогии могут быть определены координаты других точек P_2, P_3, \dots, P_n .

То есть,

$$X_2 = R \sin 2\Theta; Y_2 = R (1 - \cos 2\Theta);$$

$$X_3 = R \sin 3\Theta; Y_3 = R (1 - \cos 3\Theta);$$

$$X_n = R \sin n \Theta; Y_n = R (1 - \cos n \Theta).$$

Абсциссы и ординаты откладывают по касательной и перпендикулярно ей при помощи рулетки или ленты. Перпендикуляры строят теодолитом. Разбивку кривой ведут от начала и конца кривой к середине. Помимо формул координаты могут быть определены с помощью специальных таблиц для разбивки кривых. Достоинством способа прямоугольных координат является то, что точки P_1, P_2, \dots, P_n находят независимо друг от друга, поэтому ошибки не нарастают при переходе от одной промежуточной точки к другой.

Способ полярных координат или способ углов. Способ полярных координат или способ углов основан на том, что углы с вершиной в точке А на окружности (рис. 18), образованные касательной и секущей и заключающие равные дуги, равны половине соответствующего центрального угла. Величины хорды S и радиуса R известны. Из (рис. 18) видно, что хорда S равна:

$$S = 2R \sin \Theta/2.$$

Откуда, $\sin \Theta/2 = s / 2R$.

Находим значение Θ . Установив теодолит в точке А, совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку В и от направления АВ, вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$. С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления АВ откладывают угол Θ . Установив теодолит в точке А, совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку В и от направления АВ вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$.

С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления АВ откладывают угол Θ . Совместив начало ленты с точкой P_1 , прокладывают ее в направлении визирной оси теодолита. Пересечение отрезка S от точки P_1 и визирной линии даст положение точки P_2 . Аналогичным

способом находят положение точек P_3, P_4 и так далее. В точках $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ забивают колышки.

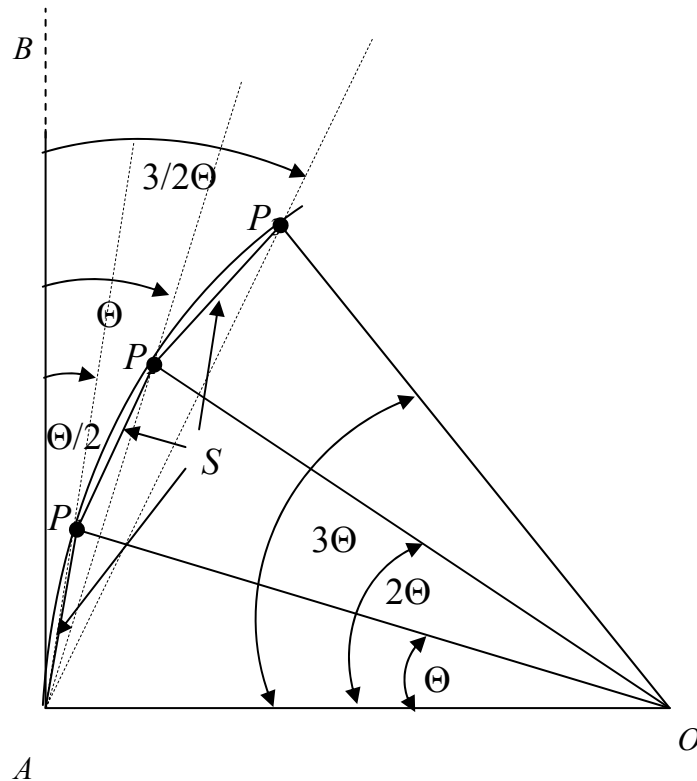


Рис. 18. Схема детальной разбивки кривой способом полярных координат

Недостатком этого способа является то, что ошибки в определении точек на кривой растут по мере увеличения их числа.

Контрольные вопросы

1. Что такое трасса?
2. Какие виды линейных сооружений вы знаете.
3. Ваше понятие о камеральном трассировании и как оно выполняется?
4. Виды геодезических работ при полевом трассировании.
5. Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для всех типов линейных сооружений.
6. Полевое трассирование.
7. Пикетажный журнал. Как производится разбивка пикетажа?
8. С какого номера начинается отсчет пикетов на трассе?
9. Что такое напряженный ход трассы, как он прокладывается?
10. Особенности нивелирования профиля линейного сооружения. Как осуществляется привязка профиля?
11. Вычисление допустимости невязки нивелирного хода.
12. Назовите основные параметры круговой кривой?

13. Вычисление элементов круговой кривой. Что такое тангенс кривой, биссектриса, домер?
14. Назовите главные точки круговой кривой? Как определяется начало круговой кривой?
15. Каким способом осуществляется вынос пикета на кривую?
16. Как рассчитывается проектный уклон автодороги?
17. Что означает знак рабочей отметки? Как рассчитывается расстояние до линии нулевых работ?
18. Как определяется румб нового направления после поворота трассы?
19. По какой формуле определяется расстояние от начала трассы до начала круговой кривой?
20. Для чего строится поперечный профиль автодороги?
21. Назовите несколько способов разбивки круговых кривых?
22. Для чего производится разбивка круговых кривых?

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕНИЯ НА СТРОЙПЛОЩАДКУ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

3.1. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений

Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей.

Площадки, выделенные под застройку, подлежат съемкам в крупных масштабах – 1:500, 1:1000, 1:2000. На полученной топографической основе крупного масштаба разрабатывается проект застройки – **генеральный план** (генплан) застройки. **Генпланом** называется проект размещения на топографической карте крупного масштаба зданий, сооружений и инженерных сетей, составляющих комплекс жилой застройки или промышленного предприятия.

На стадии разработки рабочей документации в состав геодезических работ входят:

- разработка генплана участка застройки с расположением проектируемых, сохраняемых и реконструируемых зданий, сооружений;
- разработка разбивочных чертежей в масштабах 1:500 или 1:1000, содержащих схему, цифровой и графический материалы привязки осей сооружений к опорной геодезической сети;
- подготовка проекта вертикальной планировки территории застройки в масштабах 1:500–1:1000 с проектными горизонталями, проектными отметками и уклонами, картограммой земляных работ.

Из перечисленных документов генплан является важнейшим проектным документом, являющимся основой для разработки проектов планировки и застройки объектов строительства, инженерных коммуникаций, городского транспорта, очередности строительства и т.п.

На основании генплана составляются разбивочные чертежи для перенесения проектируемых объектов на местность; подготавливаются геодезические данные для проведения работ по вертикальной планировке и благоустройству территории.

В зависимости от назначения различаются генпланы сводные, поэлементные, строительные (стройгенпланы) и исполнительные. Если проектируемый комплекс объектов или отдельный объект не сложный, то все элементы проекта, охватывающие полный комплекс капитальных зданий и сооружений на всей строительной площадке, разрабатываются на **сводном генплане**.

При разработке проекта на крупное строительство на одном топографическом плане разместить весь комплекс зданий, сооружений и комму-

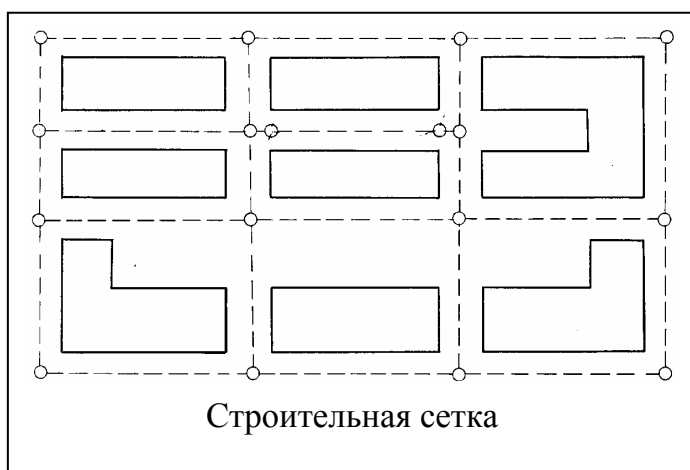
никаций не представляется возможным. В этом случае весь комплекс проектируемых элементов расчленяют на ряд поэлементных генпланов, например, генпланы надземных сооружений, подземных инженерных сетей, дорожной сети, вертикальной планировки и другие.

Проект расположения комплекса или отдельных капитальных зданий и сооружений, а также временных сооружений, дорог, инженерных сетей и помещений на период обслуживания строительства называют **стройгенпланом**.

Геодезической основой при разработке генплана является опорная геодезическая сеть, которая используется для обеспечения инженерно-геодезических изысканий. Однако для проектирования на генплане объектов строительства, а затем перенесения проекта в натуру, геодезического обслуживания строительства при производстве исполнительной съемки и в дальнейшем при реконструкции предприятия требуется развитие геодезической основы на генплане и соответственно на местности. Выбор типа геодезической основы зависит от размеров территории местности и ее особенностей, вида строительства и требуемой точности ее построения.

При разработке генплана застройки объектов жилищного и гражданского строительства в качестве разбивочной геодезической основы проектируют красные линии застройки – границы, отделяющие территорию застройки квартала от улиц, проездов, площадей и т.п. Красную линию проектируют так, чтобы здания вдоль улиц располагались по линии застройки, отступающей от красной линии в глубь территории на магистральных улицах не менее чем на 6 м, а на жилых – 3 м.

