

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина

УЧЕБНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

ООО «МЦ ЭОР»
Барнаул • 2018

УДК 528.48

Азаров, Борис Федотович. Учебная геодезическая практика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина. – Электрон., дан. и прогр. – Барнаул : ООО «МЦ ЭОР», 2018. – 1 электрон., опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Рекомендуемые системные требования: ПК с частотой ЦП от 800 МГц и выше; Windows XP и выше; дисковод CD-ROM; Acrobat Reader или др. программа для чтения PDF. – Загл. с этикетки диска. **ISBN 978-5-6040354-5-0**

Учебное пособие служит руководством при прохождении геодезической практики для обучающихся по основной образовательной программе бакалавриата 08.03.01 очно-заочной и заочной форм обучения ФГОС ВО.

В пособии рассмотрены приборы для выполнения классических геодезических измерений, их устройство, поверки и юстировки. Приведены сведения о решении инженерно-геодезических задач при возведении зданий и сооружений. Освещены вопросы создания съемочного обоснования, выполнения теодолитной и тахеометрической съемки, составления топографического плана местности по их результатам. Дано описание специальных видов инженерно-геодезических работ: вертикальной планировки строительной площадки, подготовки данных и разбивочных работ на местности.

В пособии использованы ссылки на видеоматериалы, облегчающие понимание решаемых во время прохождения практики задач, иллюстрирующие приемы геодезических измерений, вычислений и построений, в том числе с использованием современных приборов и технологий.

Пособие может быть использовано обучающимися в негеодезических вузах по образовательным программам специалитета и бакалавриата при изучении курса геодезии и прохождении геодезической практики.

Рекомендовано к присвоению грифа Новосибирского регионального отделения ФУМО в системе высшего образования по укрупненным группам специальностей и направлений подготовки 08.00.00 Техника и технологии строительства.

Рецензенты: В. Л. Свиридов, д.т.н., профессор, заместитель заведующего кафедрой транспортного строительства Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова; О. В. Солнышкова, к.п.н., заведующая кафедрой инженерной геодезии Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета.



© Азаров Б. Ф., Карелина И. В., 2018

© Электронное издание ООО «МЦ ЭОР», 2018

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Цели и задачи практики

Геодезическая практика является заключительным этапом изучения дисциплины «Геодезия». Данная практика проводится после изучения теоретической части курса и выполнения лабораторных работ. Ее основная цель – закрепление теоретических знаний на практике.

Целями данной практики являются:

- приобретение практических знаний по геодезии, необходимых на всех стадиях возведения объектов строительства;
- получение студентами целостного представления о современных методах и технологиях выполнения геодезических работ на строительной площадке;
- формирование навыков и приемов работы с геодезическими приборами и инструментами.

Задачами данной практики являются:

- приобретение навыков использования геодезических приборов для выполнения угловых и линейных измерений;
- овладение основными методами геодезических измерений, вычислений и построений на местности и при составлении специальных чертежей;
- получение представления об организации выполнения разных видов геодезических работ;
- воспитание самостоятельности и ответственности студентов.

После завершения практики каждый студент составляет *отчет* по результатам выполнения индивидуального задания. Отчет оформляется на листах формата А4 и должен включать в себя:

- титульный лист,
- индивидуальное задание на прохождение практики,
- пояснительную записку,
- описание поверок и юстировок геодезических приборов,
- материалы по решению инженерно-геодезических задач,
- материалы, относящиеся к вертикальной планировке площадки,
- материалы обработки данных теодолитной и тахеометрической съемки участка местности,
- материалы геодезической подготовки данных для выноса объекта на местность,
- заключение.

В пояснительной записке обязательно должны быть отражены:

1. Цели и задачи практики;
2. Место прохождения практики;
3. Разделы с материалами выполнения индивидуального задания, содержащие:
 - ответы на теоретические вопросы;
 - результаты решения практических задач;

4. Используемые при выполнении индивидуального задания источники.

Описание поверок и юстировок геодезических приборов должно содержать название поверки, формулировку проверяемого геометрического условия, порядок действий при выполнении поверки и юстировки.

В перечень материалов по решению инженерно-геодезических задач входят журналы измерений, ведомости и таблицы вычислений, схемы и графики.

Результаты обработки данных теодолитной съемки участка местности включают журнал измерений горизонтальных углов и отдельные фрагменты вычислений из ведомости координат точек теодолитного хода. Результаты обработки данных тахеометрической съемки участка местности включают заполненный журнал тахеометрической съемки.

Материалы, относящиеся к вертикальной планировке площадки, включают журнал нивелирования площадки, план площадки в горизонталях, результаты проектирования горизонтальной площадки в виде картограммы земляных работ.

Результаты геодезической подготовки данных для выноса объекта на местность должны содержать координаты точек разбивочной основы и схему разбивки объекта.

В материалы по подготовке разбивочных данных входят ведомости решения прямых и обратных геодезических задач и таблица вычисления разбивочных углов, а также разбивочный чертеж.

В список использованных источников должны быть включены учебные и методические материалы, а также Интернет-ресурсы, которыми студент пользовался при выполнении индивидуального задания.

В разделе «Заключение» отчета следует указать навыки и умения, приобретенные во время прохождения учебной практики, перечислить виды работ и задания, вызвавшие наибольшие затруднения при их выполнении, сформулировать пожелания и замечания по организации и проведению практики.

Для получения оценки по результатам прохождения учебной геодезической практики каждый студент в отчете по практике приводит ответы на три теоретических вопроса и решает две задачи из контрольных заданий, приведенных в конце каждого раздела настоящего пособия. Номер вопроса определяется суммой двух последних цифр учебного шифра студента.

Например:

1) Последние цифры шифра студента 16. Это означает, что его номер вопроса будет $1 + 6 = 7$.

2) Последние цифры шифра студента 08. Это означает, что его номер вопроса будет $0 + 8 = 8$.

Причем студенты, фамилии которых начинаются с букв А, Б, В, ... К – отвечают на теоретические вопросы к темам 3 и 5, которые имеют нечетные номера (за исключением темы 1) и решают задачи по темам 2 и 4, имеющим четные номера. Все остальные студенты отвечают на теоретические вопросы к темам, которые имеют четные номера 2 и 4 и решают задачи по темам 3 и 5, имеющим нечетные номера (за исключением темы 1). На вопросы по теме 1 отвечают все студенты.

Раздел 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ: УСТРОЙСТВО, ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ, ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Приборы для измерения углов

Один из основных видов геодезических измерений – угловые измерения. Измерение углов на местности выполняют при создании геодезических сетей, производстве топографических съемок, в процессе инженерно-геодезических изысканий, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Измерение горизонтальных углов совместно с измерением горизонтальных проложений позволяет определить координаты точек в плане (горизонтальной плоскости), а для определения отметок точек должны быть также измерены вертикальные углы.

Горизонтальный угол – это двугранный угол, образованный вертикальными плоскостями, проходящими через его стороны. Величины горизонтальных углов лежат в пределах от 0° до 360° . *Вертикальный угол* – это угол между стороной угла и его проекцией на горизонтальную плоскость. Различают два вида вертикальных углов:

1) *Угол наклона* – угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирования. Отсчитывается угол наклона от плоскости горизонта вверх – от 0° до $+90^\circ$ и вниз – от 0 до -90° .

2) *Зенитное расстояние* – это угол между отвесной линией и направлением визирования. Зенитное расстояние отсчитывается от направления в зенит и изменяется от 0° до 180° . Алгебраическая сумма угла наклона и зенитного расстояния равна 90° .

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности предназначен геодезический прибор – *теодолит*. Теодолиты классифицируют по разным признакам: по точности, области применения, физической природе носителя информации, конструктивным особенностям.

По точности измерения углов теодолиты в соответствии с ГОСТ 10529-96 подразделяют на *высокоточные, точные и технические*. Критерием точности для теодолитов служит средняя квадратическая ошибка m_β измерения горизонтального угла одним приемом в лабораторных условиях. Для высокоточных теодолитов величина $m_\beta \leq 1''$, для точных $2'' \leq m_\beta \leq 5''$ и для технических $10'' \leq m_\beta \leq 60''$. У современных теодолитов ошибка измерения вертикального угла в 1,5-2,5 раза больше величины m_β . Согласно ГОСТ, отечественные теодолиты обозначают буквой «Т» и числом после нее, соответствующим величине m_β : Т05, Т1, Т2, Т5, Т30, Т15.

В зависимости от области применения различают теодолиты астрономические – для выполнения измерений астрономических широт, долгот и азимутов; автоколлимационные – со специальным окуляром и особой сеткой нитей; маркшейдерские – для работы под землей, в шахтах и т.п.

В зависимости от способа снятия измерительной информации различают *оптические теодолиты* с отсчетными устройствами в виде микроскопа, распо-

ложенным рядом с окуляром зрительной трубы и *кодовые теодолиты* (цифровые или электронные), у которых процесс измерения углов автоматизирован [1, 2, п. 8.1].

Конструктивные особенности теодолита могут быть обусловлены системой осей (повторительной, не повторительной, цилиндрической – DINI, саморегулирующейся – WILD), типом отсчетного устройства, наличием или отсутствием цилиндрического уровня при вертикальном круге, устройством зрительной трубы и т.п. Так, например, теодолит-тахеометр имеет вертикальный круг, встроенный оптический дальномер, гнездо для закрепления ориентир-буссоли, возможность совместного вращения лимба с алидадой. Выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью точные и технические теодолиты серии 3Т и 4Т имеют унифицированную конструкцию основных узлов и деталей.

1.1.1. Устройство теодолитов

Структурная схема теодолита независимо от его точности, назначения и конструктивных особенностей включает устройства для наведения на визирную цель (наблюдаемую точку), устройство для ориентирования прибора в вертикальной и горизонтальной плоскости и рабочие меры – угломерные круги.

Для наведения теодолита на объект наблюдений в горизонтальной плоскости служит его алидадная часть, содержащая *зрительную трубу*, установленную между двумя подставками, а также *закрепительный и наводящий винты алидады горизонтального круга*.

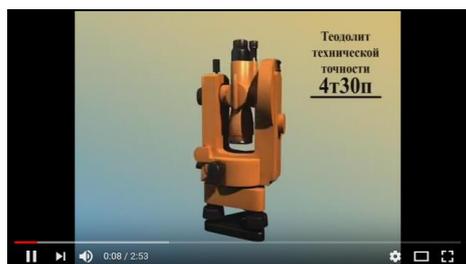
Устройством для наведения теодолита в вертикальной плоскости служит зрительная труба и относящиеся к ней винты: *закрепительный, фиксирующий трубу в выбранном положении и наводящий, позволяющий перемещать трубу в небольших пределах в вертикальной плоскости*. На зрительной трубе также располагается с двух сторон специальное приспособление для предварительного (грубого) наведения трубы на наблюдаемую точку – *коллиматорный визир*.

Для ориентирования прибора используют установочные устройства: *штатив с выдвигаемыми ножками и становым винтом*, расположенным в верхней части штатива, а также приспособления для приведения прибора в рабочее положение – *цилиндрический уровень и отвес (нитяной или в виде оптического центрира)*.

Рабочими мерами теодолита являются диски с градусными делениями или кодовыми дорожками – так называемые *лимбы горизонтального и вертикального круга*. С лимбами сопряжены отсчетные устройства теодолита. У *оптических теодолитов* с нанесенными на лимбах делениями в градусах или градах, отсчетными устройствами служат *микроскопы (штриховой, шкаловой, микроскоп-микрометр)*. У *кодовых теодолитов*, которые в настоящее время чаще называют *цифровыми* или *электронными*, визуальное отсчетное устройство заменено специальным преобразователем «угол–код» [1, 2, п. 8.1], а отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругу выводятся автоматически на жидкокристаллический экран.

Для изменения положения отдельных частей прибора они снабжены *юстировочными* (исправительными) *винтами*. Такие винты имеются у *сетки нитей* зрительной трубы, цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга, у подъемных винтов трегера (подставки) теодолита.

Для выполнения угловых измерений при проложении теодолитных и тахеометрических ходов, создании плановых съемочных сетей, проведении инженерно-геодезических изысканий, выносе проектов в натуру, геодезическом обеспечении строительства используют технические теодолиты. Технические теодолиты 2Т30, 2Т20П и 4Т30П относятся к оптическим теодолитам, т.к. они имеют стеклянные рабочие меры (лимбы) и отсчетные системы в виде штрихового микроскопа. Рассмотрим их устройство на примере теодолита 4Т30П.



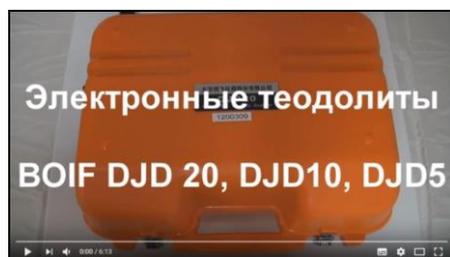
Видео 1.1 – Устройство оптического теодолита 4Т30П:

<https://youtu.be/vXd07vw5MeM>

Видеофильм 02 мин. 53 сек.

Точные теодолиты предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов при создании опорных геодезических сетей, сетей сгущения. Их также используют в строительстве для создания геодезической разбивочной основы, при выполнении разбивочных работ и исполнительных съемок, для выверки строительных конструкций и проведения наблюдений за деформациями сооружений.

В последнее время широкое применение на строительной площадке находят электронные теодолиты. В качестве примера рассмотрим устройство электронного теодолита VOIF.



Видео 1.2 – Устройство электронного теодолита VOIF:

<https://youtu.be/8v2fOPIGYa8>

Видеофильм 06 мин. 13 сек.

1.1.2. Поверки и юстировки теодолитов

Теодолит является сложным оптико-механическим прибором, предназначенным для выполнения угловых измерений с заданной точностью. При изготовлении и сборке теодолита положение его отдельных частей и деталей может отличаться от теоретической схемы. Это приводит к появлению инструментальных погрешностей измерения углов. Такие погрешности не могут быть устранены во время эксплуатации теодолита и могут быть выявлены только путем исследования прибора. Инструментальные погрешности другого рода связаны с несоблюдением геометрической схемы теодолита в процессе наблюдений. Такие погрешности выявляются в результате проведения поверок и устраняются последующей юстировкой прибора. Геометрическая схема теодолита задается теоретическим положением осей его основных частей. К таким осям относятся:

- вертикальная ось (ось вращения теодолита);
- горизонтальная ось (ось вращения зрительной трубы);
- ось цилиндрического уровня;
- визирная ось (линия, проходящая через центры объектива, сетки нитей и окуляра зрительной трубы теодолита).

Поверка прибора – это действия с целью проверки соблюдения определенного геометрического условия между его отдельными частями. Поверки выполняют, чтобы убедиться в пригодности прибора к измерениям. *Юстировка прибора* (от немецкого слова *justiren* – выверять, регулировать) – действия с целью устранения несоблюдения определенного геометрического условия между его отдельными частями. Юстировки выполняют для приведения прибора в состояние, при котором обеспечивается его правильная работа и требуемая точность измерений.

Основные геометрические условия, которые должны соблюдаться и оставаться неизменными в процессе выполнения измерений теодолитом, заключаются в следующем:

- ось вращения прибора должна быть отвесна;
- плоскость лимба горизонтального круга должна быть горизонтальна;
- визирная плоскость должна совпадать с вертикальной плоскостью.

Для соблюдения этих условий выполняются следующие поверки теодолита [1, 2, 7, 13]:

1. *Поверка цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.*
2. *Поверка сетки нитей.*
3. *Поверка коллимационной ошибки* (коллимационная ошибка – это угол, на который отклоняется визирная ось зрительной трубы теодолита от перпендикуляра к оси ее вращения).
4. *Поверка неравенства подставок (оси вращения зрительной трубы).*



Видео 1.3 – Выполнение поверок и юстировок теодолита:

https://vk.com/video16190894_166532270

Видеофильм 12 мин. 25 сек.

Результаты выполнения поверок теодолита оформляются Актом [1, 2, Приложение А], где приводится название поверки, формулировка поверяемого условия, дается краткое описание последовательности действий при ее выполнении, а также результат поверки.

Кроме перечисленных выше поверок теодолита для удобства вычислений углов наклона целесообразно соблюдать следующее условие:

угол между горизонтальной плоскостью и нулевым штрихом лимба вертикального круга должен быть равен нулю.

Отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы теодолита после горизонтирования прибора, называется *местом нуля (МО) вертикального круга*. Порядок определения и формулы для вычисления МО для разных типов теодолитов приведены в [1, 2, п. 2.3.4]. Краткое описание последовательности действий и результаты определения места нуля вертикального круга теодолита входят в Акт выполнения поверок теодолита [1, 2, Приложение А].

1.1.3. Выполнение измерений теодолитом

Основное назначение теодолита – измерение горизонтальных и вертикальных углов на местности.