В подготовку данных для перенесения красных линий в натуру входят определение графически по генплану координат X , Y точек поворота красных линий и по ним расчет аналитическим путем координат X , Y промежуточных точек. Затем по данным расположения на генплане вершин теодолитного хода и красной линии рассчитываются угловые и линейные разбивочные элементы и составляется разбивочный чертеж для перенесения красной линии в натуру.



При разработке генплана промышленного строительства распространенным видом геодезической основы является *строительная сетка*. Она представляет собой систему отдельных точек или точек, образующих ряд прямоугольников или квадратов с длинами сторон 50, 100, 200 м.

Основное требование, предъявляемое при проектировании строительной сетки, – строгая параллельность ее сторон основным осям проездов, зданий или сооружений.

Цифровые величины геодезической подготовки данных генплана – это координаты и отметки характерных точек зданий и сооружений, величины углов, линий и превышений, которые необходимо перенести и закрепить на местности от опорных точек разбивочной основы.

Подготовка данных генплана осуществляется графическим, аналитическим и графоаналитическим методами, то есть производится путем измерений на генплане и математических расчетов. При подготовке данных генплана крупного строительства все эти три метода применяются в совокупности и дополняют друг друга. Выбор метода и данные подготовки разбивочных чертежей зависят от точности разбивочных работ.

Графический метод подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений заключается в том, что все необходимые данные определяют на плане при помощи циркуля-измерителя, транспортира и масштабной линейки. Точность этих данных зависит от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых с плана линейных и угловых величин, и наоборот. При отсутствии существенной деформации бумаги ошибку m_D расстояния D на местности определяют по формуле:

$$m_D = m_d \cdot M,$$

где m_d – ошибка длины d отрезка линии, взятой графически с плана, принимаемая равной графической точности масштаба плана 0,2 мм; M – знаменатель численного масштаба плана.

Например: масштаб плана 1:500. Ошибка при выносе расстояния в натуру составит: $m_D = 0,2 \text{ мм} \cdot 500 = 0,10 \text{ м}$.

Если учесть, что обычно проектирование производится на копиях с топографических планов, то графическая точность будет еще ниже. Поэтому графический метод подготовки является наименее точным, но наиболее простым, быстрым и применяется в основном для неответственных или вспомогательных зданий и сооружений, а также внутриквартальной жилой застройки, где к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований.

Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$X_A = X_0 + \Delta X;$$

$$Y_A = Y_0 + \Delta Y,$$

где X_0 и Y_0 – координаты нижнего угла координатной сетки, а величины ΔX и ΔY приращения координат, которые взяты с плана графически (рис. 19,а).

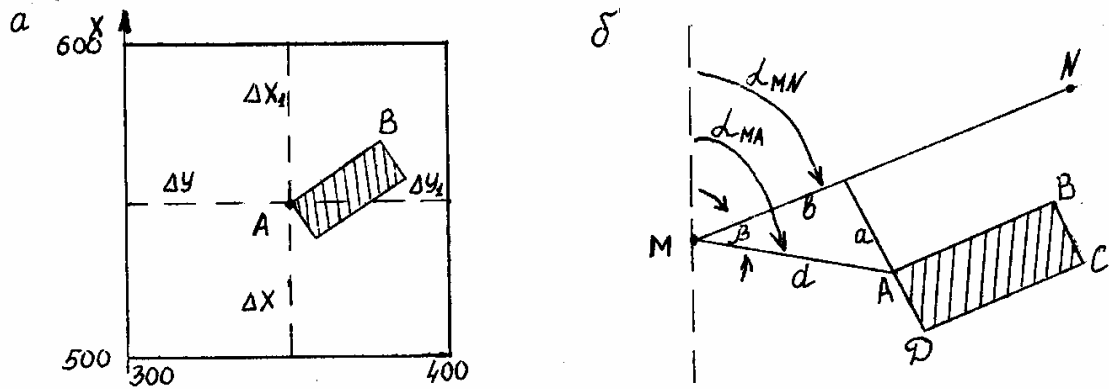


Рис.19. Определение координат точки A :
 а – графическим методом; б – аналитическим методом

Учитывая деформацию бумаги координаты точки A определяются по формулам:

$$X_A = X_0 + [L / (\Delta X + \Delta X_1) \cdot \Delta X];$$

$$Y_A = Y_0 + [L / (\Delta Y + \Delta Y_1) \cdot \Delta Y],$$

где L – длина стороны координатной сетки.

Аналогично можно вычислить координаты точки B .

Аналитический метод подготовки данных заключается в вычислении координат проектных точек, дирекционных углов и длин линий привязки к опорным пунктам.

Например: вычисление координат точки A (рис.19,б) выполняется по известным координатам опорного пункта M , дирекционному углу α линии MA , образующему разбивочный угол β , и длине линейной привязки d путем решения прямой геодезической задачи. Из рисунка видно, что:

$$\alpha_{MA} = \alpha_{MN} + \beta; \quad \text{tg } \beta = \Delta Y / \Delta X; \quad d = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$X_A = X_M + d \cos \alpha;$$

$$Y_A = Y_M + d \sin \alpha.$$

Решая прямые геодезические задачи, находим координаты точек B ; C ; D .

Аналитический метод позволяет делать вычисления с любой точностью и не зависит от масштаба плана.

На практике часто используется **графоаналитический метод** (комбинированный), который представляет собой сочетание аналитического и графического методов. При этом графически определяют координаты отдельных точек проекта (например точки A), а значения координат остальных точек (B , C , D), линейные и угловые привязки вычисляют решением прямой и обратной геодезических задач.

По точности этот метод уступает аналитическому методу, но отличается удобством и удовлетворяет требованиям разбивочных работ. Поэтому наиболее распространен на практике. Более подробно графоаналитический метод будет рассмотрен в разделе 4. Для более точных и быстрых методов подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений используются электронные версии РД и программа AutoCad.

3.2. Сущность, этапы, способы и точность перенесения осей здания на стройплощадку

Геодезические работы по перенесению проекта на местность называют разбивкой зданий и сооружений. При этом выполняются инженерно-геодезические построения для нахождения и закрепления на местности характерных точек и линий проекта, определяющих планово-высотное положение зданий и сооружений.

Разбивка проекта на местности – это процесс, обратный съемке существующих на местности предметов. Исходным материалом для перенесения на местность проекта являются генеральный план и составленные по нему разбивочные чертежи с нанесенными на них разбивочными данными (координатами, линейными и угловыми привязками точек здания к опорным пунктам).

Разбивку зданий и сооружений выполняют по частям и в три последовательных этапа:

1. Основные разбивочные работы.
2. Детальные строительные разбивочные работы.
3. Детальные монтажные разбивочные работы.

На первом этапе на основе данных разбивочных чертежей от пунктов разбивочной основы находят на местности проектное положение в плане и по высоте характерных точек главных или основных осей зданий, сооружений и закрепляют их. Так как закрепленными на местности главными осями задаются лишь общее положение и ориентировка будущего здания, сооружения, то требуемая точность положения этих осей относительно опорных пунктов обычно невысокая, если проектом не предусмотрена большая точность как во взаимном положении главных и основных осей, так и в положении этих осей относительно опорных пунктов.

Закрепление точек пересечения главных или основных осей должно быть выполнено с более высокой точностью, чем закрепление пункта разбивочной основы. Поэтому на местности часто от разбивочной основы закрепляют только одну ось, чтобы от нее потом сделать разбивку остальных осей здания, сооружения.

Сущность второго и третьего этапов детальной разбивки зданий, сооружений и их точность рассматриваются в следующих разделах.

Разбивочные работы следует осуществлять в пределах заданной точности, определяемой расчетами. Ожидаемые ошибки измерения не должны превышать величин строительных допусков.

Общая средняя квадратическая ошибка перенесения на местность проекта зданий и сооружений определяется по формуле:

$$M = \sqrt{m_{\text{п}}^2 + m_{\text{и}}^2},$$

где $m_{\text{п}}$, $m_{\text{и}}$ – средние квадратические ошибки, соответственно, определения проектных данных по плану и измерений при перенесении на местность.

Величина предельной ожидаемой ошибки $m_{\text{п}}$ устанавливается по плану и вычисляется по формулам, в зависимости от способа перенесения на местность. С учетом расчетной точности перенесения на местность проекта зданий, сооружений производится выбор соответствующих способов разбивочных работ, приборов, методики угловых и линейных измерений.

Перенесение на местность проекта здания или сооружения начинают с разбивки главных и основных осей по данным геодезической подготовки генплана (разбивочным чертежам, схемам), где указана их привязка к пунктам разбивочной основы.

Главными осями или осями симметрии принято называть две взаимно перпендикулярные линии (рис.20), относительно которых здание или сооружение располагается симметрично.

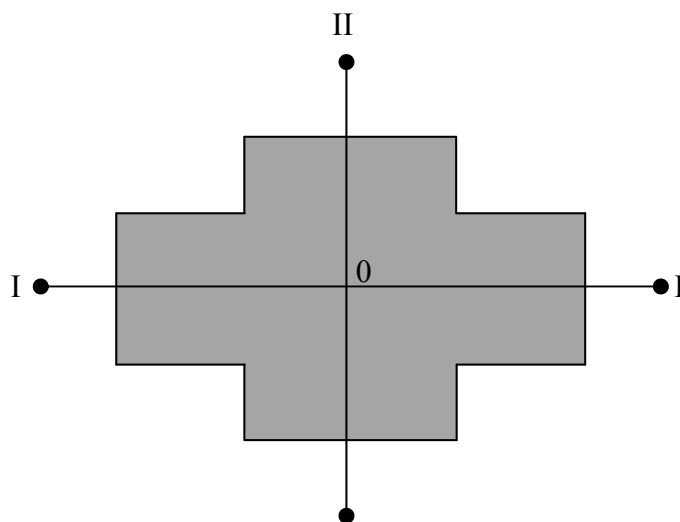


Рис.20. Схема расположения главных осей сооружения

Основными осями здания или сооружения называют оси, образующие его контур в плане (рис.21).

Главные и основные оси являются геодезической основой для последующих разбивочных работ. Оси разбивают от пунктов плановой разбивочной основы (красных линий, строительной сетки, пунктов полигонометрии и др.).

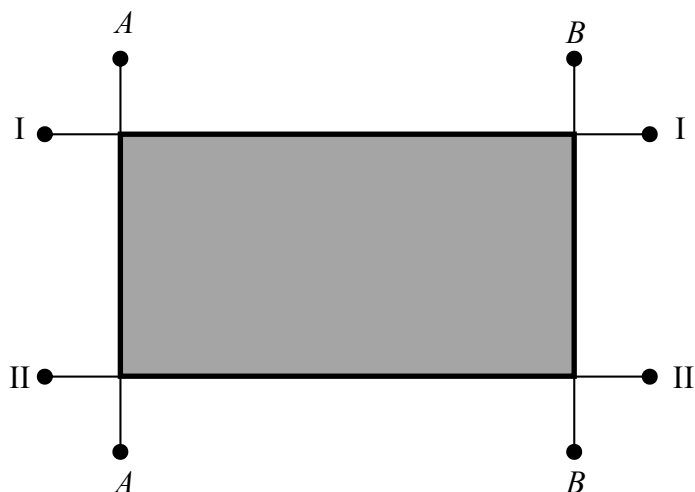


Рис.21. Схема расположения основных осей сооружения

Разбивку зданий и сооружений, имеющих сложную форму начинают с перенесения главных осей I–I, II–II (см. рис.20), а зданий простой формы – с основных осей (см. рис. 21). В первом случае от опорного пункта переносят и закрепляют сначала одну из длинных главных осей. Затем путем промеров находят на ней точку пересечения осей. Установив теодолит в точке пересечения осей, строят полным приемом два прямых угла и получают направление оси II–II. Основные оси здания разбивают, пользуясь отнесенными к главным осям координатами точек внешнего контура здания.

Главные оси здания закрепляют на местности не менее чем в пяти точках. Закрепления должны быть тем надежнее, чем сложнее здание. Для этого применяют обрезки труб, рельсов, уголка, скобы с рисками. Их крепят на вблизи расположенных зданиях и сооружениях, лежащих на оси и ее продолжении. В простейших случаях – это деревянные столбы с гвоздем, забитым сверху, костыли, метки масляной краски на зданиях. Главные оси служат для определения местоположения здания. Они выносятся грубо, т.е. с погрешностью ± 10 см, а основных осей – от 1 до 5 мм. Такую разбивку осуществляют в основном на пустырях. В остальных случаях оси выносят по координатам с использованием электронного тахеометра.

Разбивку основных осей начинают от опорных пунктов с перенесения на местность двух крайних точек, определяющих положение наиболее длинной продольной оси, от которой в последующем проводится дальнейшая разбивка.

Перенесение осей осуществляется различными способами, в зависимости от рельефа местности, вида опорных пунктов, точности разбивочных работ.

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров) применяется для перенесения осей зданий и сооружений, расположенных вблизи линий опорной сети строительной сетки или красной линии застройки. Из рис. 22,а видно, что вдоль прямой MN откладывают отрезок d_1 , а затем теодолитом из полученной точки восстанавливают перпендикуляр длиной d_2 и получают точку A угла здания.

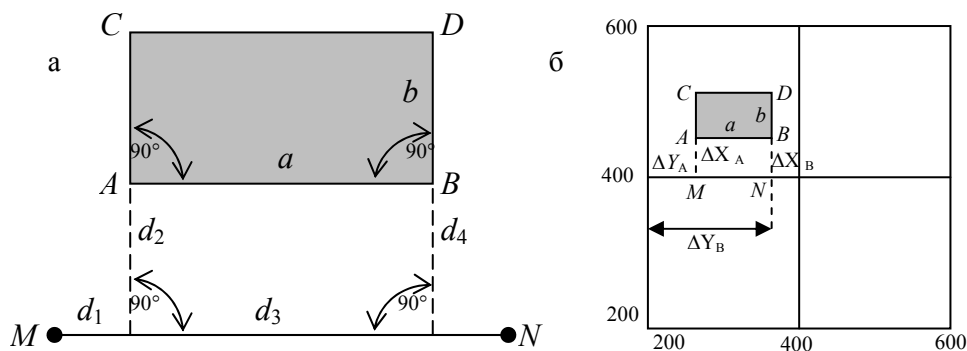


Рис.22. Схема перенесения на местность оси $A - B$ сооружения:
 а – способом прямоугольных координат (перпендикуляров);
 б – то же от строительной сетки

Аналогично получают точку B . Ось AB параллельна линии MN . Для контроля измеряют длину линии AB и определяют ошибку в ее построении по формуле

$$fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр.}}$$

Относительная ошибка в длине переносимой линии AB принимается в пределах 1:2000–1:10000, в зависимости от типа здания или сооружения. Для промышленных сооружений относительная ошибка должна быть наименьшей. Обычно этим способом переносят на местность только одну ось здания или сооружения. Поэтому линия AB является основой для разбивки остальных осей. Построением прямых углов в точках A и B и построением проектных линий AC и BD получают на местности проектные точки C и D . Для контроля измеряют линию CD , диагонали AD и BC и сравнивают их с проектными.

Способ прямоугольных координат широко применяется в практике строительства, так как обеспечивает необходимую точность разбивки техническим теодолитом и не требует сложных измерений.

Из рис. видно, что ошибка перенесения точек A и B проекта на местность способом прямоугольных координат зависит от точности построения прямых углов и расстояний d .

Способ прямоугольных координат широко применяется для разбивки зданий и сооружений при наличии строительной сетки (рис. 22,б).

Например: требуется произвести разбивку осей сооружений по известным координатам их пересечения. Для построения оси AB вычисляют

приращения координат $\Delta X_A, \Delta X_B, \Delta Y_A, \Delta Y_B$ и, откладывая на местности под прямыми углами их величины, получают проектные точки A и B . Проектные точки C и D , получают аналогично тому, как это описано для способа прямоугольных координат. Таким же образом осуществляется контроль разбивки.

Способ полярных координат (полярный) чаще применяется на открытой и удобной для измерения линий местности.

Пусть требуется найти на местности положение точек A и B от пунктов геодезической сети M и N (рис.23).

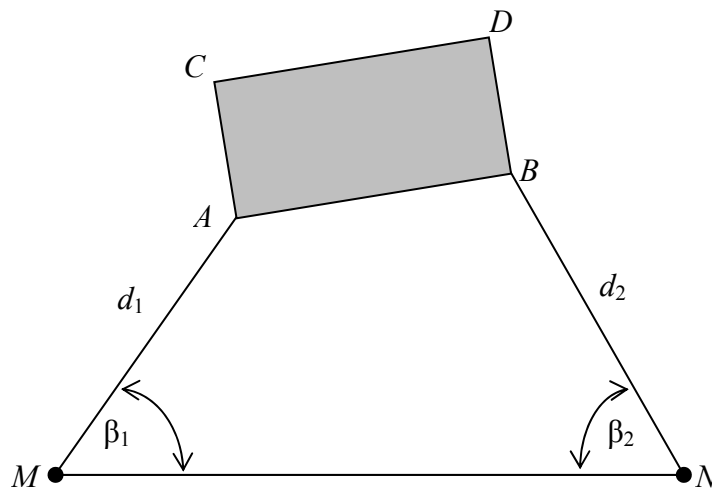


Рис.23. Схема перенесения на местность оси $A-B$ сооружения способом полярных координат

Для определения дирекционных углов и расстояний между опорными и проектными точками решают обратные геодезические задачи по формулам:

$$\operatorname{tg}\alpha_{MA} = (Y_A - Y_M) / (X_A - X_M); d_1 = \sqrt{(Y_A - Y_M)^2 + (X_A - X_M)^2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha_{NB} = (Y_B - Y_N) / (X_B - X_N); d_2 = \sqrt{(Y_B - Y_N)^2 + (X_B - X_N)^2}$$

или

$$d = \Delta Y / \sin\alpha = \Delta X / \cos\alpha.$$

Находим углы $\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \beta_2 = \alpha_{NB} - \alpha_{NM}$.

Затем на местности строят углы β_1 и β_2 , откладывают расстояния d_1, d_2 и получают точки A и B , которые закрепляют кольями. Для контроля измеряют линию AB и получают разность

$$fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр}}.$$

Относительная ошибка измерения fd/AB должна быть в пределах 1:2000–1:3000 для гражданских, и 1:8000–1:60000 для промышленных зданий и сооружений. Из рис. видно, что ошибка перенесения точек проекта

способом полярных координат зависит от точности построения углов β_1 и β_2 и расстояний d_1, d_2 .

Способ прямой угловой засечки применяется при перенесении на местность точек проекта, расстояние до которых измерить затруднительно или невозможно.