Перед измерением углов теодолит приводят в рабочее положение. Для этого выполняют следующие действия:

- центрирование прибора;
- приведение плоскости лимба горизонтального круга теодолита в горизонтальное положение (нивелирование прибора);
- установка зрительной трубы по глазу и по предмету.

Основными способами измерения отдельного горизонтального угла являются способ приемов и способ «от нуля» [1, 2, п. 4.1.2].



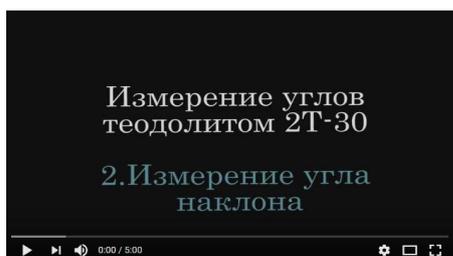
Видео 1.4 – Измерение горизонтального угла:

<https://youtu.be/9RWpGPuP8oM>

Видеофильм 09 мин. 14 сек.

Перед измерением вертикальных углов прибор должен быть приведен в рабочее положение. Кроме того, необходимо определиться, каким способом будет осуществляться измерение вертикального угла. Измерения можно выполнить полным приемом: визированием и взятием отсчетов по вертикальному кругу при двух положениях круга: круг лево (КЛ) и круг право (КП), либо полуприемом: визированием и взятием отсчета только при одном положении круга КЛ или КП.

Углы наклона измеряют от линии горизонта. Теоретически при горизонтальном положении зрительной трубы после горизонтирования прибора отсчет по вертикальному кругу должен быть равен $0^{\circ}00'$. Практически отсчет будет отличаться от нуля на значение МО. Поэтому при измерении углов наклона полуприемом вначале необходимо определить значение МО вертикального круга. При измерении вертикального угла полным приемом угол может быть вычислен только по отсчетам, взятым при двух положениях круга. В этом случае величина МО будет обеспечивать дополнительный контроль измерений: постоянство величины МО свидетельствует об их правильности.



Видео 1.5 – Взятие отсчета по вертикальному кругу, измерение угла наклона: <https://youtu.be/nmkFc90ah1o>

Видеофильм 05 мин. 00 сек.

1.2. Приборы для измерения превышений

К классическим видам геодезических измерений относится *нивелирование* – определение разности высот (превышения) между точками физической поверхности Земли. Если превышения определяют с помощью горизонтального

визирного луча, то такое нивелирование называют *геометрическим*. Прибор, задающий горизонтальный визирный луч, называется *нивелиром*. *Тригонометрическим* называют нивелирование наклонным визирным лучом, когда превышение вычисляют по измеренному углу наклона и измеренному или вычисленному расстоянию. Его выполняют с помощью теодолита или тахеометра. Геометрическое и тригонометрическое нивелирование выполняют с помощью геодезических приборов. Кроме инструментальных методов, связанных с классическими геодезическими измерениями, разность высот между точками земной поверхности также может быть определена с использованием физических законов и явлений. Так, на свойстве жидкости занимать одинаковое положение в сообщающихся сосудах основано *гидростатическое нивелирование*. Зависимость атмосферного давления от высоты точки над уровнем моря используется при выполнении *барометрического нивелирования*, когда превышение между точками определяют с помощью барометров.

Основным методом определения разности высот точек земной поверхности в геодезической практике считается геометрическое нивелирование с использованием нивелира и реек.

Традиционно нивелиры классифицируют по точности и способу приведения линии визирования в горизонтальное положение. Критерием точности нивелирования служит средняя квадратическая ошибка m_h определения превышения на 1 км двойного хода. Согласно ГОСТ 19528-90 по *точности* нивелиры подразделяют на *высокоточные* ($0,3 \text{ мм} \leq m_h \leq 0,5 \text{ мм}$), *точные* ($2 \text{ мм} \leq m_h \leq 3 \text{ мм}$) и *технические* ($5 \text{ мм} \leq m_h \leq 10 \text{ мм}$).

Кроме того, в зависимости *от способа приведения линии визирования прибора в горизонтальное положение*, различают *уровенные нивелиры* и нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования, или *нивелиры с компенсатором*. У первого типа нивелиров линия визирования перед отсчитыванием приводится в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню при зрительной трубе. Для нивелиров с компенсатором линия визирования принимает горизонтальное положение автоматически после приведения оси прибора в отвесное положение с ошибкой в 5-10'. Поэтому такие нивелиры называют еще *автоматическими*.

Большинство современных нивелиров являются автоматическими или с самоустанавливающейся линией визирования, т.к. они имеют компенсатор в своем устройстве. В качестве компенсаторов в автоматических нивелирах используется особые «чувствительные» элементы, положение которых устанавливается под действием силы тяжести. По виду различают компенсаторы маятниковые, жидкостные и уровенные. То или иное физическое устройство для компенсации угла наклона визирной оси нивелира используется как в виде самостоятельного элемента, так и в комбинации с оптическими и оптико-механическими деталями.

Согласно ГОСТ 19528-90 у отечественных оптических нивелиров маркировка прибора состоит из буквы «Н», и цифры, указывающей величину m_h : Н-05, Н-1, Н-3, Н-5. Если нивелир снабжен компенсатором или лимбом горизон-

тального круга, то в маркировку добавляется соответственно буква «К» и (или) «Л». Модификация прибора указывается перед буквой «Н», например: 3Н-5Л, 3Н-3КЛ, 4Н-2КЛ (рисунок 1.1).

Особенностью нивелира как геодезического прибора является то, что измерение (отсчитывание) выполняется по шкале, вынесенной за прибор. Поэтому в зависимости от способа снятия отсчетов различают нивелиры *оптические*, когда отсчеты берутся наблюдателем визуально, и *цифровые* (электронные или кодовые), снабженные особым фотоприемным устройством, позволяющим автоматизировать отсчитывание по специальной штрих-кодовой шкале [1, 2, п. 8.3]. Фактически цифровой нивелир является комбинированным прибором, объединяющим светодальномер диффузного типа, оптический нивелир, устройство для распознавания изображения специального кода на шкале, микропроцессор для вывода и хранения измерительной информации – отсчета по шкале и расстояния от прибора до шкалы (рисунок 1.2, а).



Рисунок 1.1 – Нивелиры 4Н-2КЛ и 4Н-3КЛ



Leica LS15



Leica Roteo 35G



Trimble DiNi 03



Bosch GLL 2-50

а)

б)

Рисунок 1.2 – Нивелиры: а) цифровые, б) лазерные

Замена зрительной трубы нивелира на оптический квантовый генератор (лазер) привела к появлению еще одного типа нивелиров – *лазерных* [1, 2, п. 8.4]. Такие приборы задают видимую визирную линию или плоскость. При пе-

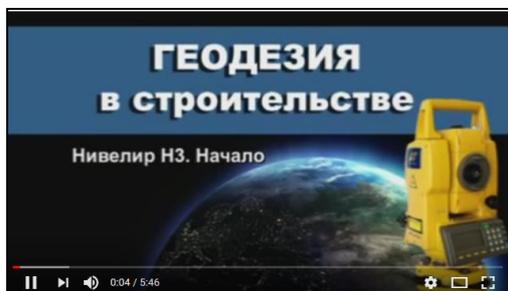
ресечении с препятствием прибор дает световое пятно в виде колец дифракционной решетки. В отличие от оптических и цифровых нивелиров, лазерные нивелиры для определения превышений практически не используются. Такие приборы находят применение при выполнении строительных работ внутри помещений, при вертикальной планировке, для автоматизации контроля рабочих органов строительных машин и механизмов и т.п. (рисунок 1.2, б).

1.2.1. Устройство нивелиров

В комплект нивелира входят штатив и две нивелирные рейки.

Основными частями уровенных нивелиров являются:

- зрительная труба с механическим визиром и кремальерой;
- круглый (установочный) и цилиндрический уровни;
- подставка с тремя подъемными винтами.

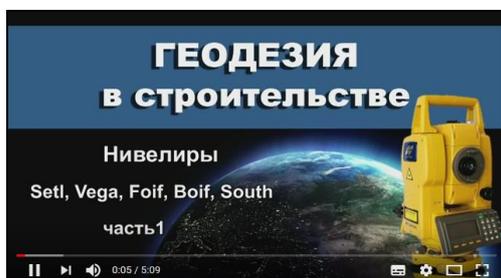


Видео 1.6 – Устройство оптического нивелира Н-З и работа с ним:

<https://youtu.be/E1RaN7r8KEQ>

Видеофильм 05 мин. 46 сек.

Современные нивелиры с компенсатором имеют зрительные трубы прямого изображения с увеличением 20-30[×], снабженные парой наводящих винтов, расположенных слева и справа под объективом трубы, круглый уровень для приведения прибора в рабочее положение, круглую подставку с тремя подъемными винтами в ее нижней части и лимб горизонтального круга.



Видео 1.7 – Устройство нивелиров с компенсатором и работа с ними:

<https://youtu.be/9uSXDU57RHE>

Видеофильм 05 мин. 09 сек.

Высокоточные нивелиры изготавливаются малыми партиями и при выполнении массовых инженерно-геодезических работ не используются.

Отечественные точные и технические нивелиры 3 и 4 модификации отличаются следующими конструктивными особенностями. Зрительные трубы имеют увеличение $20-30\times$ и дают прямое изображение. Приборы снабжены лимбами горизонтального круга, оцифрованными через 1° , что позволяет измерять и строить горизонтальные углы на местности с точностью $15-30'$. У зрительной трубы отсутствует закрепительный винт, взамен этого имеется два наводящих винта с бесконечной червячной передачей. Приборы имеют малый вес за счет использования пластмассовых деталей (подъемные винты подставки, наводящие винты зрительной трубы, элевационный винт). У нивелиров 3Н-2КЛ и 4Н-2КЛ сетка нитей дополнена клиновидным биссектором, поэтому при наличии микрометрической насадки на объектив зрительной трубы эти приборы можно использовать для нивелирования по штриховым рейкам, что повышает точность измерений. Наличие призмной насадки позволяет использовать нивелир как прибор вертикального проецирования, поскольку это устройство разворачивает визирный луч прибора на 90° и направляет его вверх (в зенит) или вниз (в надир).

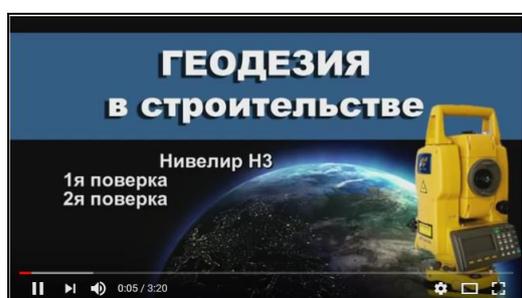
1.2.2. Поверки и юстировки нивелиров

Для проверки работоспособности нивелира и обеспечения горизонтальности визирного луча во время измерений с точностью, соответствующей классу прибора, выполняются следующие поверки и юстировки [7]:

1. Поверка круглого уровня.
2. Поверка сетки нитей.
3. Поверка главного условия нивелира.

Поверки круглого уровня и сетки нитей выполняются способами, не зависящими от конструктивных особенностей прибора.

Юстировка круглого уровня (исправление положения его оси) также не зависит от типа нивелира. Порядок действий при юстировке сетки нитей зависит от типа нивелира [1, 2, п. 2.5.2].



Видео 1.8 – Выполнение поверок и юстировок нивелира Н-3:

https://youtu.be/_k8O8y5k_UE

Видеофильм 03 мин. 21 сек.

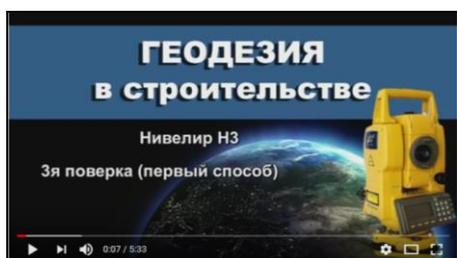
Главное условие нивелира для приборов с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе и автоматических нивелиров имеет разные формулировки из-за их конструкции.

Так, для уровенных нивелиров *ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы*, а для нивелиров с компенсатором *визирная ось трубы должна быть горизонтальна, если нивелир приведен в рабочее положение по круглому уровню*.

Общее условие, которое необходимо соблюдать при нивелировании независимо от типа и конструкции прибора заключается в том, что *на точке стояния нивелира (станции) его визирный луч во время измерений должен быть горизонтален*.

Проверку главного условия нивелира можно выполнить несколькими способами:

- способом двойного нивелирования «вперед».

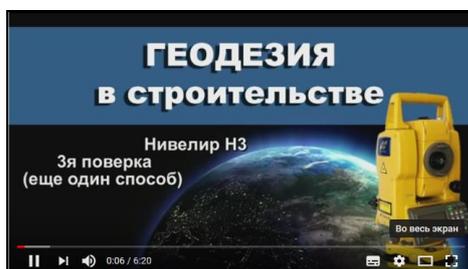


Видео 1.9 – Выполнение поверки и юстировки главного условия нивелира Н-3 способом двойного нивелирования «вперед»:

<https://youtu.be/vnEUJSHAq9w>

Видеофильм 05 мин. 33 сек.

- способом нивелирования «из середины» в сочетании с нивелированием «вперед».



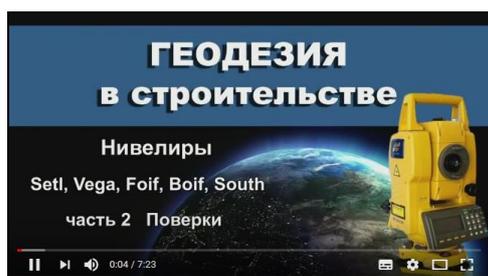
Видео 1.10 – Выполнение поверки и юстировки главного условия нивелира Н-3 способом нивелирования «из середины» в сочетании с нивелированием «вперед»: <https://youtu.be/JTgF44sdOyA>

Видеофильм 06 мин. 20 сек.

Для нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования может дополнительно выполняться *проверка работы компенсатора*. Проверяемое условие: *визирная ось трубы должна быть горизонтальна при наклоне оси вращения нивелира в пределах диапазона работы компенсатора*.

Диапазон работы компенсатора – это максимальный угол наклона оси вращения прибора, при котором погрешность в положении линии визирования нивелира не превышает установленного допуска. Порядок выполнения этой проверки, а также способ определения погрешности работы компенсатора подробно описан в [1, 2, п. 2.5.4].

Иногда «проверкой компенсатора» называют действия по быстрой проверке его работы. В этом случае для того, чтобы проверить, работает компенсатор прибора или нет, нужно слегка постучать по корпусу нивелира, рассматривая изображение рейки в поле зрения трубы на фоне сетки нитей. Изображение должно слегка сместиться по вертикали и вернуться в исходное положение, т.е. отсчет по рейке должен остаться без изменений. Кроме того, можно резко повернуть подъемный винт подставки прибора, расположенный вдоль линии визирования (под объективом или окуляром прибора), примерно на 90° (так, чтобы пузырек круглого уровня остался в пределах делений ампулы) и одновременно в трубу наблюдать отсчет по рейке. В первый момент будет наблюдаться изменение отсчета и «дрожание» сетки нитей. Если в течение 1-2 секунд дрожание прекратится и первоначальный отсчет восстановится, то компенсатор работает нормально. Следовательно, можно сделать вывод о том, что компенсатор обеспечивает горизонтальность визирного луча при наклоне оси вращения прибора в пределах величины диапазона работы компенсатора (от $\pm 10'$ до $\pm 15'$).



Видео 1.11 – Выполнение проверок и юстировок нивелиров с компенсаторами: <https://youtu.be/V5IcoPggP6g>

Видеофильм 07 мин. 23 сек.

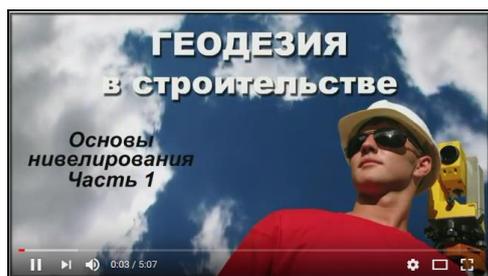
Результаты выполнения проверок нивелира оформляются Актом [1, 2, Приложение Б], где приводится название проверки, формулировка проверяемого условия, дается краткое описание последовательности действий при ее выполнении, а также результат проверки.

1.2.3. Выполнение измерений нивелиром

Геометрическое нивелирование производится для определения превышений между точками физической поверхности Земли при помощи горизонтального луча нивелира и отвесно установленных в этих точках реек. По полученным превышениям и известной отметке начальной точки могут быть вычислены отметки точек местности, по которым было выполнено нивелирование.