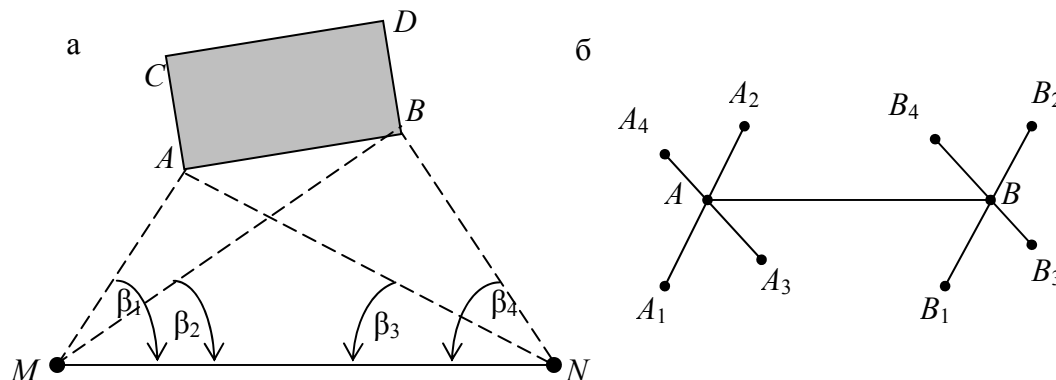


Рис.24. Схема перенесения на местность оси сооружения, способом прямых угловых засечек

Сущность способа заключается в построении на местности углов β_1 и β_2, β_3 и β_4 , образованных исходной стороной и направлениями с ее исходных точек M и N на определяемые точки A и B (рис.24,а). Углы засечки должны быть не менее 30 и не более 150 градусов. Решая обратные геодезические задачи, находим дирекционные углы соответствующих направлений. По дирекционным углам направлений вычисляют разбивочные углы:

$$\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \beta_2 = \alpha_{MN} - \alpha_{MB}; \beta_3 = \alpha_{NA} - \alpha_{NM}; \beta_4 = \alpha_{NB} - \alpha_{NM}.$$

Полевые работы по перенесению на местность точек способом угловых засечек производятся в следующем порядке. Из точки M теодолитом берется угол β_1 , в створе этого направления до и после предполагаемого положения точки A забиваются два колышка. Из точки N теодолитом берется угол β_3 , и в створе найденной линии по отношению к точке A также забивается два колышка. Таким образом, на местности определяется положение двух пар точек A_1-A_2 (находящихся в створе угла β_1) и A_3-A_4 (находящихся в створе угла β_3). Затем в установленные колышки вбиваются гвозди, между которыми натягиваются шнуры. Пересечение шнуров даст положение точки A на местности. Аналогичным способом находим положение точки B (рис.24,б).

Для контроля измеряют линию AB и сравнивают ее с проектной. Разница между ними не должна превышать допустимого значения (см. способы прямоугольных и полярных координат). Точность разбивочных углов для способа прямой угловой засечки вычисляем по формуле

$$m_\beta = (\Delta \cdot p \cdot \sin\varphi) / (\sqrt{d_1^2 + d_2^2}) = 49,18''.$$

Точность перенесения на местность проектной точки A способом угловых засечек зависит от расстояний d_1 и d_2 до опорных пунктов M и N , ошибок построения углов β_1 , β_2 и величины угла засечки γ .

Ошибка m_a положения точки A определяется по формуле

$$m_a = \pm (m_\beta / p \cdot \sin \gamma) \cdot \sqrt{d_1^2 + d_2^2},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность построения углов β_1 и β_2 ; γ – угол засечки при точке A ; d_1 и d_2 – расстояния от опорных пунктов M и N до точки A .

Способ линейной засечки применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния d_1 , d_2 (рис.25) не превышают длины мерного прибора. При этом обеспечиваются достаточная точность и производительность измерений.

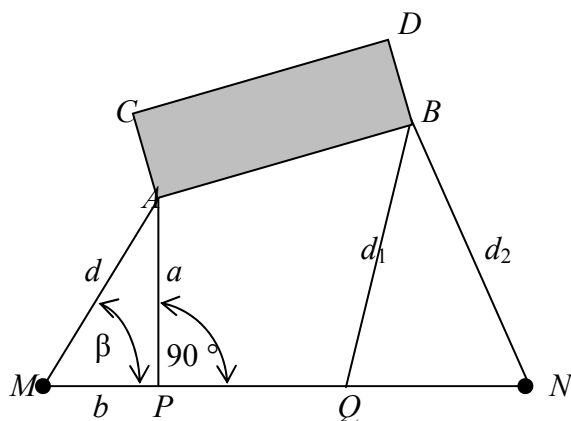


Рис.25. Схема перенесения на местность оси сооружения, способом линейной засечки

Координаты точек линии M и N , а также дирекционный угол α_{MN} (линии опорной геодезической сети или красной линии) известны. Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$X_A = X_M + d \cos \alpha_{MA}; Y_A = Y_M + d \sin \alpha_{MA},$$

где $\alpha_{MA} = \alpha_{MN} - \beta$; $\operatorname{tg} \beta = a / b$; $d = \sqrt{a^2 + b^2}$.

Величины отрезков a и b задаются. Координаты точки B вычисляются по формулам:

$$X_B = X_A + AB \cos \alpha_{AB}; Y_B = Y_A + AB \sin \alpha_{AB},$$

где AB – проектная ось здания; α_{AB} – дирекционный угол измеряемый транспортиром.

Координаты точки Q на линии MN вычисляют по формулам:

$$X_Q = X_N + NQ \cos \alpha_{NM}; Y_Q = Y_N + NQ \sin \alpha_{NM}.$$

Расстояния d_1 и d_2 для ответственных зданий и сооружений определяют решением обратной геодезической задачи, а для простых – графическим методом. Решая обратные геодезические задачи, находим d_1 и d_2 .

Полевые работы по перенесению на местность точки способом линейной засечки, выполняются в таком порядке. В точке Q закрепляют нулевое деление рулетки и радиусом, равным d_1 , прочерчивают на местности дугу, затем нулевое деление рулетки закрепляют в точке N и прочерчивают дугу радиусом d_2 . Точка пересечения дуг является искомой точкой B .

Точка A на местность переносится методом перпендикуляров, но может быть перенесено методом полярных координат. После получения на местности точек A и B проводится контрольное измерение линии AB , определяется допустимость этих измерений аналогично другим способам, перечисленным выше и также уже известными способами находится положение точек C и D .

Способ створной засечки применяется при наличии строительной сетки или закрепленных на местности главных и основных осей зданий, сооружений. На рис.26 показана разбивка здания способом створных засечек.

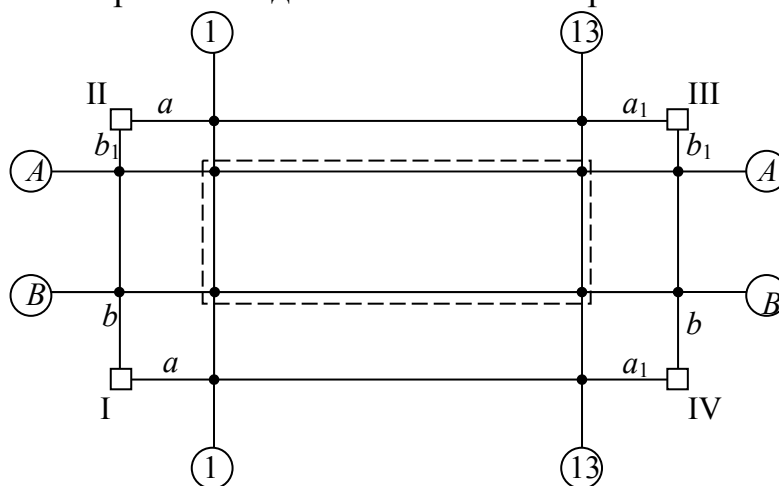


Рис.26. Схема перенесения осей здания от строительной сетки способом створной засечки

Проектную точку в этом случае определяют пересечением двух створных линий, которые получают с помощью теодолита или осевой проволоки.

По сторонам сетки I-IV и II-III откладывают отрезки, равные проектному размеру a , a_1 , и по полученным точкам с помощью теодолита строят створ осей 1-1 и 13-13. По сторонам I-II и IV-III откладывают отрезки b , b_1 и по полученным точкам строят створ осей $A-A$ и $B-B$. Пересечение осей дает точку углов здания. Указанными выше способами можно производить разбивку зданий и сооружений на застроенных участках от местных предметов (например, существующих зданий). Так как точность разбивки от местных предметов сравнительно небольшая, то геодезическая подготовка данных осуществляется графическим методом по плану крупного масштаба.

3.3. Расчетно-графическая работа №2. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на стройплощадку осей здания

В работе рассматривается графо-аналитический метод геодезической подготовки данных для переноса основной оси здания. Задание включает в себя выполнение следующих основных этапов

Исходные данные:

- а) генплан масштаб 1:500 (План теодолитной съемки);
- б) координаты и отметки точек теодолитного и нивелирного ходов;
- в) габариты проектируемого здания 12×24 м.

Технические требования:

– Для геодезической подготовки использовать точки съемочной геодезической сети (Точки теодолитного хода).

– Проектируемое здание следует расположить так, чтобы планировка поверхности под здание осуществлялась с минимальными объемами земляных работ.

– Одну из точек оси здания вынести способом полярных координат, другую способом угловой засечки.

– Отметку пола первого этажа принять выше отметки планировки на 25 см.

– Погрешность определения на местности точек оси здания (строительный допуск) – 20 мм.

– Разбивку осуществить с минимальными трудовыми затратами, используя приборы технической точности.

– Согласно техническому требованию, **составляем схему разбивки** здания, расположив его длинную сторону по рельефу (примерно параллельно горизонталям (рис.27, 28)).

– Согласно техническому требованию точку В выносим способом полярных координат, а точку А способом прямой угловой засечки.

– На теодолитном плане углы полигона I и II, соединяем прямыми линиями с точками А и В (рис.27, 28).

Графическим способом определяем (рис. 27) с генплана при помощи измерителя и поперечного масштаба координаты точки пересечения осей здания, точки А:

$$X_A = X_0 + \Delta X';$$

$$Y_A = Y_0 + \Delta Y',$$

где X_0, Y_0 – координаты юго-западной вершины квадрата в которой расположена точка А, на рис. 20, $X_0 = 400; Y_0 = 400$ (см. рис. 28); $\Delta X, \Delta Y$ – приращения координат по осям X и Y : $\Delta X' = 6,0$ м; $\Delta Y' = 35,5$ м.

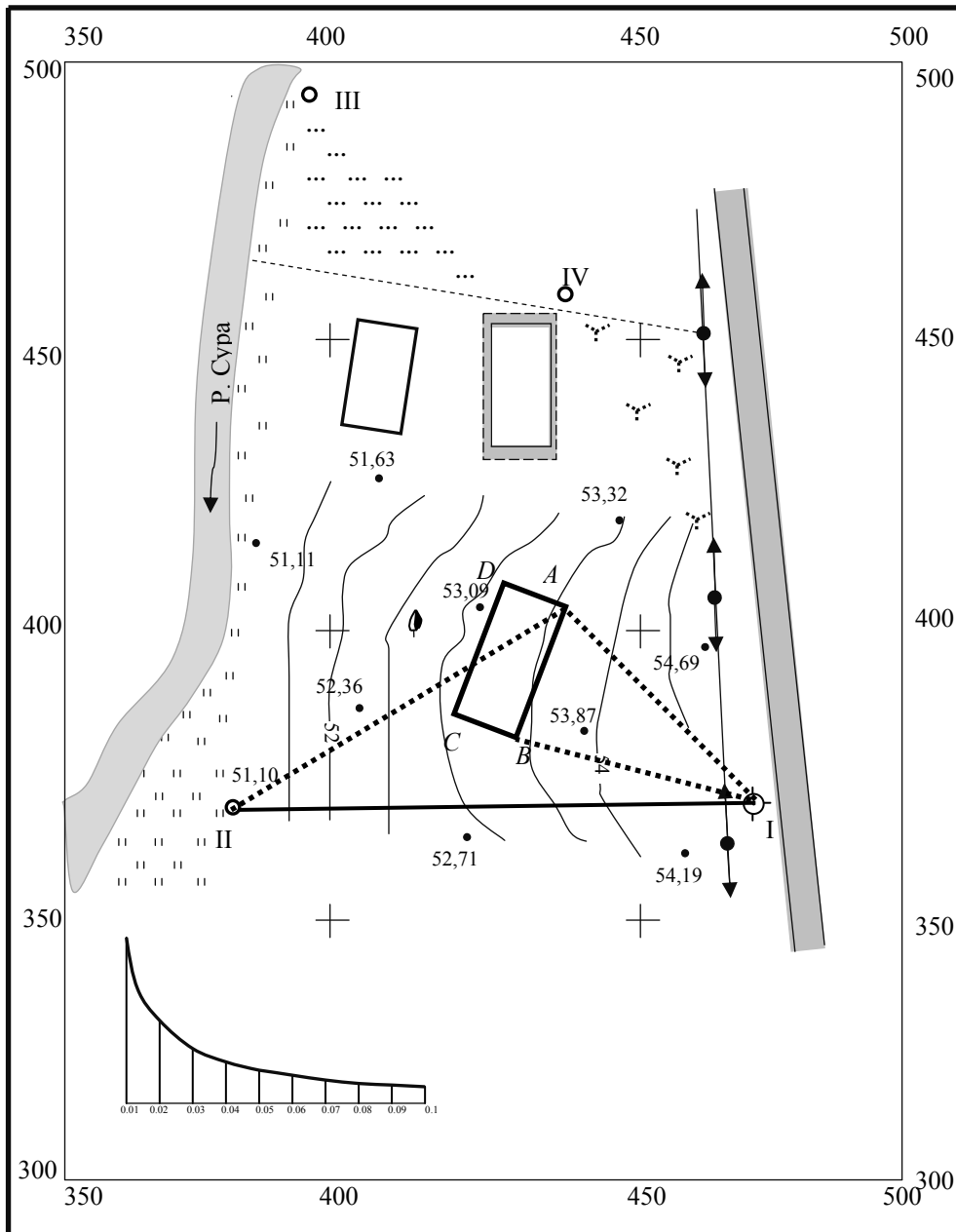
Координаты точки А равны:

$$X_A = 400 + 6,0 = 406,0; Y_A = 400 + 35,5 = 435,5.$$

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

Системы координат условные

ПГУАС



Выполнил ст. гр. СТР-11
Иванов И.И.

Масштаб 1:500
Горизонтالي проведены через 0.5 м.

Проверил
Оценка

Рис.27. Топографический план участка

С помощью транспорта измеряем дирекционный угол длинной оси здания АВ (см. рис. 28). Угол измеряем от северного направления, так как на топографических планах, в отличие от топографических карт принята вертикальная разграфка сетки координат: $\alpha_{AB} = 190^{\circ}30'$.

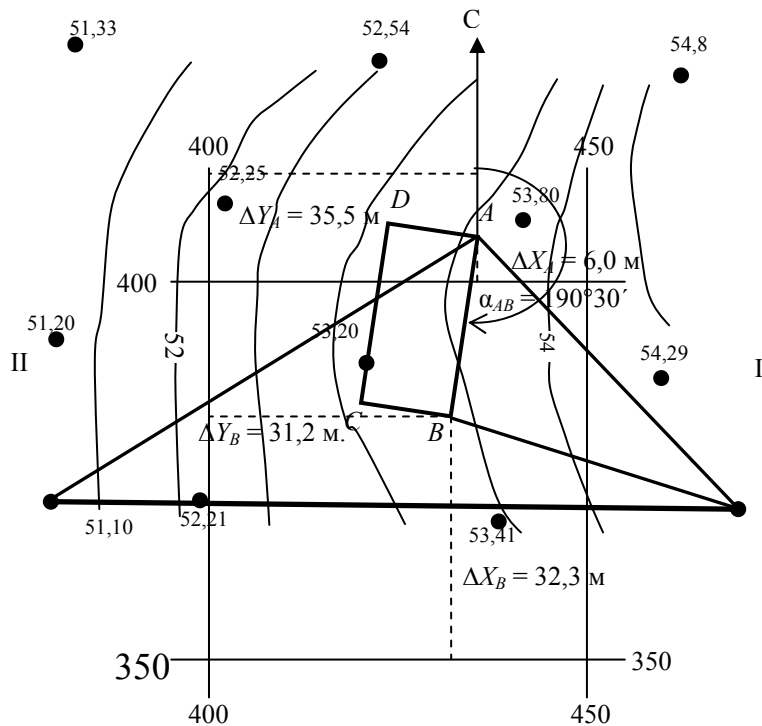


Рис.28. Схема разбивки здания. Масштаб 1:500

Аналитическим способом, решая прямую геодезическую задачу, находим координаты всех точек пересечения осей здания (углов здания). При решении используем координаты исходной точки, дирекционный угол оси АВ и заданные габариты здания. Координаты вычисляем по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X; \Delta X = d \cdot \cos \alpha;$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y; \Delta Y = d \cdot \sin \alpha.$$

Заполняем табл. 4, находим приращения координат. Например:

$$\Delta X_A = d \cdot \cos 190^\circ 30' = 24 \cdot (-0,983) = -23,60;$$

$$\Delta Y_A = d \cdot \sin 190^\circ 30' = 24 \cdot (-0,182) = -4,37.$$

Т а б л и ц а 4

Определение координат углов дома

Обозначение	Внутренние углы β	Дирекционные углы α	Горизонтальные проложения (м)	Приращения координат (м)		Координаты	
				ΔX	ΔY	X	Y
A	90°	190°30'	24	-23,60	-4,37	406,0	435,5
B	90°	280°30'	12	2,19	-11,80	382,4	431,13
C	90°	10°30'	24	23,60	4,37	384,59	419,33
D	90°	100°30'	12	-2,19	11,80	408,19	423,7
A	90°	190°30'				406,0	435,5

Определяем положение точки В графическим способом (см. рис.27).

$$\Delta X_B = 32,3 \text{ м}; \Delta Y_B = 31,2 \text{ м}.$$

Координаты точки В равны:

$$X_B = 350 + 32,0 = 382,3 \text{ м}; Y_B = 400 + 31,2 = 431,2 \text{ м}.$$

Для удобства определения приращения координат отсчитывались от ближайших осей координатной сетки. Сравниваем значения координат точки В полученных графическим и аналитическим путем.

$$X_{B \text{ гр}} = 382,3; X_{B \text{ ан}} = 382,4;$$

$$Y_{B \text{ гр}} = 431,2; Y_{B \text{ ан}} = 431,13.$$

Находим разницу между значениями координат точки В полученных графическим и аналитическим путем:

$$X_{B \text{ гр}} - X_{B \text{ ан}} = 382,3 - 382,4 = 0,1 \text{ м};$$

$$Y_{B \text{ гр}} - Y_{B \text{ ан}} = 431,2 - 431,13 = 0,07 \text{ м}.$$

Разница между вычисленными значениями координат и полученными графически не должны превышать $0,3\tau$, где τ – точность масштаба (равная для 1:500 масштаба 0,05 м):

$$3\tau = 0,15 \text{ м} > 0,10 \text{ м};$$

$$3\tau = 0,15 \text{ м} > 0,07 \text{ м}.$$

Что позволяет сделать вывод о правильности проведенных расчетов.