Прежде чем приступить к работе с нивелиром на местности, необходимо проверить внешнее состояние прибора и его комплектность. Для этого осуществляют его осмотр: проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы, контрастность и четкость изображения сетки нитей, убеждаются в отсутствии дефектов на нивелире, затрудняющих работу с ним. Кроме того, необходимо опробовать взаимодействие подвижных частей прибора. При этом обращают внимание на исправность всех частей нивелира, отсутствие люфта в винтах (подъемных, наводящих, закрепительных), плавность вращения окуляра, кремальеры, элевационного винта (для уровенных нивелиров). Для нивелиров с компенсатором необходимо проверить, работает ли компенсатор. Также необходимо убедиться в исправности штатива и реек. При внешнем осмотре реек проверяют качество окраски и оцифровки шкал. На рабочих поверхностях реек не должно быть больших пятен, царапин и отслаиваний краски, препятствующих взятию отсчетов. Для складных и телескопических реек убеждаются в исправности устройств при закреплении их в развернутом положении.

В геодезической практике используют два способа геометрического нивелирования: из середины и вперед. При проложении нивелирных ходов на местности [1, 2, п. 4.1.5] для определения превышений между удаленными точками земной поверхности, как правило, используют способ геометрического нивелирования из середины.



Видео 1.12 – Основы нивелирования. Геометрическое нивелирование из середины: https://youtu.be/IDjAVd1_4Po

Видеофильм 05 мин. 07 сек.

Способ нивелирования вперед для определения превышений между точками физической поверхности Земли применяется довольно редко. Чаще этот способ используют, вычисляя горизонт инструмента на станции нивелирного хода для определения отметок промежуточных точек [1, 2, п. 4.5.2].

1.3. Приборы для измерения длин линий

В настоящее время в геодезии для измерения длин линий применяется два вида приборов: механические и физико-оптические [5]. В качестве механических мерных приборов можно рассматривать линейные меры разной длины, изготовленные из различных материалов (металлические, фиброглассовые, тесняные) в виде проволок, лент, рулеток. Измерения с их помощью выполняются так называемым «прямым» методом, т.е. путем последовательного уложения мерного прибора в створ измеряемой линии.

Измерения могут проводиться либо по поверхности земли, либо над ней, когда мерный прибор (обычно проволоки) подвешивается между специальными штативами. В обоих случаях вместо прямой между концами линии измеряют ломаную.

Результатом измерения является сумма целых уложений с остатком или *домером* – малым отрезком линии, длина которого меньше длины мерного прибора.

В соответствии с ГОСТ 7502-98 в нашей стране выпускаются рулетки с номинальной длиной 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 и 100 м (рисунок 1.3). ГОСТ предусматривает выпуск рулеток как со смещенным от торца шкалы началом, так и с совпадающим с ним началом шкалы. На шкалах рулеток наносятся метровые, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые интервалы. По точности нанесения делений изготавливают рулетки 2-го и 3-го класса. Класс точности определяет допустимое отклонение действительной длины интервала шкалы от номинального значения в миллиметрах. В обозначении отечественных рулеток после буквы «Р» указывается длина в метрах, материал изготовления, класс точности и конструктивные особенности вытяжного конца полотна.

Согласно ГОСТ 7502-98 рулетки должны сохранять работоспособность при температуре от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 98% при $+20^{\circ}\text{C}$. Ресурс рулетки определяется в зависимости от материала количеством *циклов измерений*. Цикл состоит из разматывания на полную длину, натяжения, отсчитывания и сматывания полотна рулетки. Например, для рулеток из нержавеющей стали средний ресурс составляет 2000 циклов, для рулеток из углеродистой стали – 1500.

В зависимости от технических характеристик рулеток в строительной практике их используют для измерения линий, поэтажной передачи отметок, разбивочных и обмерных работ, исполнительных съемок.

За рубежом выпускаются рулетки разной длины с полотном из различных материалов: стальные (с травлеными делениями – из углеродистой и нержавеющей стали, просто крашенные и крашенные с пластиковым покрытием), фиброглассовые с капроновым кордом.

Для измерения участков дорог, железнодорожных путей и лесных угодий используют так называемые *дорожные колеса* (курвиметры) (рисунок 1.4). Они позволяют сравнительно быстро, но с невысокой точностью (от 0,1-0,2% до 1%) определять большие расстояния (от не скольких сотен метров, до нескольких

километров). В процессе измерений мерное колесо прокатывается по всей длине измеряемой линии, а отсчеты берутся по установленному на оси колеса счетчику для механических колес, либо на рукоятке для электронных колес.

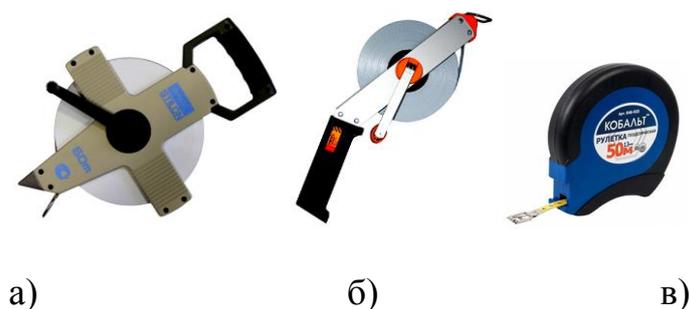


Рисунок 1.3 – Стальные рулетки:
а – на крестовине; б – на вилке; в – в закрытом корпусе



Рисунок 1.4 – Дорожные колеса: а – механическое; б – электронное

В качестве физико-оптических приборов для измерения расстояний в геодезии используются так называемые *дальномеры* – оптические и электронные.

Оптический дальномер – это оптико-механическое устройство, принцип действия которого основан на решении равнобедренного треугольника, образованного базисом b и малым (параллактическим) углом φ . Определяемое расстояние S находят по формуле

$$s = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}.$$

В оптических дальномерах одна из величин фиксируется, а другая измеряется. Конструктивно оптические дальномеры представляют собой самостоятельный прибор, насадку на объектив зрительной трубы, встроенный узел или отдельный элемент зрительной трубы [5].

В настоящее время самый простой и распространенный вид оптических дальномеров – *нитяной дальномер* (рисунок 1.5). Это дальномер с постоянным параллактическим углом, выполненный в виде двух симметрично расположенных горизонтальных штрихов сетки нитей, установленной в зрительной трубе прибора (теодолита, нивелира, тахеометра). При измерениях расстояний базисом обычно служит нивелирная рейка с сантиметровыми делениями. Относительная ошибка измерения расстояний до 200-300 м по нитяному дальномеру составляет 1/100-1/200. Основные преимущества, которые дает его использование – быстрота и простота измерений.

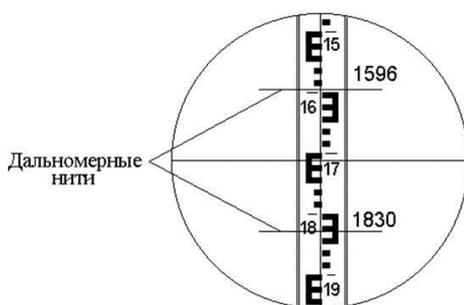


Рисунок 1.5 – Нитяной дальномер



2СТ-10



4СТ-3



Шестипризмный отражатель



Сферический отражатель

Рисунок 1.6 – Светодальномеры и отражатели

Электронными дальномерами в геодезии принято называть *светодальномеры* – приборы, действие которых основано на измерении временного интервала, в течение которого свет дважды проходит измеряемое расстояние в прямом и обратном направлении (рисунок 1.6). Различают *импульсные* и *фазовые* светодальномеры. В импульсных светодальномерах временной интервал рас-

пространения светового сигнала измеряется непосредственно, а в фазовых – через разность фаз модуляции светового луча. Приборы работают как по специальным отражателям (трипель-призмам, зеркально-линзовым, сферическим), так и по диффузно отражающим поверхностям (в безотражательном режиме).



Видео 1.13 – Светодальномеры:
<https://youtu.be/9N06KyCbNmU>
Видеофильм 14 мин. 46 сек.



Рисунок 1.7 – Лазерные рулетки

Замена в дальномерах обычных источников света на лазеры заметно снизила их габариты и массу, увеличила дальность действия и повысила точность измерений. Светодальномеры позволяют измерять расстояния от нескольких метров до нескольких десятков километров с относительной погрешностью от 1/5000 до 1/1000000.

В настоящее время светодальномеры в виде самостоятельных приборов выпускаются малыми партиями и применяются для решения типовых инженерно-геодезических задач достаточно редко. Массовое распространение светодальномеры нашли в конструкции электронных тахеометров [1, 2, п. 8.2] как часть прибора, встроенная в зрительную трубу.

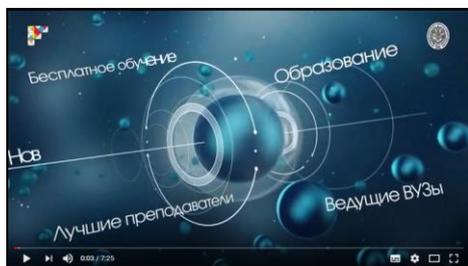
В практике выполнения инженерно-геодезических работ применяются так называемые «ручные» фазовые дальномеры, или *лазерные рулетки* (рисунок 1.7). Их используют для измерения расстояний внутри помещений и на местности. Большинство лазерных дальнометров имеют небольшие размеры и умещаются в руке.

Лазерный дальномер снабжен микропроцессором, который позволяет решать простейшие геометрические задачи (например, вычислить периметр, площадь, высоту объекта). Лазерные дальномеры могут быть оснащены уров-

нем и визиром. При помощи специального адаптера дальномер можно устанавливать на теодолиты или штатив.

1.4. Измерение длин линий рулетками

Перед измерениями выполняют проверку внешнего состояния рулеток путем визуального осмотра и опробования: проверяют качество штрихов делений и их надписей, устанавливают отсутствие или наличие на полотне дефектов (изломов, следов коррозии, царапин), выполняют скручивание и раскручивание, убеждаясь, что в работе механизма перемотки нет заеданий. Кроме того, выполняют *поверку длины шкалы* рулетки, или *компарирование*, сравнивая ее длину с образцовой рулеткой (эталоном) или используя полевой компаратор [1, 2, п. 2.6]. Результаты выполнения поверки длины шкалы оформляются Актом [1, 2, Приложение В].



Видео 1.14 - Линейные измерения и компарирование:

<https://youtu.be/xHIXMN5DdCY>

Видеофильм 07 мин. 25 сек.

При непосредственном определении длины линии на местности придерживаются следующего порядка действий:

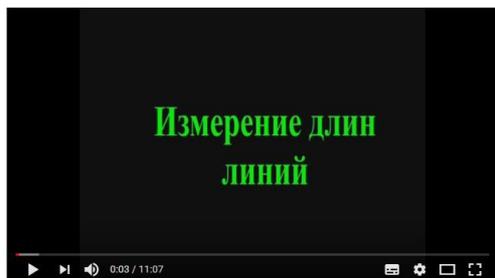
1) Выполняют *рекогносцировку* – предварительный осмотр местности и определение условий измерений. При рекогносцировке намечают на местности положение линии и убеждаются в существовании видимости между ее началом и концом, а также в возможности при необходимости размещения промежуточных точек вдоль измеряемой линии.

2) Подготавливают линию для измерений. Для этого расчищают полосу для измерения, устраняя препятствия и незначительные неровности поверхности, отмечают точки перегиба рельефа вдоль линии и выполняют вешение линии, т.е. устанавливают вехи в ее *створе*. *Створ* – вертикальная плоскость, проходящая через начало и конец линии.

3) Выполняют измерение линии. Для этого дважды (в прямом и обратном направлении), последовательно укладывают мерный прибор (рулетку) в створ линии, фиксируя на местности ее концы. Во время измерений записывают число целых уложений и величину остатка (домера), длина которого меньше длины прибора. Остаток – отрезок линии между точкой фиксации конца шкалы мерного прибора, уложенного в створ измеряемой линии, и ее концом, когда

линию измеряют в прямом направлении или ее началом, когда линию измеряют в обратном направлении.

4) Вычисляют длину измеренной линии. Практически это означает, что нужно исключить систематические ошибки измерений, введя поправки за компарирование, температуру и уклон местности, чтобы в итоге получить горизонтальное проложение измеренной линии.



Видео 1.15 – Определение длины линии прямым и косвенным методами:

<https://youtu.be/hijlULxs34E>

Видеофильм 11 мин. 07 сек.

Точность измерения длин линий мерными приборами обычно задается в виде допустимых относительных ошибок:

а) $1/3000$ – при благоприятных условиях измерений (измерения проводятся по твердым покрытиям на ровной местности);

б) $1/2000$ – при нормальных условиях измерений (измерения проводятся по ровным поверхностям);

в) $1/1000$ – при неблагоприятных условиях измерений (измерения проводятся на пересеченной местности, наличие кустарников, кочек и т.п.).

Исходя из того, что линия измеряется дважды, в прямом и обратном направлениях, и за окончательное принимается среднее значение, допустимые расхождения разности двух измерений и вычисленные по ним относительные ошибки должны быть в корень из двух раз больше [9], соответственно:

а) $1/2000$ для благоприятных условий измерений;

б) $1/1500$ для нормальных условий измерений;

в) $1/800$ для неблагоприятных условий измерений.

1.5. Контрольные задания по разделу

1. Дать описание устройства оптического теодолита 4Т30П. Указать назначение его основных частей.

2. Описать порядок выполнения поверки и юстировки цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга теодолита.

3. Описать порядок выполнения поверки и юстировки сетки нитей теодолита.

4. Описать порядок выполнения поверки и юстировки коллимационной ошибки теодолита.
5. Описать порядок выполнения поверки неравенства подставок теодолита.
6. Описать порядок действий при определении величины МО ВК теодолита.
7. Дать описание устройства нивелира Н-3. Указать назначение его основных частей.
8. Дать описание устройства нивелиров с компенсатором Setl (Vega). Указать назначение их основных частей.
9. Описать порядок выполнения поверки и юстировки круглого уровня нивелира.
10. Описать порядок выполнения поверки и юстировки сетки нитей нивелира 3Н-5Л.
11. Описать порядок выполнения поверки и юстировки главного условия уровенного нивелира способом двойного нивелирования «вперед».
12. Описать порядок выполнения поверки и юстировки главного условия уровенного нивелира способом нивелирования «из середины» в сочетании с нивелированием «вперед».
13. Описать порядок выполнения поверки и юстировки главного условия нивелира с компенсатором.
14. Описать порядок действий на станции при выполнении геометрического нивелирования из середины.
15. Описать выполнение поверки внешнего состояния мерного прибора.
16. Описать порядок определения длины шкалы рулетки на полевом компараторе.
17. Описать порядок компарирования мерного прибора, когда его длина равна длине компаратора.
18. Описать порядок действий при измерении длины линии на местности рулеткой.

Раздел 2. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА МЕСТНОСТИ

2.1. Определение высоты сооружения с использованием теодолита и рулетки

Задача может быть решена методом тригонометрического нивелирования. Для этого теодолитом измеряют вертикальные углы на верхнюю и нижнюю точки сооружения, высоту которого необходимо определить. Дополнительно рулеткой измеряют расстояние от точки стояния теодолита до нижней точки сооружения.

Точность определения высоты зависит от точности угловых и линейных измерений. Поэтому необходимо измерять вертикальные углы полным приемом (при двух положениях вертикального круга КЛ и КП) и следить за колебаниями величины МО – места нуля вертикального круга, а расстояние измерять дважды с относительной ошибкой не превышающей 1/1000. Для контроля правильности измерений высоту сооружения следует определять с двух стоянок прибора [1, 2, п. 3.1].



Видео 2.1 – Определение высоты сооружения:

https://youtu.be/Rb3boUvru_Y

Видеофильм 04 мин. 34 сек.

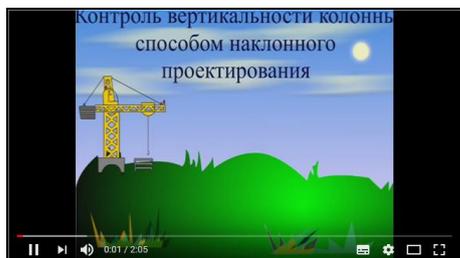
Если относительная ошибка определения высоты составляет не более 1/1000, то за окончательное значение высоты принимают среднее из двух определений. Результаты измерений и вычислений заносят в соответствующий журнал и ведомость [1, 2, Приложение Г].

2.2. Определение крена сооружения с помощью теодолита и рейки

Крен сооружения может быть определен с помощью теодолита, когда зрительную трубу прибора используют в качестве оптического отвеса. При этом теодолит тщательно горизонтируют. Вертикальной нитью сетки нитей зрительной трубы верхнюю точку сооружения, крен которого хотят определить, проецируют на горизонтальную поверхность, на которой перпендикулярно линии визирования расположена шкала – нивелирная рейка или рулетка. По по-

ложению вертикальной нити зрительной трубы теодолита со шкалы снимают отсчеты при проецировании верхней и визировании нижней точки сооружения [1, 2, п. 3.2].

В качестве примера практического применения описанного способа можно привести его использование для контроля вертикальности строительных конструкций.