3.3.1. Определение разбивочных элементов здания

С целью определения разбивочных элементов (длин направлений, дирекционных углов и разбивочных углов) решаем обратные геодезические задачи. Заполняем табл. 5.

Т а б л и ц а 5

№ п/п	Обозначения	Направления (точка г.с – точка проекта)		
		I – В	I – А	II – А
1	$X_{\text{пр}}$	382,4	406,0	406,0
2	$X_{\text{г.с}}$	370	370	371,24
3	$\Delta X = X_{\text{пр}} - X_{\text{г.с}}$	12,4	36	34,76
4	$Y_{\text{пр}}$	431,13	435,5	435,5
5	$Y_{\text{г.с}}$	470	470	379,93
6	$\Delta Y = Y_{\text{пр}} - Y_{\text{г.с}}$	-38,87	-34,5	55,57
7	$\text{tgr} = \Delta Y / \Delta X$	3,1347	0,9583	1,5987
8	Четверть r°	СЗ 72,3068°	СЗ 43,7801°	СВ 57,9733°
9	$r^{\circ''}$	СЗ 72°18'41"	СЗ 43°47'01"	СВ 57°58'20"
10	$\alpha^{\circ''}$	287°41'19"	316°12'59"	57°58'20"
11	$d' = \Delta X / \cos r$	40,80	49,86	65,55
12	$d'' = \Delta Y / \sin r$	40,80	49,86	65,55
13	$d_{\text{ср}} = (d' + d'') / 2$	40,80	49,86	65,55

Определяем приращения координат между проектными точками и точками теодолитного хода I – II.

$$\Delta X = X_{\text{пр}} - X_{\text{г.с}}; \Delta Y = Y_{\text{пр}} - Y_{\text{г.с}},$$

где $(X_{\text{пр}}, Y_{\text{пр}})$ – проектные координаты точек А и В; $X_{\text{г.с}}, Y_{\text{г.с}}$ – координаты точек теодолитного хода I и II.

Например: приращения координат разбивочной линии I – В равны:

$$\begin{aligned} \Delta X_{\text{I-B}} &= X_{\text{В}} - X_{\text{I}} = 382,4 - 370 = 12,4 \text{ м}; \\ \Delta Y_{\text{I-B}} &= Y_{\text{В}} - Y_{\text{I}} = 431,13 - 470 = -38,87 \text{ м}. \end{aligned}$$

Аналогичным образом определяем приращения координат для других направлений и вносим их в табл. 5.

Определяем тангенсы углов разбивочных направлений по формуле

$$\text{tgr}_{\text{I-B}} = \Delta Y_{\text{I-B}} / \Delta X_{\text{I-B}} = 3,1347$$

и вносим их значения в табл. 5.

Определяем румбы всех направлений и вносим их в табл. 5.

Например: $r^{\circ}_{\text{I-B}} = 72,3068^{\circ}$, по знакам приращения координат видим, что угол отвечает IV четверти, поэтому $r^{\circ}_{\text{I-B}} = \text{СЗ } 72,3068^{\circ}$ имеет Северо-Западное направление. Две первые цифры после запятой отвечают значениям минут, а две последующие – секунд (в десятичной системе мер). Для того, чтобы перевести ее в градусную необходимо эти числа умножить на 0,6:

$$30 \cdot 0,6 = 18'; 68 \cdot 0,6 = 40,8=41''.$$

Таким образом наш румб равен:

$$r^{\circ}_{\text{I-B}} = \text{СЗ } 72^{\circ}18'41''.$$

Зная направление по румбу, вычисляем дирекционный угол:

$$\alpha_{\text{I-B}} = 360^{\circ} - r^{\circ''}_{\text{I-B}} = 360^{\circ} - 72^{\circ}18'41'' = 287^{\circ}41'19''.$$

Аналогичным образом рассчитываем дирекционные углы и румбы других направлений и вносим их значения в табл. 5.

Определяем расстояние между точками I и В:

$$\begin{aligned} d' &= \Delta X_{\text{I-B}} / \cos 287^{\circ}41'19'' = 12,4 / 0,3039 = 40,80 \text{ м}; \\ d'' &= \Delta Y_{\text{I-B}} / \sin 287^{\circ}41'19'' = -38,87 / 0,9527 = 40,80 \text{ м}; \\ d_{\text{ср}} &= 40,80 \text{ м}. \end{aligned}$$

Вносим эти значения в табл. 2.

Аналогичным образом рассчитываем расстояния между точками I–А и II–А, и вносим значения в табл. 5.

Находим разбивочные углы, которые находятся как разность дирекционных углов, их составляющих. Для этого от дирекционного угла правого направления отнимается дирекционный угол левого направления.

$$\beta_{\text{I}} = \alpha_{\text{I-A}} - \alpha_{\text{I-II}} = 316^{\circ}12'59'' - 270^{\circ}47' = 45^{\circ}25'59'';$$

$$\beta_2 = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-A} = 90^\circ 47' - 57^\circ 58' 20'' = 33^\circ 39' 37'';$$

$$\beta_3 = \alpha_{I-B} - \alpha_{I-II} = 287^\circ 41' 19'' - 270^\circ 47' = 16^\circ 54' 19''.$$

Полученные по результатам решения обратных геодезических задач разбивочные углы и расстояния необходимо проконтролировать графически (замерить расстояния и углы) по топографическому плану.

3.3.2. Высотная геодезическая подготовка и составление разбивочного чертежа

Высотная геодезическая подготовка включает в себя вычисление отметки пола первого этажа. Для этого необходимо вычислить отметки пересечения осей здания (углов здания).

Отметки вычисляются по формуле

$$H_A = H_1 + l/L (H_2 - H_1),$$

где H_1 – отметка младшей горизонтали; H_2 – отметка соседней горизонтали; l – расстояние от точки A до младшей горизонтали; L – расстояние между соседними горизонталями.

На рис. 29 через точку A проводим прямую (кратчайшее расстояние между горизонталями), примерно перпендикулярную смежным горизонталям. Замеряем с помощью линейки расстояния l и L .

$$l_1 = 0,3 \text{ см} = 1,5 \text{ м}; L_1 = 2,4 \text{ см} = 12 \text{ м};$$

$$H_1 = 53,5 \text{ м}; H_2 = 54 \text{ м}.$$

Находим отметку точки A :

$$H_A = 53,5 + (1,5/12) \cdot (54 - 53,5) = 53,5 + (0,125 \cdot 0,5) = 53,5 + 0,06 = 53,56 \text{ м}.$$

Аналогичным образом находим отметки всех углов здания.

$$H_B = 53 + (12/14,5) \cdot (0,5) = 53,41 \text{ м};$$

$$H_C = 53 + (2,5/16,5) \cdot (0,5) = 53,08 \text{ м};$$

$$H_D = 53 + (3,5/13,5) \cdot (0,5) = 53,13 \text{ м}.$$

Вычисляем среднюю отметку (центр тяжести) горизонтальной площадки под здание:

$$H_0 = (H_A + H_B + H_C + H_D) / 4 = (53,56 + 53,41 + 53,08 + 53,13) / 4 = 53,30 \text{ м}.$$

Вычисляем проектную отметку пола первого этажа:

$$H_{1\text{этаж}} = H_0 + 0,25 \text{ м} = 53,30 + 0,25 = 53,55 \text{ м}.$$

По результатам плановой и высотной геодезической подготовки составляем **разбивочный чертеж**, используя данные табл. 4 и 5, значения разбивочных углов и результаты высотной геодезической подготовки. Разбивочный чертеж оформляется на листе А4 в 1:500 масштабе с полным соблюдением размеров длин сторон и углов.