Видео 2.2 – Контроль вертикальности колонн способом наклонного проектирования: <https://youtu.be/7om9XnFNZ7g>

Видеофильм 02 мин. 05 сек.

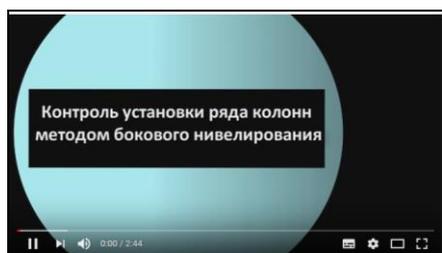
Для контроля измерений проецирование выполняют при двух положениях вертикального круга теодолита. Чтобы определить величину полного крена, проецирование выполняют с двух расположенных взаимно перпендикулярно станций (точек стояния прибора). Если известна высота сооружения, то его крен может быть выражен кроме линейной меры также и в угловой мере.

Результаты измерений и вычислений заносят в специальный журнал и соответствующую таблицу [1, 2, Приложение Д].

2.3. Определение прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования

Метод бокового нивелирования при определении прямолинейности строительных конструкций (колонн, свай и т.п.) заключается в том, что относительно створа, зафиксированного коллимационной плоскостью зрительной трубы теодолита, определяют отклонения от него элементов строительных конструкций, расположенных вдоль линии, параллельной створу (например, строительной оси). Так, при определении прямолинейности ряда колонн, измеряют отклонение каждой колонны от створа, задаваемого двумя крайними колоннами ряда, используя теодолит и нивелирную рейку [1, 2, п. 3.3].

Примером практического использования метода бокового нивелирования может служить контроль установки ряда колонн в отвесное положение.



Видео 2.3 – Выверка прямолинейности ряда колонн:

https://youtu.be/T6QmItL3W_I

Видеофильм 02 мин. 45 сек.

Результаты измерения расстояний между колоннами и отсчеты по рейке заносят в специальный журнал [1, 2, Приложение Е]. Полученные результаты используют для построения графика прямолинейности ряда колонн. Горизонтальный и вертикальный масштабы задают в соответствии с максимальными значениями измеренных длин линий d_{1-i} и отклонений колонн от створа $\Delta_i = a_i - a_1$.

2.4. Определение недоступных расстояний способом базисов

При выполнении линейных измерений на местности встречаются линии, пересекающие различные препятствия (реки, овраги, котлованы, траншеи, здания и сооружения, автострады с многорядным движением и т.п.). Так как такие линии прямым методом зачастую измерить невозможно, то эти линии или расстояния называют недоступными. Для определения расстояний такого рода используют косвенные методы – аналитический или инструментальный [10].

При использовании аналитического метода на местности выполняют измерения вспомогательных горизонтальных углов и линий (базисов). Отсюда – общее название такого способа – способ базисов. Сущность способа заключается в определении недоступного расстояния из угловых и линейных измерений. Способ предусматривает вычисление определяемого расстояния с использованием теоремы синусов или косинусов [1, 2, п. 3.4] – (см. Видео 1.15).

Инструментальные методы определения расстояний связаны с использованием геодезических дальномеров – оптических или электронно-оптических (рисунок 2.1). Такие методы обычно используют для определения расстояний от нескольких десятков и сотен метров до нескольких километров.

При использовании способа базисов для определения недоступных расстояний выполняют угловые и линейные измерения в треугольнике, образованном базисами и определяемым расстоянием. В случае если в треугольнике измерены два горизонтальных угла, примыкающих к базису, искомое расстояние находят, применяя теорему синусов. Если в треугольнике измерены два базиса

и горизонтальный угол между ними, неприступное расстояние вычисляют, используя теорему косинусов. Для контроля определений и повышения их точности на местности строят два треугольника, включающие одно и то же неприступное расстояние в качестве общей для них стороны.

Результаты определения неприступного расстояния оформляют в виде журналов угловых и линейных измерений и специальной таблицы, в которой выполняются вычисления [1, 2, Приложение Ж].

2.5. Вынос на местность проектной отметки горизонтальным лучом прибора

Достаточно часто при выполнении геодезических работ на строительной площадке приходится выносить в натуру проектные отметки. Вынос на местность строительных конструкций, монтажном горизонте, участке поверхности земли и т.д.) точки, отметка которой равнялась бы проектной. Как правило, проектные отметки выносят в натуру методом геометрического нивелирования. При этом вблизи от места, куда выносится отметка, должен находиться временный или постоянный *репер* – точка с известной высотой [1, 2, п. 3.5].

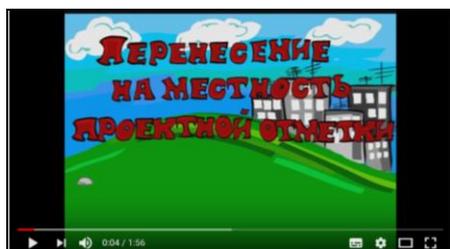


RGK D900



RGK D1500

Рисунок 2.1 – Оптические дальномеры для определения неприступных расстояний



Видео 2.4 – Вынос на местность проектной отметки горизонтальным визирным лучом: https://youtu.be/QAv_P72Rbec

Видеофильм 01 мин. 57 сек.

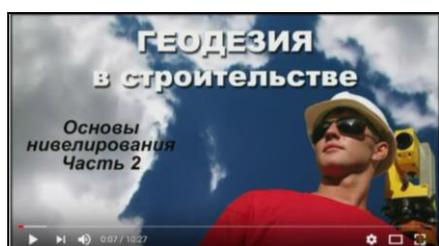
Результаты выноса оформляют согласно [1, 2, Приложения И и К] или в виде таблицы измерений и расчетов.

Отметки в проекте сооружения и на строительных чертежах задаются в двух системах высот:

- в условной системе, где началом отсчета служит уровень чистого пола первого этажа здания;

- государственной (Балтийской системе), где началом отсчета служит так называемый «нуль Кронштадтского футштока».

Частным случаем выноса проектной отметки на строительные конструкции здания или сооружения является передача отметки на монтажный горизонт с помощью нивелира и рулетки.



Видео 2.5 – Вынос проектной отметки на строительные конструкции:

<https://youtu.be/H-lsCA7L0DA>

Видеофильм 10 мин. 26 сек.

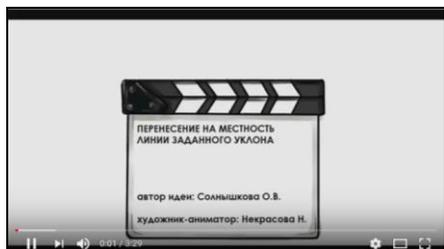
Следует отметить, что для выноса проектной отметки может быть также использован горизонтальный визирный луч теодолита. Предварительно необходимо надежно определить МО ВК – место нуля вертикального круга теодолита (как среднее из 2-3 измерений). Устанавливая на лимбе вертикального круга наводящим винтом зрительной трубы отсчет, равный МО, визирной оси зрительной трубы придается горизонтальное положение. Точность выноса проектной отметки в этом случае будет зависеть от точности определения МО и расстояния от прибора, на котором находится место, куда выносится проектная отметка.

2.6. Построение линии заданного уклона наклонным лучом прибора

Построение в натуре линии заданного (проектного) уклона заключается в том, что на местности фиксируется несколько точек (минимум – две), отметки которых задают положение линии с проектным уклоном. Для решения этой задачи могут использоваться как оптические приборы (нивелиры, теодолиты), так и электронные и лазерные [1, 2, Раздел 8]. Причем независимо от того, какой

тип прибора применяется при построении, задача может быть решена с использованием как горизонтального, так и наклонного луча, задаваемого прибором.

Следует отметить, что использование нивелира для построения линии заданного уклона наклонным лучом возможно лишь при малых уклонах на сравнительно небольшие расстояния [1, 2, п. 3.6].



Видео 2.6 – Построение линии заданного уклона наклонным лучом нивелира: <https://youtu.be/CjX3Jg8S3Mk>

Видеофильм 03 мин. 30 сек.

Результаты измерений и расчетов оформляют согласно [1, 2, Приложение Л].

Линия проектного уклона может быть также построена с использованием теодолита. В этом случае предварительно должен быть вычислен отсчет по вертикальному кругу теодолита, соответствующий заданному (проектному) уклону [1, 2, п. 3.6].

Определенные преимущества при построении линии заданного уклона теодолитом имеют электронные приборы [1, 2, п. 8.1.1] за счет наличия функциональной клавиши для перехода от угловой величины отсчета по вертикальному кругу к значению его тангенса, выраженному в процентах. Практически это означает возможность придавать зрительной трубе наклон, соответствующий проектному значению уклона.

2.7. Построение на местности проектного угла и проектного отрезка

Геодезическими разбивочными работами называется процесс перенесения проектов зданий и сооружений на местность. Практически разбивочные работы сводятся к тому, что на строительной площадке закрепляются точки, задающие геометрию сооружения. Положение этих точек на местности можно определить путем построения проектного горизонтального угла и проектного отрезка.

Перенесение в натуру проектного горизонтального угла заключается в отыскании и закреплении на местности направления, образующего с исходным

направлением горизонтальный угол, равный проектному [6]. Задача может быть решена с приборной или заданной точностью [1, 2, п. 3.7].



Видео 2.7 – Построение на местности проектного горизонтального угла с приборной точностью: <https://youtu.be/0LBqK8y6Fl8>

Видеофильм 02 мин. 14 сек.

Следует отметить, что на точность построения угла кроме факторов, связанных с погрешностями центрирования теодолита над исходной точкой, визирирования, отсчитывания по горизонтальному кругу, существенно влияет погрешность фиксации конечной точки откладываемого при построении направления.

Обязательным условием правильности построения проектного угла является контрольное измерение его величины и сравнение ее с заданным значением. Результаты построения оформляются в виде схемы и журналов измерений проектного угла [1, 2, Приложение М].

Для перенесения на местность проектного отрезка необходимо от исходной точки в заданном направлении отложить расстояние, горизонтальное проложение которого соответствует проектному значению [6]. Откладываемое расстояние вычисляют с учетом длины заданной проектной линии и ряда поправок [1, 2, п. 3.8]:

- за наклон линии (за разность высот ее концов),
- за компарирование мерного прибора,
- за температуру измерений.

Следует иметь в виду, что поправки в откладываемое на местности расстояние должны вводиться со знаком, обратным вычисленному значению. Другими словами, откладываемое на местности расстояние должно быть больше величины проектного отрезка. Результаты построения проектного отрезка оформляют в соответствии с [1, 2, Приложение Н].

2.8. Контрольные задания по разделу

2.8.1. Перечень теоретических вопросов

1. Описать порядок действий на станции при определении высоты сооружения методом тригонометрического нивелирования.
2. Описать порядок действий при вычислении высоты сооружения методом тригонометрического нивелирования.
3. Описать порядок действий на станции при определении крена сооружения методом вертикального проецирования.
4. Описать порядок действий при вычислении крена сооружения методом вертикального проецирования.
5. Описать порядок действий при определении прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования.
6. Описать порядок действий при построении графика прямолинейности ряда колонн по данным бокового нивелирования.
7. Дать описание различных схем реализации способа базисов при определении неприступных расстояний.
8. Описать порядок действий при определении неприступного расстояния из прямой угловой засечки.
9. Описать порядок действий при вычислении неприступного расстояния с использованием теоремы синусов.
10. Описать порядок действий при определении неприступного расстояния способом базисов при отсутствии видимости между концами линии.
11. Описать порядок действий при вычислении неприступного расстояния с использованием теоремы косинусов.
12. Описать порядок действий при выносе на местность проектной отметки методом горизонта инструмента.
13. Описать порядок действий при построении линии заданного уклона наклонным лучом нивелира.
14. Описать порядок действий при построении линии заданного уклона теодолитом.
15. Описать порядок действий при построении проектного угла на местности теодолитом с приборной точностью.
16. Описать порядок действий при построении проектного угла теодолитом с заданной точностью.
17. Описать порядок действий при измерении на местности горизонтального угла теодолитом одним полным приемом.
18. Описать порядок построения проектного отрезка на местности.

2.8.2. Практические задания к разделу

1. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить высоту сооружения, определенную методом тригонометрического нивелирования. Вычисления оформить в виде Ведомости [1, 2, Приложение Г]:

Журнал измерения углов наклона

Наблю- даемые точки	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	v
	КП	КЛ		
А	Станция I			
	+4° 32,0'	-4° 33,0'		
В	-25° 55,0'	+25° 54,0'		
А	Станция II			
	+4° 00,0'	-4° 00,0'		
В	-22° 24,0'	+22° 24,0'		

Журнал измерений d_1, d_2

Линия	Прямо Обратно	$d_{cp}, м$
d_1	15,58	
	15,56	
d_2	18,25	
	18,27	

2. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить высоту сооружения, определенную методом тригонометрического нивелирования. Вычисления оформить в виде Ведомости [1, 2, Приложение Г]:

Журнал измерения углов наклона

Наблюдаемые точки	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	v
	КП	КЛ		
А	Станция I			
	184° 14,0'	355° 42,0'		
В	166° 21,0'	13° 37,0'		
А	Станция II			
	180° 46,0'	359° 16,0'		
В	165° 51,0'	14° 11,0'		

Журнал измерений d_1, d_2

Линия	Прямо Обратно	$d_{cp}, м$
d_1	25,20	
	25,22	
d_2	30,08	
	30,10	

3. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить высоту сооружения, определенную методом тригонометрического нивелирования. Вычисления оформить в виде Ведомости [1, 2, Приложение Г]:

Журнал измерения углов наклона

Наблю- даемые точки	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	v
	КП	КЛ		
А	Станция I			
	+7° 10,0'	-7° 11,0'		
В	-13° 58,0'	+13° 57,0'		
А	Станция II			
	+7° 02,0'	-7° 00,0'		
В	-19° 13,0'	+19° 15,0'		

Журнал измерений d_1, d_2

Линия	Прямо Обратно	$d_{cp}, м$
d_1	10,865	
	10,855	
d_2	8,615	
	8,605	

4. Обработать результаты определения крена сооружения методом вертикального проецирования. Высоту сооружения принять равным 28,203 м. Вычисления крена оформить в виде таблицы [1, 2, Приложение Д]:

Журнал наблюдений

№ станции	Наблюдаемые точки		Отсчеты по рейке, мм	Разность отсчетов, мм	Среднее значение, мм
I	КЛ	В	0584		
		А	0578		
	КП	В	0587		
		А	0581		
II	КЛ	В	0698		
		А	0712		
	КП	В	0699		
		А	0715		

5. Обработать результаты определения крена сооружения методом вертикального проецирования. Высоту сооружения принять равным 12,525 м. Вычисления крена оформить в виде таблицы [1, 2, Приложение Д]:

Журнал наблюдений

№ станции	Наблюдаемые точки		Отсчеты по рейке, мм	Разность отсчетов, мм	Среднее значение, мм
I	КЛ	В	1386		
		А	1380		
	КП	В	1387		
		А	1378		
II	КЛ	В	2741		
		А	2701		
	КП	В	2742		
		А	2700		

6. Обработать результаты определения крена сооружения методом вертикального проецирования. Высоту сооружения принять равным 14,405 м. Вычисления крена оформить в виде таблицы [1, 2, Приложение Д]:

Журнал наблюдений

№ станции	Наблюдаемые точки		Отсчеты по рейке, мм	Разность отсчетов, мм	Среднее значение, мм
I	КЛ	В	1025		
		А	1050		
	КП	В	1026		
		А	1050		
II	КЛ	В	1722		
		А	1804		
	КП	В	1722		
		А	1804		

7. Обработать результаты определения прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования. Построить график прямолинейности ряда колонн согласно [1, 2, Приложение Е]:

Журнал измерений

№ колонн	d_{1-i} , м	a_i , мм	$a_i - a_1$, мм
1	0,000	0568	
2	2,940	0542	
3	6,150	0552	
4	8,760	0584	
5	12,060	0574	
6	14,850	0568	

8. Обработать результаты определения прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования. Построить график прямолинейности ряда колонн согласно [1, 2, Приложение Е]:

Журнал измерений

№ колонн	d_{1-i} , м	a_i , мм	$a_i - a_1$, мм
1	0,000	0780	
2	6,050	0797	
3	11,970	0772	
4	17,650	0799	
5	23,830	0770	
6	29,790	0780	

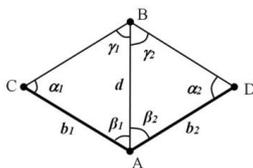
9. Обработать результаты определения прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования. Построить график прямолинейности ряда колонн согласно [1, 2, Приложение Е]:

Журнал измерений

№ КОЛОНН	d_{1-i} , м	a_i , мм	$a_i - a_1$, мм
1	0,000	0850	
2	5,140	0874	
3	9,990	0862	
4	15,050	0840	
5	19,950	0832	
6	24,980	0850	

10. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить непрístupное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы синусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, Приложение Ж]:

Схема определения



Журнал угловых измерений

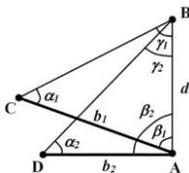
Точка стояния	Наблюдаемые точки	Отчеты по горизонтальному кругу		Углы	Среднее значение угла
		КЛ	КП		
С	А	56° 25,0'	236° 24,0'		$\alpha_1 =$
	В	0° 00,0'	179° 59,0'		
А	В	316° 13,0'	136° 13,0'		$\beta_1 =$
	С	226° 39,0'	46° 39,0'		
А	D	46° 16,0'	226° 16,0'		$\beta_2 =$
	В	316° 13,0'	136° 12,5'		
D	В	44° 56,0'	224° 56,0'		$\alpha_2 =$
	А	351° 39,0'	171° 38,0'		

Журнал измерения b_1, b_2

Линия	Прямо Обратно	$b_{cp}, \text{ м}$
b_1	14,895	
	14,885	
b_2	16,505	
	16,495	

11. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить неприступное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы синусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, Приложение Ж]:

Схема определения



Журнал угловых измерений

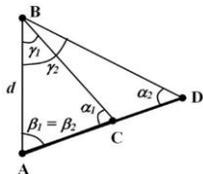
Точка стояния	Наблюдаемые точки	Отчеты по горизонтальному кругу		Углы	Среднее значение угла
		КЛ	КП		
С	А	30° 06,0'	210° 06,0'		$\alpha_1 =$
	В	314° 29,0'	134° 30,0'		
А	В	356° 20,0'	176° 20,0'		$\beta_1 =$
	С	321° 32,0'	141° 31,0'		
А	В	356° 20,0'	176° 20,0'		$\beta_2 =$
	D	313° 12,0'	133° 11,0'		
D	А	2° 21,0'	182° 19,0'		$\alpha_2 =$
	В	261° 23,0'	81° 22,0'		

Журнал измерения b_1, b_2

Линия	Прямо Обратно	$b_{cp}, \text{ м}$
b_1	69,31	
	69,29	
b_2	42,81	
	42,79	

12. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить неприступное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы синусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, Приложение Ж]:

Схема определения



Журнал угловых измерений

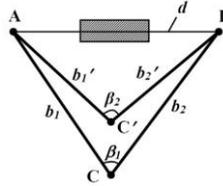
Точка стояния	Наблюдаемые точки	Отчеты по горизонтальному кругу		Углы	Среднее значение угла
		КЛ	КП		
С	В	314° 10,0'	134° 08,0'		$\alpha_1 =$
	А	238° 12,0'	58° 11,0'		
А	С	55° 58,0'	235° 57,0'		$\beta_1 =$
	В	326° 02,0'	146° 02,0'		
А	Д	55° 58,0'	235° 27,0'		$\beta_2 =$
	В	326° 02,0'	146° 02,0'		
Д	В	261° 21,0'	81° 20,0'		$\alpha_2 =$
	А	201° 41,0'	21° 39,0'		

Журнал измерения b_1, b_2

Линия	Прямо Обратно	$b_{ср}, м$
b_1	18,10	
	18,08	
b_2	42,21	
	42,19	

13. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить неприступное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы косинусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, п. 3.4, таблица 3.2]:

Схема определения



Измерения базисов

Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м
СА	47,38	
	47,36	
СВ	47,96	
	47,98	

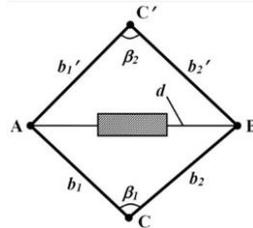
Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м
С'А	34,11	
	34,13	
С'В	37,98	
	37,96	

Измерение горизонтальных углов β

Точка стояния	Наблюдае- мая точка	Отсчеты по ГК		Углы из полуприема	Среднее значение β
		КЛ	КП		
С'	А	0° 00,0'	180° 00,5'		
	В	95° 08,0'	275° 09,1'		
С	А	0° 01,5'	180° 02,0'		
	В	67° 54,7'	247° 56,0'		

14. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить неприступное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы косинусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, п. 3.4, таблица 3.2]:

Схема определения



Измерения базисов

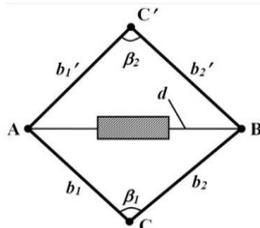
Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м	Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м
СА	47,45		С'А	46,18	
	47,43			46,16	
СВ	36,03		С'В	53,26	
	36,01			53,24	

Измерение горизонтальных углов β

Точка стояния	Наблюдае- мая точка	Отсчеты по ГК		Углы из полуприема	Среднее значение β
		КЛ	КП		
С'	А	0° 00,0'	180° 00,5'		
	В	79° 05,6'	259° 06,7'		
С	А	0° 01,5'	180° 02,0'		
	В	98° 10,7'	278° 12,0'		

15. Выполнить обработку угловых и линейных измерений. Вычислить неприступное расстояние, определенное способом базисов с использованием теоремы косинусов. Вычисления оформить в виде таблицы согласно [1, 2, п. 3.4, таблица 3.2]:

Схема определения



Измерения базисов

Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м	Линия	Прямо Обратно	d_{cp} , м
СА	47,45		С'А	46,18	
	47,43			46,16	
СВ	39,56		С'В	56,75	
	39,54			56,73	

Измерение горизонтальных углов β

Точка стояния	Наблюдае- мая точка	Отсчеты по ГК		Углы из полуприема	Среднее значение β
		КЛ	КП		
С'	А	0° 00,0'	180° 00,5'		
	В	82° 38,9'	262° 38,6'		
С	А	0° 01,5'	180° 02,0'		
	В	103° 25,8'	283° 27,9'		

16. Выполнить расчет данных для выноса проектной отметки на конструкции здания горизонтальным лучом.

Исходные данные: $H_{рп} = 120,368$ м, $H_{пр} = 120,605$ м.

Расчет ГИ и проектного отсчета

Отсчеты, мм		ГИ _ч , м	ГИ _к , м	$b_{ч}^{np}$, мм	$b_{к}^{np}$, мм	Контроль, мм	
$a_{ч}$	$a_{к}$					$ a_{ч} - b_{ч}^{np} $	$ a_{к} - b_{к}^{np} $
1046	5747						

17. Выполнить расчет данных для выноса проектной отметки на конструкции здания горизонтальным лучом.

Исходные данные: $H_{PI} = 110,321$ м, $H_{пр} = 110,201$ м.

Расчет ГИ и проектного отсчета

Отсчеты, мм		ГИ _ч , м	ГИ _к , м	b_q^{np} , мм	b_k^{np} , мм	Контроль, мм	
$a_ч$	$a_к$					$ a_ч - b_q^{np} $	$ a_к - b_k^{np} $
0742	5542						

18. Выполнить расчет данных для выноса проектной отметки на конструкции здания горизонтальным лучом.

Исходные данные: $H_{PI} = 120,201$ м,

$H_{пр} = 120,092$ м.

Расчет ГИ и проектного отсчета

Отсчеты, мм		ГИ _ч , м	ГИ _к , м	b_q^{np} , мм	b_k^{np} , мм	Контроль, мм	
$a_ч$	$a_к$					$ a_ч - b_q^{np} $	$ a_к - b_k^{np} $
0754	5454						

Раздел 3. СОЗДАНИЕ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ. ТЕОДОЛИТНАЯ И ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

Полевые геодезические измерения, выполняемые с целью создания карт и планов, называются *съемкой*. Состав работ при выполнении съемки зависит от характера отображаемой на плане (карте) информации. Если требуется получить план местности без отображения рельефа, выполняется *горизонтальная или контурная съемка*. Для получения только изображения рельефа используют *вертикальную или высотную съемку*. Если в результате съемки получают отображение как ситуации (контуров), так и рельефа, то такую съемку называют *топографической*.

При съемке небольших участков местности в крупном масштабе чаще используют наземную съемку: теодолитную, выполняемую с помощью теодолита и рулетки, в результате получают контурный план; тахеометрическую – с помощью теодолита-тахеометра, в результате получают топографический план.

Для выполнения съемки участка местности на нем создают съемочное обоснование. С точек съемочного обоснования определяют плановое положение элементов ситуации и снимают рельеф.

На застроенных территориях съемки выполняются отдельно [4, 8, 11]. Сначала производят горизонтальную съемку ситуации (снимают твердые контуры – углы капитальных зданий, заборов, люки подземных коммуникаций и т.д.). Затем выполняют съемку рельефа и досъемку контуров, не имеющих четких границ (ряды деревьев, границы угодий и т.д.), т.е. выполняют тахеометрическую съемку.

Все *работы* по топографической съемке подразделяются на *полевые* – геодезические измерения на местности, и *камеральные* – обработку геодезических измерений с целью получения плана (карты) участка местности.

При выполнении крупномасштабной топографической съемки следует придерживаться следующей последовательности производства работ:

- проложение теодолитного хода и вычисление координат его вершин;
- нивелирование точек теодолитного хода и вычисление их высот;
- теодолитная съемка и оформление абрисов;
- тахеометрическая съемка и обработка журнала тахеометрической съемки;
- составление топографического плана.

3.1. Создание съемочного обоснования и его виды

Съемочным обоснованием называется сеть геодезических пунктов, используемая для обеспечения выполнения топографических съемок. Различают *плановое съемочное обоснование*, когда для всех точек обоснования определены координаты (X , Y) и *высотное*, когда для всех точек определены отметки H . Плановое съемочное обоснование для съемки участка местности создается в виде теодолитных ходов. Высоты точек теодолитного хода определяются тех-

ническим нивелированием. Теодолитные ходы должны опираться не менее чем на два пункта опорной геодезической сети (государственной или сети сгущения), или должна быть осуществлена привязка ходов к пунктам геодезических сетей. Различают следующие виды теодолитных ходов в зависимости от формы участка местности (рисунок 3.1):

- а) участок съемки вытянутой формы: разомкнутый теодолитный ход, который прокладывают по оси участка;
- б) участок имеет овальную форму: замкнутый ход по границе (периметру) участка;
- в) полоса местности внутри участка: между вершинами замкнутого хода прокладывается диагональный ход.

В состав работ по созданию съемочного обоснования входят:

- рекогносцировка и закрепление точек теодолитного хода;
- измерение горизонтальных углов (углов поворота) между сторонами хода;
- определение высот точек теодолитного хода;
- вычисление координат и отметок точек теодолитного хода.

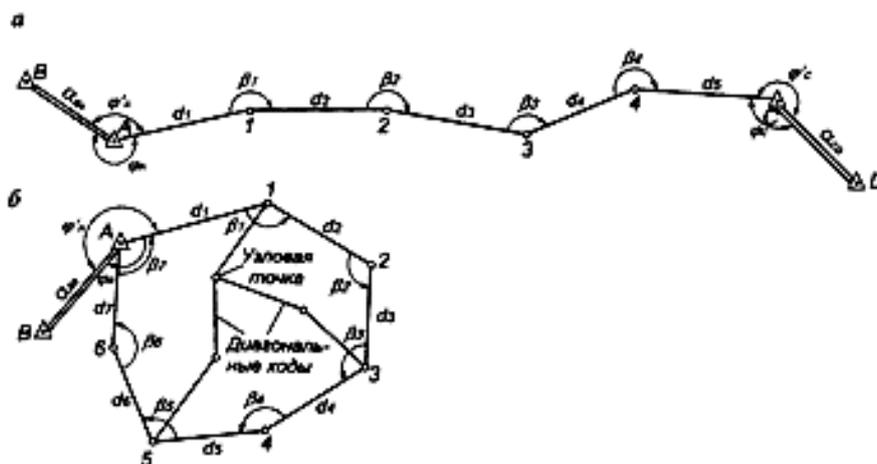
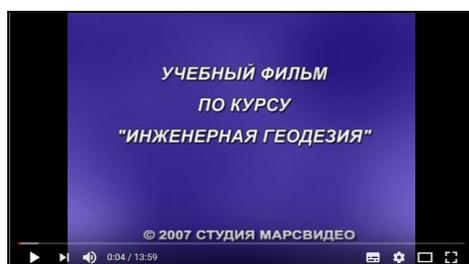


Рисунок 3.1 – Теодолитные ходы:
а) разомкнутый; б) замкнутый (полигон)



Видео 3.1 – Работы по созданию съемочного обоснования:

<https://youtu.be/VncDMKk89do>

Видеофильм 13 мин. 59 сек.

3.1.1. Измерения при создании планового обоснования

С целью создания планового обоснования для производства наземной топографической съемки на местности с помощью теодолита и средств линейных измерений (мерной ленты, рулетки, дальномера) прокладывают теодолитный ход. Практически на местности выполняют измерения горизонтальных углов (углов поворота, образованных сторонами хода) и длин линий (сторон хода). Перед измерением горизонтальных углов необходимо привести теодолит в рабочее положение. Для этого выполняют следующие действия:

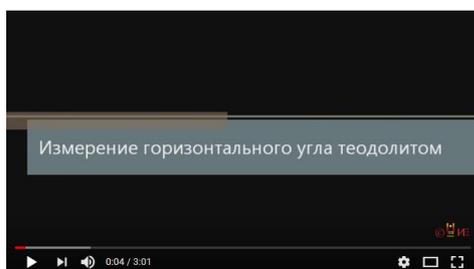
- центрирование прибора;
- горизонтирование (нивелирование) лимба горизонтального круга;
- установку зрительной трубы прибора по глазу и по предмету.

Центрирование теодолита заключается в совмещении оси вращения прибора с вершиной измеряемого угла. В зависимости от точности, с которой требуется измерить угол, эта операция может быть выполнена с помощью нитяного отвеса (с погрешностью 5-10 мм) или с помощью специального приспособления – оптического центрира, являющегося частью прибора. В последнем случае погрешность центрирования может быть уменьшена до 1-2 мм. При измерениях горизонтальных углов между сторонами теодолитного хода прибор центрируют тем точнее, чем короче сторона хода.

Горизонтирование или нивелирование лимба горизонтального круга (приведение его плоскости в горизонтальное положение) производят подъемными винтами по цилиндрическому уровню при алидаде горизонтального круга [1, 2, п. 2.3.1].

Установка зрительной трубы по глазу заключается в том, что вращением диоптрийного кольца добиваются четкого изображения сетки нитей в поле зрения трубы. Затем при наведении трубы на низ вехи, установленной на смежной вершине теодолитного хода, вращая кремальеру (фокусирующий винт), добиваются ее четкого изображения на фоне сетки нитей.

В замкнутом теодолитном ходе измерениям подлежат внутренние углы многоугольника (полигона). В разомкнутом и диагональном ходах могут быть измерены как правые, так и левые по ходу углы поворота. Каждый угол измеряется одним полным приемом способом приемов или отдельного угла («от нуля») [1, 2, п. 4.1.2].



Видео 3.2 – Измерение горизонтального угла теодолитом способом приемов: <https://youtu.be/b7T6mMdGrqU>

Видеофильм 03 мин. 01 сек.

Длины сторон теодолитного хода измеряются стальной компарированной мерной лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях с относительной ошибкой от 1/3000 до 1/1000 в зависимости от условий местности. При выполнении линейных измерений на местности положение линий выбирается и закрепляется во время рекогносцировки хода. Для линий большой протяженности (200 м и более) на их концах и в промежуточных точках, лежащих на одной прямой (створе), могут быть установлены вехи, между которыми должна быть обеспечена взаимная видимость. Порядок действий при выполнении измерений длин линий между точками съемочного обоснования подробно изложен в [1, 2, п. 4.1.3]

3.1.2. Измерения при создании высотного обоснования

Для определения отметок точек теодолитного хода по его вершинам прокладывается нивелирный ход. *Нивелирный ход* – совокупность закрепленных на местности точек, между которыми определяют превышения. Для привязки измерений к заданной системе высот нивелирные ходы прокладывают между реперами. *Репер* – закрепленная на местности точка с известной отметкой. В зависимости от способа закрепления реперов и их ведомственной принадлежности различают реперы государственной нивелирной сети (фундаментальные, грунтовые, скальные и стенные марки) и временные (рабочие реперы). В первом случае высоты реперов определены в единой системе высот – Балтийской, во втором – высота репера может быть задана как в общегосударственной системе высот, так и в условной.

При создании высотного съемочного обоснования определение отметок точек хода выполняют по программе нивелирования IV класса или технического нивелирования. Геометрическое нивелирование выполняется способом «из середины». Длина визирного луча при измерении превышений может составлять 100-150 м, а отсчет по средней нити рейки должен быть не менее 200 мм. Рейки устанавливают на вбитые в землю колышки или штыри, фиксирующие вершины теодолитного хода. В случае если превышение между ними нельзя измерить с одной станции (стоянки прибора), то выбирают связующие «иксовые» точки и выполняют последовательное нивелирование.

Порядок работы на станции нивелирного хода при создании высотного съемочного обоснования методом геометрического нивелирования подробно описан в [1, 2, п. 4.1.5].