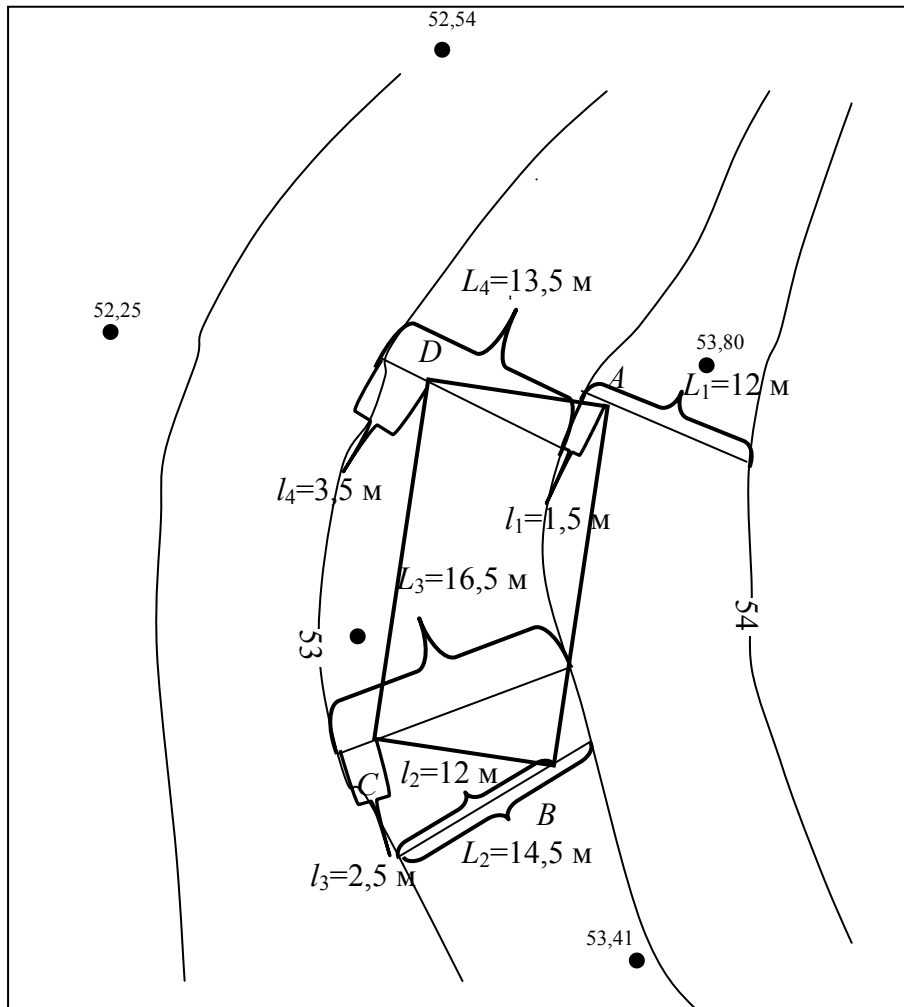


Рис.29. Схема определения отметок углов здания

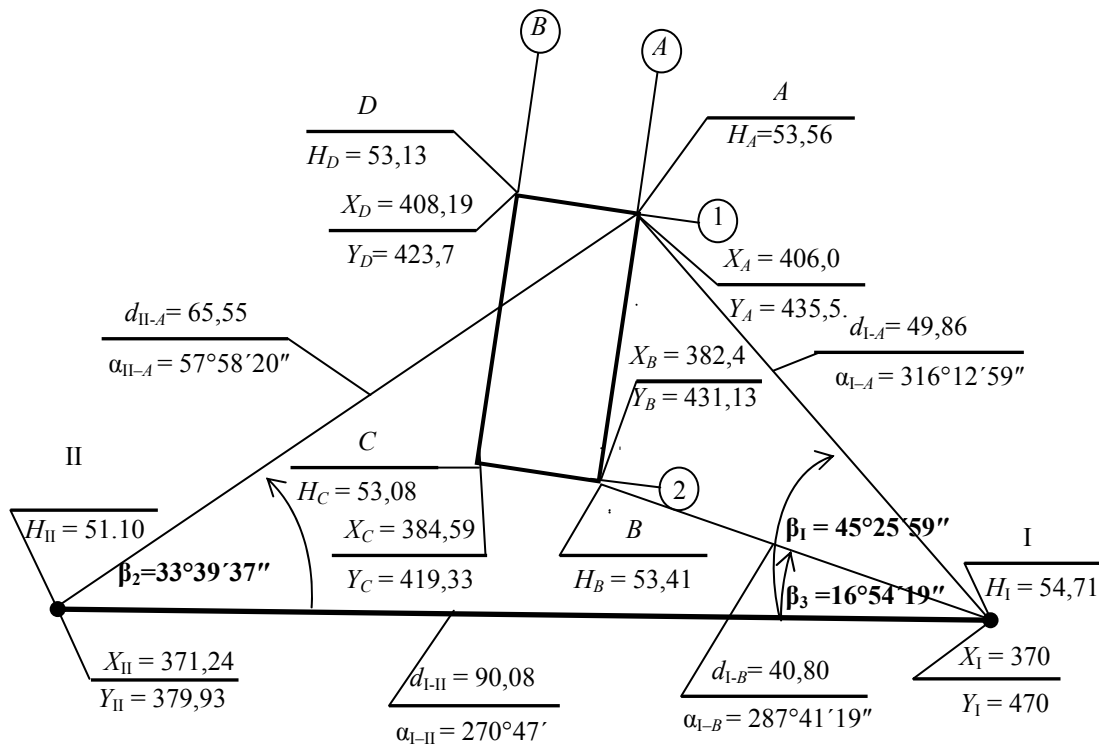


Рис.30. Разбивочный чертеж здания

3.3.3. Расчет точности разбивочных работ, выбор приборов и методики измерений. Построение разбивочных углов

Точность разбивочных углов для способа прямой угловой засечки вычисляем по формуле

$$m_{\beta_{ст}} = (\Delta \cdot p \cdot \sin\varphi) / (\sqrt{d_1^2 + d_2^2}) = 49,18'',$$

где $d_1 = 49,86$, $d_2 = 65,55$ – длины привязок, м; $p = 57,3^\circ = 206265''$ один радиан в секундах; $\Delta = 0,02$ м – строительный допуск; $\varphi = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) = 180^\circ - 79^\circ 05' 36'' = 100^\circ 54' 24''$.

Для способа полярных координат m_{β_3} вычисляют по формуле

$$m_{\beta_3} = (\Delta \cdot p) / (d_3 \cdot \sqrt{2}) = (0,02 \cdot 206265) / (40,80 \cdot 1,414) = 71,51'',$$

где $d_3 = 40,80$ м – длина полярного радиуса.

По наименьшей средней квадратической погрешности, построения разбивочных углов, выбираем марку теодолитов. Из серийно выпускаемых отечественной промышленностью теодолитов технической точности Т15, Т30, 2Т30, 4Т30, Т60.

Наименьшей ошибкой у нас является $49,18''$, т.е. $m_{\beta} = 49,18''$, что больше $t = 30''$ (точность теодолита 4Т30). Поэтому разбивочные углы строим с технической точностью.

В тех случаях, когда m_{β} меньше точности теодолита разбивочные углы строим с повышенной точностью. Данные по точности разбивки сводим в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Углы	$m_{\beta_1} = 49,18''$; $m_{\beta_2} = 49,18''$; $m_{\beta_3} = 71,51'' \leq 30''$ Построение угла производим теодолитом 4Т30п одним полным приемом, т.е. КЛ +КП
Расстояния	$m_d = 0,014$; $m_d / d = 0,0028 = 1/3561 \leq 1/2000$. Расстояние на местности откладывается 20 метровой стальной лентой в прямом и обратном направлениях, вводятся поправки за наклон, температуру и компарирование. Натяжение контролируется динамометром, створность теодолитом

Расчет точности линейных построений при выносе линии I-A на стройплощадку начинаем с определения абсолютной линейной погрешности.

$$m_d = \Delta / \sqrt{2} = 0,02 / 1,414 = 0,014.$$

Затем определяем относительную погрешность:

$$f_{отн} = m_d / d_{I-A} = 0,014 / 49,86 = 0,00028.$$

Для удобства относительную ошибку выражаем в виде простой дроби, где в числителе стоит 1:

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 3561 < 1 / 2000.$$

Делаем вывод, что измерения выполнены правильно. По полученной относительной погрешности из табл. 7 выбираем методику измерений. Линейные измерения будут производиться стальной рулеткой ОПК-30 АНТ/1, уложенной в створ с помощью теодолита, натяжение рулетки фиксируется с помощью динамометра, количество отсчетов равно 2 парам с одним сдвигом, учет термометром разности температур компарирования и температуры во время замера составляет 3°C.

Т а б л и ц а 7

Условия измерений	Относительная среднеквадратическая погрешность линейных измерений			
	1/15000-1/10000	1/5000	1/3000-1/2000	1/1000
Стальная рулетка				
Средняя квадратическая погрешность компарирования (мм)	0,2	0,5	1,5	3
Уложение в створ	С помощью теодолита			На глаз
Натяжение измерительного прибора Н(кГс)	Динамометром 100(10)			Вручную
Учет термометром разности температур компарирования и измерения с погрешностью °С	1,5	3	5	10
Количество отсчетов	3 пары и 2 сдвига	2 пары и 1 сдвиг		1 пара
Фиксация знаков	Чертой	Керном	Карандашом	Шпилькой
Определение h измеряемой линии	Нивелиром		Глазомером	
Тип рулетки по ГОСТ 7502-80 или равноточные (мм)	ОПК2 – 20 АНТ/1 ОПК2 – 30 АНТ/1 ОПК2 – 50 АНТ/1		ОПК3 – 20 АНТ/10 ОПК3 – 30 АНТ/10 ОПК2 – 50 АНТ/10	

Определение превышений производится с помощью нивелира.

Проектная длина линии вычисляется с учетом поправок за компарирование, температуру, за уклон. Поправки вычисляются по следующим формулам:

- поправка за компарирование:

$$\delta D_k = \Delta \cdot d_{I-A} / 20,$$

где $\Delta = L - 20$ (L – длина рулетки определенная при компарировании);

- поправка за температуру:

$$\delta D_t = \alpha \cdot d_{I-A} \cdot (t_k - t_{изм}),$$

где $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ – температурный коэффициент расширения стали; t_k – температура компарирования; $t_{изм}$ – температура измерения;

- поправка за наклон:

$$\delta D_v = h^2 / (2 \cdot d_{I-A}) = 0,013 \text{ м},$$

где $h = 54,71 - 53,56 = 1,15$ м, – превышение между точками I и A.

Проектная длина линии определяется по формуле

$$D = d_{III-A} + \delta D_k + \delta D_t + \delta D_v.$$

Поправки за температуру и компарирование вносятся с учетом знака, поправка за уклон всегда отнимается при выносе длины линии с местности на план и прибавляется при выносе линии, с плана на местность.

Например: поправка за компарирование составила 8 мм. Если значение ΔD_k меньше 3 миллиметров, поправка за компарирование не вводится. При $(t_{изм} - t_k)$ менее 8° поправка ΔD_t не вводится. Разность температуры компарирования и измерения равна 3° , следовательно, поправка за температуру в длину линии не входит. Поправка за наклон линии местности равна:

$$\delta D_v = h^2 / (2 \cdot d_{III-A}) = 0,013 \text{ м}.$$

Длина откладываемой на местности линии равна:

$$D = d_{I-A} + \delta D_k + \delta D_t + \delta D_v = 49,86 + 0,008 + 0,013 = 49,881 \text{ м} = 49,88 \text{ м}.$$

Поправки могут быть получены из специальных таблиц. Если линия имеет отрезки разной крутизны, то поправки за наклон вычисляются для каждого отрезка. Точность измерения стальной лентой зависит, главным образом, от характера местности. Различают три категории местности, в зависимости от которых устанавливается допустимая ошибка измерений:

а) благоприятные условия: (ровная, хорошо просматриваемая поверхность с твердым грунтом). Допустимая относительная ошибка измерений равна 1: 3000;

б) средние условия: (слабо кочковатая поверхность переменным составом грунта) – 1: 2000;

в) неблагоприятные условия: (сильно кочковатая, болотистая местность) – 1:1500.

Вынос на местность точки полярным способом сводится к построению полярного угла и определению длины полярного радиуса, откладываемого по данному направлению.

Построение полярного горизонтального угла заключается в отыскании и закреплении на местности направления, образующего с исходным направлением угол, равный проектному углу. Значение полярного угла берут с разбивочного чертежа (рис.30). Например, разбивочный угол $\beta_3 = 16^\circ 54' 19''$. Согласно полученным расчетам требуется построить заданный угол с технической точностью. Построение угла будут производиться теодолитом 4Т30. Согласно разбивочному чертежу (см. рис.30) теодолит устанавливается над точкой I теодолитного хода и наводится на вешку, установленную на точке II этого хода. При положении «круг лево» откладываем в заданном направлении угол β_3 . Отложив по направлению I–B длину полярного радиуса $d_{I-B} = 40,88$ (рис.31), находим на местности положение точки B_1 . Повторяем измерения при круге право и определяем положение точки B_2 . Расстояние между точками B_1 и B_2 делим пополам и определяем положение точки B , которая соответствует проектному направлению (рис. 31).

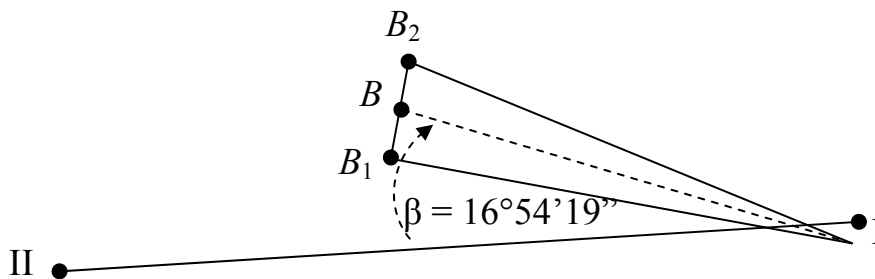


Рис.31. Схема построение разбивочного угла с технической точностью

В тех случаях, когда m_β выше, чем точность теодолита, т.е. ($m_\beta < 30''$), проектный угол строится с повышенной точностью.

Например: $m_\beta = 22''$, строим угол в следующей последовательности.

а. Строим угол β с технической точностью (см. рис. 31).

б. Угол строим способом приемов, количество которых n вычисляем по формуле

$$n = t^2 / m_\beta^2,$$

где $t = 30''$ точность теодолита; m_β – точность построения угла.

Например: $n = (30'')^2 / (22'')^2 = 900 / 484 = 1,86 \approx 2$, т.е. n равно двум приемам.

в. Измерив, угол β двумя полными приемами, получаем угол β' .

Например:

$$\beta_1 = 16^\circ 54' 19''; \beta_2 = 16^\circ 54' 30''; \beta_3 = 16^\circ 54' 25''; \beta_4 = 16^\circ 54' 35'';$$

$$\beta' = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4 = 16^\circ 54' 27,25''.$$

г. Находим разность $\delta\beta = \beta - \beta' = 16^\circ 54' 19'' - 16^\circ 54' 27,25'' = -7,25''$, округляем полученное значение до секунд $\delta\beta = -7''$.

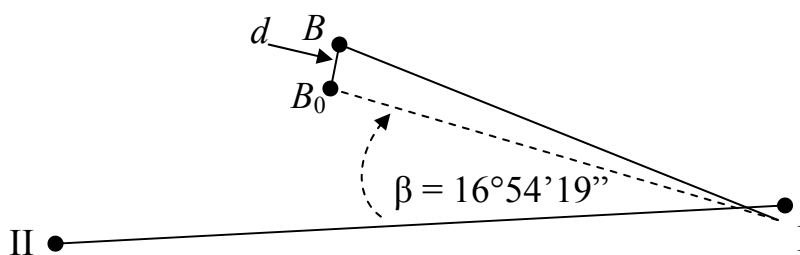


Рис.32. Схема построение разбивочного угла с повышенной точностью

д. Измерив предварительно расстояние I–B рулеткой или дальномером, вычисляем линейную величину d , на которую необходимо переместить точку A , чтобы она попала в положение A_0 , т.е. на проектное направление.

Величину d находим по формуле

$$d = D_{I-B} \cdot (\delta\beta/p) = 40,88 \cdot (-7'' / 206265'') = -0,0014 \text{ м} = -1,4 \text{ мм},$$

где $p = 206265''$ – один радиан.

Отрезок d откладывают с помощью обычной линейки, от точки A , перпендикулярно направлению III– A .

е. Если, значение d положительное то его откладывают во внешнюю сторону угла, а если отрицательное, то во внутреннюю (рис. 32).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений?
2. Раскройте сущность и назовите этапы разбивки зданий и сооружений.
3. Главные и основные оси здания. Их отличие.
4. Требуемая точность проектного положения точек главных и основных осей зданий и сооружений.
5. Как выполняют разбивку главных и основных осей зданий?
6. Какие существуют способы перенесения на местность осей зданий и сооружений?
7. Порядок перенесения на местность точек проекта способами прямоугольных и полярных координат.
8. Укажите схему перенесения точек проекта способами прямой угловой и линейных засечек.
9. Что вы знаете о точности перенесения на местность точек проекта различными способами.

10. Какие виды работ выполняются при перенесении проекта сооружения на местность в горизонтальной плоскости?
11. Что включает в себя термин графическая подготовка?
12. Как графически определяются прямоугольные координаты точек?
13. Как графически определяется дирекционный угол заданного направления?
14. Для чего проводится аналитическая подготовка?
15. Какие данные мы получаем при решении прямых и обратных геодезических задач?
16. Высотная геодезическая подготовка. Как определяются отметки точек?
17. Какие данные выносятся на разбивочный чертеж?
18. Для каких целей определяется точность разбивочных работ?
Точность построения разбивочных углов.
19. Точность линейных измерений.
20. Как строятся на местности проектные горизонтальные углы (построение углов с технической точностью, с повышенной точностью)?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: Геодезическое обеспечение строительного производства [Текст] / В.В. Авакян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2013. – С. 432.

2. Геодезические работы в строительстве [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий, В.В. Шлапак. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 303 с.

3. Инженерная геодезия [Текст]: учебник /под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия. 2010.

4. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений /Е.Б. Ключин, М.И. Кисилев, Д.Ш. Михилев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия». 2008.

5. Хаметов, Т.И. Практикум по инженерной геодезии [Текст]: учебное пособие / Т.И. Хаметов, Э.К. Громада, Э.К. Харькова, Е.П. Тюкленкова. – 2-е изд., доп. – Пенза: ПГАСА, 2003. – 241 с.

Электронный ресурс:

6. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Электронный ресурс] /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.

7. Пономаренко, В.В. Геодезические работы при изысканиях и проектировании линейных сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №3 /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

8. Пономаренко, В.В. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на местность осей сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №4 / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

9. Пономаренко, В.В. Построение продольного профиля и проектирование трассы трубопровода [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геодезия. Сборник задач [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов, Л.Н. Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2014. –152 с.

2. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВЕДЕНИЕ	3
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	5
1.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях для целей проектирования зданий и сооружений	5
1.2. Инженерно-геодезические изыскания	6
2. СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ТРАСС ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ	10
2.1. Расчетно-графическая работа №1а. Построение профиля местности и проектирование трассы автодороги	14
2.2. Расчетно-графическая работа №1б. Построение продольного профиля и проектирование трассы трубопровода	33
2.3. Детальная разбивка круговых кривых	42
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕНИЯ НА СТРОЙПЛОЩАДКУ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	46
3.1. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений	46
3.2. Сущность, этапы, способы и точность перенесения осей здания на стройплощадку	50
3.3. Расчетно-графическая работа №2. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на стройплощадку осей здания	58
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	71

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

В а в т о р с к о й р е д а к ц и и

В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 18.03.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 80 экз.

Заказ № 192.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.