3.2. Теодолитная съемка местности

Теодолитной съемкой называется горизонтальная (контурная) съемка местности с помощью теодолита и мерной ленты или рулетки. Теодолитом выполняются угловые измерения, лентой или рулеткой – линейные.

Целью теодолитной съемки является получение *ситуационного (контурного) плана* местности, на котором отображены только предметы местности (ситуация), а рельеф (неровности физической поверхности Земли) не отображается. Как правило, теодолитную съемку выполняют для участков с малыми

уклонами местности и сложной ситуацией (застроенная территория, аэродромы, железнодорожные станции и т.п.).

Работы, выполняемые при теодолитной съемке, можно разделить на два вида:

- полевые, или работы на местности: рекогносцировка участка, подлежащего съемке, создание съемочного обоснования, с точек которого будет вестись съемка и, собственно, съемка ситуации;

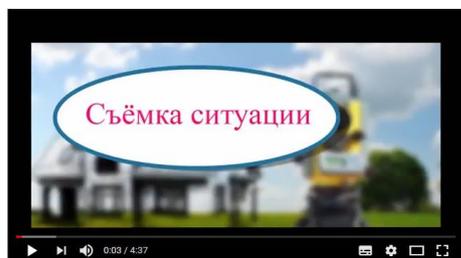
- камеральные, связанные с математической обработкой результатов полевых измерений, а также построение и оформление ситуационного плана.

В процессе рекогносцировки участка, подлежащего съемке, выбирают места расположения точек теодолитного хода и выполняют их закрепление. Определяют вид съемочного обоснования и способы съемки ситуации. Места для точек хода выбирают таким образом, чтобы обеспечить как взаимную видимость между ними, так и благоприятные условия для выполнения угловых и линейных измерений при проложении хода и при съемке ситуации, удобство установки прибора и сохранность точек на время производства полевых работ. Точки хода закрепляют временными знаками и подручными средствами: деревянными кольями, металлическими костылями, штырями и т.п.

Съемочным обоснованием теодолитной (горизонтальной) съемки служат теодолитные ходы разной формы. На местности при создании съемочного обоснования измеряют углы поворота теодолитного хода – правые или левые по ходу. Углы измеряют одним полным приемом с ошибкой 0,5-1,0'. Длины сторон измеряют землемерной лентой или рулеткой дважды: «прямо» и «обратно» с относительной ошибкой 1/1000 ... 1/3000. Результаты измерений углов и расстояний заносятся в специальный журнал.

При выполнении теодолитной съемки положение точек местности определяют относительно пунктов съемочного обоснования и линий, их соединяющих (сторон теодолитного хода). Для этого используют следующие способы [1, 2, п. 4.2.2]:

- засечек (угловых, линейных);
- координат (полярных, прямоугольных);
- створов;
- обхода (обмера по периметру зданий и сооружений).



Видео 3.3 – Способы съемки ситуации:

<https://youtu.be/nTj5Oq0WxN8>

Видеофильм 04 мин. 37 сек.

Точки местности и образуемые ими контуры при съемке условно делят на твердые и нетвердые. К твердым точкам и контурам относят, как правило, точки и контуры искусственных объектов и сооружений с четкими границами (капитальные здания и сооружения из кирпича и бетона). К нетвердым точкам и контурам относят, как правило, объекты как искусственного, так и естественного происхождения, не имеющие четких границ (луга, леса, пашни, границы насаждений, сельхозугодий). В зависимости от масштаба съемки и характера контура или точки местности существуют ограничения на расстояния до снимаемого объекта [1, 2, п. 4.2.2].

Все результаты теодолитной съемки заносятся на *абрис* – схематический чертеж участка местности, на котором показано взаимное положение точек и линий съемочного обоснования, элементов снимаемой ситуации и приведены результаты измерений, полученные в процессе теодолитной съемки.

Камеральную обработку результатов теодолитной съемки начинают с вычисления координат точек теодолитного хода. Вычисления ведутся в специальной ведомости [1, 2, п. 4.1.4].

При составлении плана теодолитной съемки придерживаются следующего порядка:

1) Выполняют построение координатной сетки. Способ построения зависит от размеров снимаемого участка и масштаба составляемого плана. Для небольших по площади участков, когда съемка выполняется в учебных целях, может быть использован способ прямоугольника [1, 2, п. 4.4.1]. При значительной площади участка обычно используют стандартный размер листа крупномасштабного топографического плана 50×50 см. В этом случае координатная сетка строится при помощи линейки Дробышева ЛД-1 [1, 2, п. 4.4.1].

Независимо от способа построения координатную сетку обязательно оцифровывают в соответствии с масштабом съемки по координатным осям в прямоугольной геодезической системе координат, направляя ось X с юга на север (снизу вверх), а ось Y – с запада на восток (слева направо).

2) Наносят на план точки теодолитного хода (съемочного обоснования). Точки наносят по предварительно вычисленным координатам с точностью, зависящей от масштаба, в котором составляется план теодолитной съемки. Правильность нанесения точек на план обязательно контролируют [1, 2, п. 4.4.2].

3) Осуществляют перенос с абрисов на план элементов ситуации и вычерчивание контуров. Элементы ситуации переносят, используя результаты съемки, зафиксированные на абрисах, составленных по каждой стороне теодолитного хода. При этом способ построения точек на плане соответствует способу съемки на местности [1, 2, п. 4.4.3].

4) Выполняют оформление плана в соответствии с «Условными знаками» [12; 1, 2, п. 4.4.5].

3.3. Тахеометрическая съемка местности

3.3.1. Общие сведения о тахеометрической съемке

Тахеометрическая съемка – это вид крупномасштабной наземной топографической съемки для получения плана участка местности с изображением ситуации и рельефа, выполняемая с помощью тахеометра. Для съемки используют либо нивелирную рейку и теодолит с повторительной системой осей, у которого имеется возможность независимого вращения лимба и алидады, либо электронный тахеометр, который позволяет автоматически при одном наведении зрительной трубы на специальную вежу с отражателем определять пространственное положение снимаемой точки.

Сущность тахеометрической съемки заключается в том, что одновременно (одним прибором) получают плановое и высотное положение точки местности относительно точки стояния прибора. Тахеометрическую съемку широко применяют при выполнении инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений, а также при съемке застроенной и незастроенной территории. Съёмочным обоснованием тахеометрической съемки служат теодолитные и нивелирные ходы или тахеометрический ход, которые обязательно должны быть привязаны к пунктам опорной геодезической сети.

При выполнении тахеометрической съемки теодолитом плановое положение характерных точек снимаемого участка местности относительно пунктов съёмочного обоснования определяется *полярным способом*: расстояния измеряются по рейке с помощью нитяного дальномера, а горизонтальные углы – теодолитом. Отметки точек определяют тригонометрическим или геометрическим нивелированием. Все измерения выполняют при одном наведении зрительной трубы теодолита на рейку. Точка, которой во время съемки устанавливается рейка, называется *реечной точкой* или *пикетом*. На местности она не закрепляется. Среднее расстояние от теодолита до рейки при съемке в масштабе 1:500 и высоте сечения рельефа 0,5 м не должно превышать 100 м – при съемке рельефа, 80 м – при съемке нетвердых контуров, 60 м – при съемке твердых контуров. Максимальные расстояния между реечными точками должны быть в пределах 15-20 м.



LEICA TS16 M R500



Leica iCON robot 61



Nikon Nivo 2Mt

Рисунок 3.2 – Тахеометры

Тахеометрическую съемку можно выполнять с использованием тахеометров (рисунок 3.2) – современных электронных геодезических приборов, предназначенных для автоматического измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний и превышений [1, 2, п. 8.2]. В процессе съемки на пикете устанавливается веха-отражатель. Электронный тахеометр автоматически измеряет горизонтальный, вертикальный угол и горизонтальное проложение до отражателя. Результаты измерений выводятся на табло и заносятся в память прибора. Для каждого пикета автоматически вычисляются его координаты и отметка относительно точки стояния прибора. Это существенно сокращает сроки проведения съемки, повышает качество работ и позволяет получить цифровую модель местности – основу для автоматизированного проектирования.

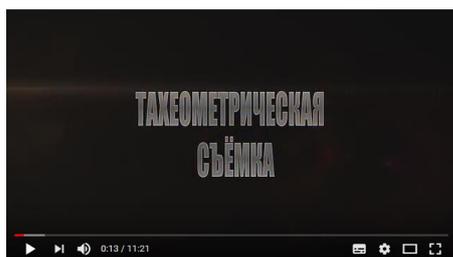
3.3.2. Выполнение измерений при производстве тахеометрической съемки

Перед выполнением тахеометрической съемки предварительно осматривают участок съемки, выявляя характерные точки ситуации и рельефа местности, которые должны быть отображены на топографическом плане.

Все измерения на станции выполняют при одном положении вертикального круга, как правило, при круге лево. При использовании теодолита на каждую снимаемую точку местности ставится рейка, по которой определяют:

- расстояние и горизонтальный угол (полярные координаты),
- вертикальный угол или отсчет по рейке – для определения отметки пикета.

Если при съемке контуров две реечные точки располагаются рядом, то для одной них определяется только расстояние и горизонтальный угол. Порядок работы на станции при выполнении тахеометрической съемки с помощью теодолита описан в [1, 2, п. 4.3.2].



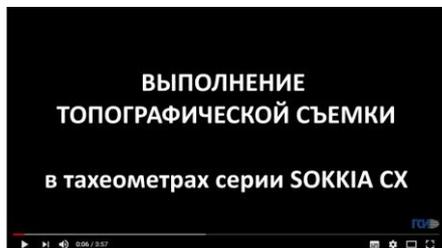
Видео 3.4 – Тахеометрическая съемка: назначение и приборы

<https://youtu.be/r-tg1hiRqeU>

Видеофильм 11 мин. 21 сек.

Если съемка выполняется с помощью электронного тахеометра, прибор также предварительно устанавливается на точке съемочного обоснования, в память прибора вводятся координаты и отметка точки стояния и задается ориентирное направление (или координаты смежной точки обоснования – ориентир-

ного пункта), относительно которого ведется съемка на данной станции. Кроме этого обязательно вводятся высота прибора на станции, высота отражателя, температура воздуха и атмосферное давление при измерениях, значение коэффициента вертикальной рефракции. Далее осуществляется набор речных точек путем установки на них вехи-отражателя.



Видео 3.5 – Выполнение тахеометрической съемки с помощью электронного тахеометра: <https://youtu.be/3Kw4EO8O5mo>

Видеофильм 03 мин. 57 сек.

Полученные результаты измерений заносят в журнал тахеометрической съемки [1, 2, таблица 4.9]. В ходе съемки характерных точек местности обязательно ведут абрис с нанесением на него:

- положения станции (точки стояния прибора);
- ориентирного направления на смежную точку съемочного обоснования (направление $0^{\circ}00'$ по лимбу ГК теодолита или ориентирного пункта при работе с электронным тахеометром);
- всех речных точек (мест установки вехи с отражателем);
- схематического изображения форм рельефа, где направление скатов может быть показано стрелками;
- схематического изображения элементов ситуации с помощью условных знаков или пояснительных подписей.

Абрис составляется в полевых условиях отдельно для каждой станции в журнале тахеометрической съемки, причем взаимное расположение элементов ситуации и пикетов отображается схематично, без учета масштаба.

3.3.3. Обработка измерений, выполненных при тахеометрической съемке

Камеральную обработку результатов тахеометрической, выполненной с помощью теодолита, начинают с обязательной проверки абриса и записей в полевом журнале для каждой станции. Обработка журнала тахеометрической съемки в этом случае заключается в вычислении на каждой станции [1, 2, п. 4.3.3]:

- места нуля (МО) вертикального круга теодолита;

- горизонта инструмента (ГИ), если отметки реечных точек определялись геометрическим нивелированием (горизонтальным лучом прибора);
- горизонтальных проложений – расстояний от точки стояния прибора до пикетов, если угол наклона местности превышает 2° ;
- углов наклона и превышений между станцией и пикетами, если их отметки определялись тригонометрическим нивелированием;
- отметок реечных точек, определяемых тригонометрическим или геометрическим нивелированием с округлением до сантиметров (до 0,01 м).

Если при выполнении тахеометрической съемки использовался электронный тахеометр, то вся информация об измерениях и вычислениях на местности размещается в его встроенной памяти. Данные полевых измерений далее экспортируются в память портативного или стационарного компьютера и выполняют их окончательную обработку с использованием соответствующего программного обеспечения. При этом исключаются все промежуточные действия, связанные с выполнением тахеометрической съемки с помощью оптических теодолитов – определение расстояния по нитяному дальномеру, взятие отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругу, запись измерений в полевой журнал, обработка полевых журналов и др.

3.4. Составление топографического плана

Составление топографического плана включает в себя:

- 1) построение координатной сетки;
- 2) нанесение на план точек съемочного обоснования по их координатам;
- 3) построение ситуационного плана участка по результатам горизонтальной (теодолитной) съемки;
- 4) построение топографического плана по результатам тахеометрической съемки;
- 5) рисовку рельефа и оформление топографического плана.

Планы теодолитной и тахеометрической съемки составляют, как правило, в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м.

Если тахеометрическая съемка выполнялась электронным тахеометром, то в этом случае имеется возможность автоматизации построения топографического плана. При этом результаты измерений будут заноситься в память прибора, а снимаемые точки местности будут сразу получать плоские координаты (X, Y) и отметки Н в заданной заранее системе координат и высот. Данные измерений, полученные при съемке тахеометром, можно загрузить в программное обеспечение, предназначенное для автоматизированного 2D и 3D-проектирования (AutoCAD, TopoCAD, CREDO ТОПОПЛАН и др.), чтобы в итоге получить электронную версию топографического плана.

3.4.1. Способы построения координатной сетки

Координатная сетка в виде системы квадратов со стороной 100 мм строится на листе чертежной бумаги, размер которой зависит от значений координат точек теодолитного хода и масштаба плана. Существует два способа построения координатной сетки [1, 2, п. 4.4.1]:

- при помощи линейки Дробышева ЛД-1 – в виде стандартной сетки размером 50 × 50 см для топографических планов масштабов 1:500, 1:1000 и 1:2000 при большой площади участка;
- способ прямоугольника – для малых по площади участков.

Правильность построения сетки 50 × 50 см контролируют, прикладывая скошенное ребро линейки Дробышева к диагоналям большого квадрата. Вершины квадратов 100 × 100 мм, лежащие на одной диагонали, не должны отклоняться от нее более чем на 0,2 мм. В случае построения прямоугольной сетки проверяют отклонения вершин квадратов 100 × 100 мм от диагоналей, проходящих через вершины «больших» квадратов, образованных частью прямоугольной сетки.

Линии сетки обязательно подписывают по осям координат в соответствии с масштабом плана, учитывая, что ось X должна быть расположена с юга на север (снизу вверх), а ось Y – с запада на восток (слева направо). При этом необходимо, чтобы участок съемки размещался примерно в середине листа ватмана.

3.4.2. Составление плана тахеометрической съемки

Порядок составления плана тахеометрической съемки отличается от рассмотренного выше порядка составления плана теодолитной съемки тем, что после построения координатной сетки и нанесения по координатам точек съемочного обоснования приступают к нанесению на план пикетов или речных точек. Положение снятых точек фиксируют на плане способом полярных координат. Поллюсом системы является точка стояния прибора, с которой на станции выполнялись измерения, полярной осью служит сторона, по которой был ориентирован прибор во время съемки, в качестве полярных углов используются измеренные на каждый пикет горизонтальные углы, а в качестве полярных расстояний – вычисленные по измеренным расстояниям до соответствующего пикета горизонтальные проложения. При этом используют специальные инструменты – тахеограф, циркуль-измеритель, масштабную линейку и геодезический транспортир [1, 2, п. 4.4.4].



Видео 3.6 – Нанесение речных точек на топографический план:

<https://youtu.be/lmZl-8LONjo>

Видеофильм 06 мин. 11 сек.

Рядом с каждой речной точкой из журнала тахеометрической съемки при необходимости выписывают ее номер и обязательно – отметку. Одновременно с нанесением речных точек на план переносят элементы ситуации, соединяя соответствующие контурные точки. Накладка пикетов, подписи их отметок и соединение контуров ситуации выполняется в тонких линиях карандашом.

После нанесения всех речных точек на топографический план для незастроенных территорий приступают к изображению рельефа в виде горизонталей. Начинают рисовку рельефа обычно с тех участков местности, где он наиболее выражен. Для рисовки рельефа используют *интерполирование горизонталей* – определение точек на плане, через которые проходят линии равных высот. Рисовку горизонталей целесообразно начинать с мест понижения рельефа местности, которые обозначены на абрисах тахеометрической съемки стрелками. Интерполирование горизонталей можно выполнить аналитическим или графическим способами [1, 2, п. 4.5.3]. Горизонталю не проводят по зданиям, сооружениям и разного рода покрытиям (бетону, асфальту, щебню и пр.). Как правило, на благоустроенных территориях с искусственными покрытиями горизонталю не показывают, а рельеф отображается с помощью отметок, указанных для бордюров, покрытий, колодцев, углов зданий и сооружений, входов в них и т.п.

3.4.3. Оформление топографического плана

Топографический план оформляется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» [12; 1, 2, Приложения С, Т]. Размеры условных знаков в миллиметрах указаны цифрами, расположенными около условного знака. Одно число при условном знаке означает, что его ширина равна высоте. Для знаков, имеющих форму окружности, число показывает ее диаметр. Просвет между близко расположенными условными знаками должен быть не менее 0,3 мм.

При оформлении топографического плана необходимо обеспечить правильность отображения очертаний и размеров объектов местности, а также соблюдать порядок размещения условных знаков. Все построения и подписи выполняют тонкими линиями тушью [1, 2, п. 4.4.5].

Горизонтالي проводят коричневой тушью, при этом обычная толщина горизонтали не должна превышать 0,1 мм, а каждая четвертая или пятая горизонталь в зависимости от высоты сечения рельефа утолщается до 0,25 мм [12; 1, 2, Приложение С, Т].

При составлении топографических планов в учебных целях не всегда целесообразно придерживаться стандартных размеров листа планов масштаба 1:500 – 1:2000. Поэтому размеры участка местности, на который составлен топографический план, будут ограничены его внутренней рамкой, образованной линиями, параллельными координатным осям X и Y. Внутренняя рамка плана может совпасть с линиями координатной сетки или же может быть смещена от них на несколько сантиметров выше или ниже. При оформлении учебного топографического плана проводят внешнюю рамку (с отступом от внутренней рамки на несколько миллиметров). Между внешней и внутренней рамками подписываются координаты всех выходов координатной сетки. В качестве зарамочного оформления плана обязательно указывают систему координат и высот, в которой составлен план, его масштаб, высоту сечения рельефа и др. [1, 2, п. 4.4.5].

Если создается электронная версия топографического плана, то она тоже оформляется согласно принятым условным обозначениям. При этом обязательно указываются масштаб плана, система координат и высот, а также высота сечения рельефа.

3.5. Контрольные задания по разделу

3.5.1. Перечень теоретических вопросов

1. Указать порядок выполнения работ при выполнении крупномасштабной топографической съемки местности и объяснить, каким образом закрепляются точки съемочного обоснования.
2. Описать порядок действий при выполнении измерений горизонтальных углов при создании планового съемочного обоснования.
3. Описать порядок действий при выполнении измерений длин линий между точками съемочного обоснования.
4. Описать порядок действий при создании высотного съемочного обоснования методом геометрического нивелирования.
5. Объяснить сущность тахеометрической съемки и принципы определения планового и высотного положения реечных точек.
6. Кратко описать порядок работы на станции при выполнении тахеометрической съемки теодолитом.
7. Указать, какие действия выполняются при наборе реечных точек на станции.
8. Указать, какие действия выполняются на станции тахеометрической съемки для ориентирования лимба горизонтального круга теодолита.
9. Объяснить, как определяется расстояние по нитяному дальномеру теодолита при выполнении тахеометрической съемки.
10. Указать, что должно быть показано на абрисе тахеометрической съемки.

11. Кратко описать порядок вычислений в журнале тахеометрической съемки.
12. Привести порядок вычисления отметок речных точек, определенных методом геометрического нивелирования.
13. Привести порядок вычисления отметок речных точек, определенных методом тригонометрического нивелирования.
14. Описать порядок составления плана топографической съемки.
15. Описать порядок построения сетки квадратов с помощью линейки ЛД-1.
16. Описать порядок построения координатной сетки с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки способом прямоугольника.
17. Объяснить, как выполняется накладка речных точек на план с помощью тахеографа.
18. Указать, в чем заключается оформление топографического плана.

3.5.2. Практические задания к разделу

1. Обработать журнал измерений горизонтальных углов замкнутого теодолитного хода: вычислить углы, измеренные полным приемом (см. [1, 2, п. 4.1.2]), угловую невязку хода, сравнить ее с допустимой угловой невязкой и получить исправленные значения измеренных углов (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

Журнал измерений горизонтальных углов теодолитного хода

Точки		Отсчеты		Угол	Среднее	Исправ- ленное значение угла	2С, '
стоя- ния	наблю- дения	КЛ	КП				
1	2	00° 00,0'	179° 59,0'				
	5	123° 45,0'	303° 45,0'				
2	3	00° 00,0'	179° 59,0'				
	1	92° 24,0'	272° 24,0'				
3	4	00° 00,0'	179° 59,0'				
	2	89° 10,0'	269° 10,0'				
4	5	00° 00,0'	180° 00,5'				
	3	61° 31,5'	241° 32,5'				
5	1	00° 00,0'	179° 59,0'				
	4	173° 09,0'	353° 09,0'				
				Σ углов			

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n - 2) =$$

$$f_\beta =$$

$$f_{\beta доп} = \pm$$

2. Обработать журнал измерений горизонтальных углов замкнутого теодолитного хода: вычислить углы, измеренные полным приемом (см. [1, 2, п. 4.1.2]), угловую невязку хода, сравнить ее с допустимой угловой невязкой и получить исправленные значения измеренных углов (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

Журнал измерений горизонтальных углов теодолитного хода

Точки		Отсчеты		Угол	Среднее	Исправ- ленное значение угла	2С, '
стоя- ния	наблю- дения	КЛ	КП				
1	2	00° 0,00'	180° 01,5'				
	5	49° 57,5'	229° 58,0'				
2	3	00° 00,0'	180° 00,5'				
	1	134° 20,5'	314° 22,0'				
3	4	00° 00,0'	180° 01,0'				
	2	86° 39,0'	266° 40,0'				
4	5	00° 00,0'	180° 01,0'				
	3	91° 44,5'	271° 44,5'				
5	1	00° 00,0'	180° 02,0'				
	4	177° 17,0'	357° 19,0'				
				Σ углов			

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n - 2) =$$

$$f_\beta =$$

$$f_{\beta доп} = \pm$$

3. Обработать журнал измерений горизонтальных углов замкнутого теодолитного хода: вычислить углы, измеренные полным приемом (см. [1, 2, п. 4.1.2]), угловую невязку хода, сравнить ее с допустимой угловой невязкой и получить исправленные значения измеренных углов (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

Журнал измерений горизонтальных углов теодолитного хода

Точки		Отсчеты		Угол	Среднее	Исправ- ленное значение угла	2С, '
стоя- ния	наблю- дения	КЛ	КП				
1	2	00° 0,00'	179° 59,0'				
	5	78° 56,0'	258° 54,0'				
2	3	00° 00,0'	179° 58,0'				
	1	125° 03,0'	305° 02,0'				
3	4	00° 00,0'	179° 58,0'				
	2	100° 32,0'	280° 30,0'				
4	5	00° 00,0'	179° 58,0'				
	3	114° 29,0'	294° 28,0'				
5	1	00° 00,0'	179° 58,0'				
	4	121° 01,0'	301° 00,0'				
				Σ углов			

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n - 2) =$$

$$f_\beta =$$

$$f_{\beta доп} = \pm$$

4. Вычислить значения дирекционных углов и румбов сторон 2-3, 3-4, 4-5 и 5-6 теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ вершины	Исправленные углы (правые по ходу)	Дирекционные углы	Румбы	
			название	значение
1				
		86° 24'		
2	90° 07'			
3	135° 49'			
4	84° 10'			
5	145° 08'			
6	...			

5. Вычислить значения дирекционных углов и румбов сторон 2-3, 3-4, 4-5 и 5-6 теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ вершины	Исправленные углы (правые по ходу)	Дирекционные углы	Румбы	
			название	значение
1				
		108° 12'		
2	67° 12'			
3	111° 55'			
4	39° 38'			
5	100° 07'			
6	...			

6. Вычислить значения дирекционных углов и румбов сторон 2-3, 3-4, 4-5 и 5-6 теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ вершины	Исправленные углы (правые по ходу)	Дирекционные углы	Румбы	
			название	значение
1				
		38° 50'		
2	204° 10'			
3	75° 30'			
4	100° 50'			
5	72° 10'			
6	...			

7. Выполнить расчет приращений координат замкнутого теодолитного хода. Рассчитать относительную невязку хода и сравнить ее с допустимой невязкой (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Дирекционные углы	Горизонтальные положения d, м	Вычисленные приращения координат, м	
			ΔX	ΔY
1				
	76° 50,0'	322,06		
2				
	143° 40,0'	377,53		
3				
	210° 05,0'	266,23		
4				
	264° 04,0'	255,41		
5				
	314° 44,0'	340,79		
6				
	20° 31,0'	264,86		
1				
	76° 50,0'			
2				
		$\Sigma =$	$f_X =$	$f_Y =$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} =$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{1}{\sum d : f_{\text{абс}}} = \frac{1}{\dots} \leq \frac{1}{2000}$$

8. Выполнить расчет приращений координат замкнутого теодолитного хода. Рассчитать относительную невязку хода и сравнить ее с допустимой невязкой (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Дирекционные углы	Горизонтальные проложения d, м	Вычисленные приращения координат, м	
			ΔX	ΔY
1				
	80° 54,0'	79,26		
2				
	171° 39,0'	69,00		
3				
	269° 07,0'	76,10		
4				
	347° 54,0'	58,30		
1				
	80° 54,0'			
2				
		$\Sigma =$	$f_X =$	$f_Y =$

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$$

$$f_{отн} = \frac{1}{\sum d : f_{abc}} = \frac{1}{\dots} \leq \frac{1}{2000}$$

9. Выполнить расчет приращений координат замкнутого теодолитного хода. Рассчитать относительную невязку хода и сравнить ее с допустимой невязкой (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Дирекционные углы	Горизонтальные проложения d, м	Вычисленные приращения координат, м	
			ΔX	ΔY
1	2	3	4	5
1				
	10° 40,0'	335,29		
2				
	72° 36,8'	177,79		
3				
	149° 04,6'	257,28		
4				
	205° 42,4'	185,82		
5				
	254° 40,7'	166,58		
6				
	291° 50,7'	132,12		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
1				
	10° 40,0'			
2				
		Σ =	f _X =	f _Y =

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$$

$$f_{omu} = \frac{1}{\sum d : f_{abc}} = \frac{1}{3486} \leq \frac{1}{2000}$$

10. Рассчитать окончательные координаты точек замкнутого теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Горизонтальные проложения d, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
		вычисленные		исправленные		X	Y
		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1						500,00	500,00
	335,29	329,50	62,06				
2							
	177,79	53,13	169,67				
3							
	257,28	-220,71	132,22				
4							
	185,82	-167,43	-80,60				
5							
	166,58	-44,01	-160,66				
6							
	132,12	49,16	-122,63				
1						500,00	500,00
	Σd = 1254,88	f _X = -0,36	f _Y = +0,06	Σ =	Σ =		

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,36 \text{ м}$$

$$f_{omu} = \frac{1}{\sum d : f_{abc}} = \frac{1}{3486} \leq \frac{1}{2000}$$

11. Рассчитать окончательные координаты точек замкнутого теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Горизонтальные проложения d, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
		вычисленные		исправленные		X	Y
		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1						300,00	300,00
	79,26	12,56	78,26				
2							
	69,00	-68,27	10,02				
3							
	76,10	-1,17	-76,10				
4							
	58,30	57,00	-12,22				
1						300,00	300,00
	Σd = 282,66	f _X = 0,12	f _Y = -0,04	Σ =	Σ =		

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,13 \text{ м}$$

$$f_{om} = \frac{1}{\sum d : f_{abc}} = \frac{1}{2174} \leq \frac{1}{2000}$$

12. Рассчитать окончательные координаты точек замкнутого теодолитного хода (см. [1, 2, п. 4.1.4]):

№ точек	Горизонтальные проложения d, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
		вычисленные		исправленные		X	Y
		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8
1						500,00	200,00
	321,80	73,30	313,28				
2							
	377,60	-304,14	223,67				
3							
	266,30	-230,38	-133,54				
4							
	255,72	-26,38	-254,40				

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
5							
	340,70	239,84	-242,08				
6							
	264,80	248,06	92,83				
1						500,00	200,00
	$\Sigma d = 1826,92$	$f_x = 0,30$	$f_y = -0,24$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,38 \text{ м}$$

$$f_{omn} = \frac{1}{\sum d : f_{abc}} = \frac{1}{4808} \leq \frac{1}{1000}$$

13. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок реечных точек методом тригонометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 1
 Ориент на точку № 2

Дата 15.07.2017
 MO = 0°00,5'; i = 1,32 м
 Отметка точки стояния H = 117,70 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, м	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка реечной точки, м	Характеристика точки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	28,0		1,32	69°41'	-4°15'					урез воды
16	15,1		1,32	152°15'	-3°36'					урез воды
17	36,0		1,32	172°25'	-0°25'					угол сарая

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	29,5		1,32	196°33'	0°45'					пашня
19	47,4		1,32	279°40'	1°33'					пашня
20	17,9		1,32	327°58'	1°44'					дерево
т. 2				0°00'						

14. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок реечных точек методом тригонометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 3

Дата 10.06.2017

Ориент. на точку № 4

МО = 0°01'; $i =$ 1,23 м

Отметка точки стояния Н = 119,20 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, м	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка реечной точки, м	Характеристика точки
14	21,3		1,23	15°13'	4°38'					береза
15	19,0		1,23	182°10'	3°25'					тополь
16	37,4		1,23	249°05'	-3°10'					бордюр
17	41,2		1,23	308°33'	1°44'					бордюр
18	25,7		1,23	313°42'	4°15'					береза
19	14,9		1,23	344°05'	0°52'					береза
т. 4				0°01'						

15. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок реечных точек методом тригонометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 5
Ориент. на точку № 6

Дата 11.05.2017
МО = 0°01'; $i = \underline{1,40}$ м
Отметка точки стояния Н = 150,11 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, м	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка реечной точки, м	Характеристика точки
17	24,8		1,40	7°18'	4°10'					угол пашни
18	47,0		1,40	149°32'	5°39'					угол пашни
19	23,5		1,40	264°55'	-3°15'					берег реки
20	28,1		1,40	327°50'	-4°27'					берег реки
21	10,0		1,40	342°07'	0°15'					ель
22	8,9		1,40	352°42'	0°38'					ель
т. 6				0°00'						

16. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок речных точек методом геометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 5

Дата 11.05.2017

Ориент. на точку № 6

МО = 0°01'; $i =$ 1,38 м

ГИ = _____ м

Отметка точки стояния Н = 148,22 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, мм	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка речной точки, м	Характеристика точки
17	24,8			7°18'			1400			угол пашни
18	52,3			134°27'			1208			угол пашни
19	19,2			184°37'			2015			берег реки
20	23,5			264°55'			1808			берег реки
21	32,7			327°06'			1993			берег реки
22	7,0			342°17'			0475			тополь
т. 6				0°00'						

17. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок речных точек методом геометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 5

Дата 11.05.2017

Ориент. на точку № 6

МО = 0°01'; $i =$ 1,30 м

ГИ = _____ м

Отметка точки стояния Н = 142,11 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, мм	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка речной точки, м	Характеристика точки
17	14,8			7°18'			1420			угол сарая
18	23,5			64°26'			1808			угол сарая
19	18,0			98°47'			1306			ель
20	34,5			206°50'			1268			бордюр
21	52,3			307°12'			1424			бордюр
22	43,0			348°38'			1855			ель
т. 6				0°00'						

18. Обработать журнал тахеометрической съемки для случая определения отметок речных точек методом геометрического нивелирования (см. [1, 2, п. 4.3.3]):

Точка стояния № 5

Дата 11.05.2017

Ориент. на точку № 6

МО = 0°01'; $i =$ 1,40 м

ГИ = _____ м

Отметка точки стояния Н = 134,56 м

№ точек	Расстояние, м	Горизонтальное проложение, м	Место наведения на рейке, мм	Горизонтальный угол	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Отсчет по рейке, мм	Вычисленные превышения, мм	Отметка речной точки, м	Характеристика точки
17	24,8			17°18'			1326			бордюр
18	23,5			23°30'			1508			бордюр
19	38,0			74°43'			1609			бордюр
20	19,6			82°05'			1412			бордюр
21	13,5			130°40'			1934			ель
22	19,0			260°16'			2017			ель
т. 6				0°00'						

Раздел 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Под *вертикальной планировкой* участков местности подразумевается преобразование их естественного рельефа в проектный рельеф, отвечающий требованиям строительства и благоустройства. Практически при вертикальной планировке физическую поверхность земли (естественный рельеф) заменяют искусственным в виде оформляющих плоскостей (горизонтальных, наклонных или их комбинаций).

Вертикальную планировку подразделяют на планировку при площадном строительстве и планировку при строительстве линейных сооружений.

При реализации проектов вертикальной планировки на местности выполняют следующие работы:

1. Разбивку линий и плоскостей под заданным уклоном.
2. Образование насыпей и выемок.

Наиболее экономичный способ вертикальной планировки – планировка *под условием нулевого баланса земляных работ* в пределах проектируемого участка, когда объем земляных масс при выемке (срезке) грунта равен объему земляных масс при его подсыпке.

Графической основой для вертикальной планировки участка строительства служит топографический план, составленный по материалам нивелирования поверхности в его пределах.

Нивелирование поверхности – это вид наземной топографической съемки, заключающийся в вертикальной съемке участка местности методом геометрического нивелирования в крупном масштабе (1:200 - 1:2000) с высотой сечения рельефа 0,1-1,0 м. Применяют нивелирование поверхности обычно на открытой местности со слабо выраженным рельефом. Нивелирование поверхности дает возможность увеличить точность съемки равнинного рельефа за счет применения геометрического нивелирования густой сети точек. Используют такой вид съемки на территории населенных пунктов, промышленных предприятий, аэродромов, а также при трассировании оросительных каналов, автомобильных и железных дорог, трубопроводов, линий электропередач и т.п.

При проведении полевых работ по нивелированию поверхности придерживаются следующей последовательности действий:

- выполняется рекогносцировка участка местности;
- осуществляется разбивка и закрепление нивелируемых точек;
- выполняется плано-высотная привязка системы точек к пунктам опорной геодезической сети;
- выполняется съемка рельефа путем нивелирования закрепленных на местности точек.

Затем проводятся расчетно-графические работы, включающие в себя обработку материалов плано-высотной привязки, а также журнала нивелирования закрепленных точек, составление плана участка в горизонталях, выполне-

ние проектирования искусственной поверхности и подсчет объемов работ по преобразованию рельефа в виде картограммы земляных масс.

Наиболее простым и распространенным способом нивелирования поверхности для небольших участков местности, у которых ширина сравнима с длиной, является нивелирование по квадратам.

4.1. Разбивка и закрепление сетки квадратов на строительной площадке

На участке будущего строительства предварительно оценивают возможность беспрепятственной разбивки сетки квадратов и дальнейшего производства геометрического нивелирования ее вершин. Намечают связующие точки хода и места для станций нивелирования, а также определяют схему привязки сетки квадратов к пунктам геодезической основы.

Длины сторон квадратов d принимают в зависимости от размеров снимаемого участка, масштаба съемки, высоты сечения рельефа и характера местности. Так, при составлении плана строительной площадки в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м обычно $d = 20$ м. Если масштаб плана увеличить до 1:250 и задать высоту сечения рельефа 0,25 м, то можно принять $d = 10$ м.

При построении в пределах строительной площадки сетки квадратов используют теодолит и рулетку. Сначала на местности разбивают и закрепляют угловые точки внешнего полигона в виде квадрата или прямоугольника по периметру снимаемого участка. С помощью теодолита строят прямые углы, откладывая горизонтальный угол $90^{\circ}00'$ вправо или влево от створа, заданного на смежную вершину полигона. Затем по створу откладывают отрезок, равный длине внешней стороны полигона (методика построения проектных углов и отрезков описана в п. 2.7 Раздела 2). При этом, укладывая рулетку по заданному направлению, на проектном расстоянии, кратном длине стороны квадрата d , фиксируют положение промежуточных вершин сетки на внешней стороне полигона. Необходимо отметить, что чем меньше шаг разбивки сетки d и короче внешние стороны полигона, тем точнее следует строить проектные углы и проектные отрезки. Поэтому при выполнении угловых измерений обращают особое внимание на точность центрирования и визирования, а при построении отрезков необходимо укладывать рулетку точно в створ заданного направления и как можно тщательнее фиксировать концы рулетки на местности [1, 2, п. 4.5.1].

Положение каждой вершины сетки квадратов на местности необходимо определенным образом отметить. Для этого можно использовать колышки для закрепления вершин в грунте, либо металлические штыри или краску для фиксации вершин на поверхностях с искусственными покрытиями.

После разбивки сетки квадратов составляется схема участка, на которой вводятся обозначения для вершин сетки. Например, их можно обозначить по оси X (снизу вверх) арабскими цифрами, а по оси Y (слева направо) – прописными буквами русского алфавита [1, 2, Приложение У].



Видео 4.1 – Нивелирование строительной площадки:

https://youtu.be/ECsF_2xGXEg

Видеофильм 09 мин. 59 сек.

4.2. Высотная привязка и определение отметок вершин сетки квадратов

К геодезическим работам при вертикальной планировке строительной площадки относится ее высотная привязка и определение отметок вершин сетки квадратов, разбитой и закрепленной в ее пределах.

Для построения топографического плана строительной площадки в заданной системе координат и высот, съемочное обоснование должно быть привязано к пунктам государственной геодезической сети. Если план составляют в условной системе координат, то одна из сторон внешнего полигона сетки (как правило, самая длинная) может быть принята за ось абсцисс, либо для одной из сторон внешней сетки квадратов, принятой за ось X , определяют магнитный азимут [1, 2, п. 4.1.2]. Если поблизости от строительной площадки имеются реперы – временные (рабочие) или постоянные (пункты государственной нивелирной сети), то на площадку от них методом геометрического нивелирования следует передать отметку. Для этого в нивелирный ход, прокладываемый между реперами, включается одна или несколько вершин сетки квадратов, разбитой в пределах площадки [1, 2, п. 4.1.5]. Способ нивелирования остальных вершин сетки квадратов зависит от размеров строительной площадки. При небольших размерах и незначительном перепаде высот нивелирование может быть выполнено с одной станции методом горизонта инструмента. В этом случае нивелир устанавливают в середине площадки, приводят в рабочее положение и берут отсчеты по черной стороне рейки, поочередно устанавливаемой на вершинах сетки квадратов. Для определения горизонта инструмента на станции следует обязательно взять отсчеты по обеим сторонам рейки, установленной на одной из связующих точек нивелирного хода, проложенного для передачи отметки на площадку.

При значительных размерах строительной площадки по отдельным вершинам сетки, разбитой в ее пределах, прокладывается замкнутый нивелирный ход [1, 2, п. 4.5.2]. При этом на связующих точках отсчеты берут по обеим сторонам рейки, а на промежуточных, когда рейка устанавливается на вершине сетки – только по черной стороне (см. Видео 4.1).

На каждой станции нивелирного хода вычисляют:

- превышения по черной и красной сторонам рейки;
- среднее превышение.

Результаты измерений и вычислений заносят в журнал нивелирования площадки [1, 2, Приложение У].

Выполнив нивелирование всей площадки, производят обработку журнала нивелирования [1, 2, п. 4.1.6]:

- вычисляют высотную невязку хода f_h ;
- определяют допустимую невязку хода $f_{h \text{ доп}}$;
- если полученная невязка f_h не превышает допустимую $f_{h \text{ доп}}$, то ее распределяют в виде поправок в средние превышения, полученные на станциях хода;
- находят исправленные значения средних превышения на станциях хода, контролируя правильность вычислений;
- используя отметки начальной и конечной точек хода (реперов) и исправленные значения средних превышений на станциях, вычисляют отметки связующих точек с обязательным контролем вычислений;
- по отметкам связующих точек на каждой станции дважды вычисляют *горизонт инструмента* ГИ (высоту визирного луча прибора на станции нивелирования);
- если расхождение между двумя значениями горизонта инструмента на станции не превышает допустимую величину, определяют среднее значение $ГИ_{\text{ср}}$ для каждой станции;
- находят отметки промежуточных точек на каждой станции хода.

При вычислении отметок промежуточных точек необходимо обращать внимание на отмеченные пунктиром в журнале нивелирования границы, показывающие, с каких станций выполнялось нивелирование этих точек, т.к. для разных станций значения ГИ будут разными [1, 2, Приложение У].

4.3. Построение плана нивелирования строительной площадки

Как правило, нивелирование поверхности по квадратам применяется на незастроенных территориях со слабо выраженным рельефом, где элементы ситуации фактически отсутствуют.

В практике геодезического сопровождения строительства также используется такого рода нивелирование, когда для определения объемов земляных работ необходимо провести высотную исполнительную съемку дна котлована, спланированной территории строительной площадки и т.п.

Для отображения рельефа строительной площадки по результатам нивелирования поверхности достаточно построить план нивелирования в горизонталях без изображения элементов ситуации.

Горизонталь представляет собой замкнутую кривую линию, соединяющую точки поверхности с одинаковыми высотами. Горизонтالي проводят через равные по высоте промежутки, которые принято называть высотой сечения рельефа. Обычно для конкретного масштаба плана это величина постоянная. За нормальную высоту сечения принимают величину, соответствующую отрезку, равному

0,2 мм, выраженному в масштабе плана. На участках со слабо выраженным рельефом высота сечения рельефа может быть уменьшена в 2 или даже в 4 раза.

Исходными данными для построения плана площадки в горизонталях служат фактические отметки вершин сетки квадратов H_i^Φ и длина стороны квадрата d . Кроме того, должен быть задан масштаб плана и высота сечения рельефа горизонталями.

Непосредственно для построения плана нивелирования площадки на листе бумаги в соответствии с заданным масштабом наносят сетку квадратов. В вершинах квадратов выписывают отметки H_i^Φ , взятые из журнала нивелирования площадки [1, 2, Приложение Ф]. Затем по этим отметкам определяют те стороны квадратов сетки, по которым проходит одна или несколько горизонталей. По каждой такой стороне квадрата выполняют интерполирование горизонталей графическим или аналитическим способом [1, 2, п. 4.5.3] – см. Видео 4.1.

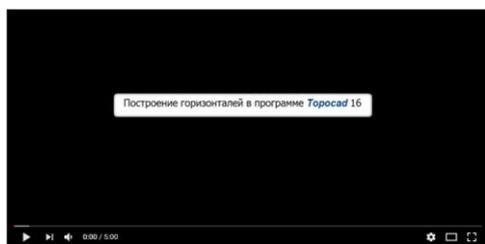
Определив положение горизонталей на сторонах сетки квадратов, выполняют рисовку рельефа, соединяя точки с одинаковыми отметками плавными линиями. Тем самым получают изображение рельефа строительной площадки в виде горизонталей.

Оформление плана производят в соответствии с действующими условными знаками: горизонтали и их отметки вычерчивают коричневым цветом [12; 1, 2, Приложения С, Ф].

На топографических планах подписывается каждая четвертая или пятая горизонталь, кратная высоте сечения рельефа [12]. Так, на плане масштаба 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м следует подписать все горизонтали, кратные 2 м. Подписи отметок горизонталей должны быть обращены в сторону повышения рельефа. Кроме того, на плане обязательно указывают, в какой системе высот составлен план, а также его масштаб и высоту сечения рельефа горизонталями.

В настоящее время широкое распространение получили специализированные программные продукты для автоматизированной обработки результатов геодезических измерений. В них, в частности предусмотрены встроенные функции для создания цифровой модели по координатам и высотам точек местности.

В свою очередь, по цифровой модели местности автоматически может быть выполнено построение горизонталей с заданной высотой сечения рельефа.



Видео 4.2 – Построение горизонталей в программе Topocad 16:

<https://youtu.be/xqL2Lw1SoBU>

Видеофильм 05 мин. 00 сек.

4.4. Проектирование оформляющих плоскостей строительной площадки под условием баланса земляных масс

Одной из задач вертикальной планировки является проектирование горизонтальных и наклонных плоскостей в пределах строительных площадок. Подобные задачи приходится решать при размещении и строительстве стадионов, парковок автомобильного транспорта, скверов и парков, территорий для складирования строительных материалов и т.п. При этом естественный рельеф участка местности заменяют оформляющими плоскостями. В случае проектирования горизонтальной поверхности такая плоскость будет иметь единственную проектную отметку. Если проектируется наклонная поверхность, то она будет иметь различные проектные отметки в разных частях участка.

Наиболее простым и распространенным способом проектирования оформляющих плоскостей является проектирование по сетке квадратов. В этом случае проектирование может выполняться с использованием крупномасштабных топографических планов, составленным по результатам нивелирования поверхности по квадратам. Исходными данными для проектирования служат фактические (черные) отметки вершин сетки квадратов.

Основным условием проектирования обычно является требование соблюдения баланса земляных работ. Другими словами, объемы насыпей и выемок грунта в пределах проектируемой площадки должны быть примерно равны между собой.

Сущность проектирования горизонтальной плоскости по сетке квадратов состоит в следующем. Для разбитого на квадраты участка находят проектную отметку, отвечающую условию баланса земляных работ в его пределах. Эту отметку получают как среднее арифметическое, найденное по средним отметкам, вычисленным для каждого квадрата по фактическим отметкам его вершин. Тем самым каждый квадрат заменяется одной точкой, отметка которой равна средней фактической отметке данного квадрата. Точность такой замены зависит от размеров стороны квадрата и характера рельефа местности в пределах проектируемого участка.

Затем находят для каждой вершины сетки так называемую *рабочую отметку* – разность проектной отметки и фактической для данной вершины.

По рабочим отметкам графоаналитическим или аналитическим способом выполняется подсчет объемов земляных масс и составляется картограмма земляных работ, где приводятся сведения об объемах насыпей и выемок, как по отдельным квадратам проектируемой строительной площадки, так и по всему участку в целом. Картограмму земляных работ используют для проверки соблюдения их баланса.

Непосредственно перед проектированием площадки на листе бумаги в заданном масштабе (1:250, 1:500) строят сетку квадратов. Из журнала нивелирования площадки [1, 2, Приложение У] на нее выписывают отметки всех вершин квадратов, округленные до целых сантиметров.

При проектировании горизонтальной площадки придерживаются следующего порядка действий [1, 2, п. 5.1]:

- Вычисляют проектную отметку с точностью до 0,01 м.

- Находят рабочие отметки всех вершин квадратов, контролируя правильность вычислений. Рабочая отметка со знаком «-» показывает величину выемки (срезки) грунта и величину насыпи (подсыпки), если она имеет знак «+». На картограмме земляных работ рабочие отметки показывают красным цветом, выписывая их под фактическими (черными) отметками вершин квадратов.

- Проводят *линию нулевых работ* – границу между участками выемки и насыпи. Свое название линия получила потому, что ее отметка равна проектной, следовательно, рабочие отметки вдоль нее равны нулю. Эта линия проходит по тем сторонам квадратов, где рабочие отметки имеют разные знаки. Для отыскания положения линии нулевых работ на сторонах квадратов используют графический или аналитический способ [1, 2, п. 5.1]. Соединив ломаной точки нулевых работ, получают линию нулевых работ. Если линия нулевых работ проведена правильно, то она должна примерно повторять контур горизонталей, между которыми она проходит [1, 2, Приложение X].

- Вычисляют объемы насыпи и выемки для каждого квадрата сетки. *Квадраты*, вершины которых имеют рабочие отметки с одинаковыми знаками, называются *полными*, а квадраты с разноименными рабочими отметками – *неполными*. Для полного квадрата объем земляных масс в его пределах определяют как объем усеченной призмы с квадратным основанием и высотой, равной средней рабочей отметке квадрата. Для неполных квадратов объемы насыпи и выемки могут быть вычислены графоаналитическим способом: как объемы призм, в основании которых лежит треугольник, трапеция, пяти- или шестиугольник, образованная линией нулевых работ и сторонами квадрата [1, 2, п. 5.3]. К недостатку такого способа относится необходимость графически с плана определять элементы фигур (высоты, основания) и только после этого вычислять по ним площадь фигуры и находить объем. Аналитический способ вычисления объемов насыпи и выемки для неполных квадратов с применением формул В.И. Стрельчевского [1, 2, п. 5.3] позволяет получить требуемые величины без графических построений, используя только рабочие отметки вершин каждого квадрата.

При проектировании наклонной плоскости по сетке квадратов кроме фактических отметок вершин сетки исходными данными служат проектная отметка исходной точки $H_{исх}$, проектный уклон $i_{пр}$ и его направление α . Уклон задается в процентах (сотых долях) или промилле (тысячных долях), направление – в виде дирекционного угла. Поэтому в пределах сетки квадратов необходимо задать систему прямоугольных координат, оси X и Y которой должны быть параллельны сторонам сетки.

Тогда проектный уклон $i_{пр}$ можно разложить на две составляющие

$$i_x = i_{пр} \cdot \cos \alpha, \quad i_y = i_{пр} \cdot \sin \alpha,$$

где i_x, i_y – соответственно, продольный и поперечный уклоны.

Следовательно, проектная отметка любой вершины сетки квадратов, расположенная на расстояниях d_x и d_y , кратных стороне квадрата d , может быть вычислена по формуле

$$H_{пр} = H_{исх} + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y.$$

Если в пределах строительной площадки необходимо спланировать наклонную плоскость под условием баланса земляных работ, в качестве исходной отметки принимают проектную отметку центра тяжести H_0 всей площадки. Проектный уклон при этом не задается, а вычисляются продольный и поперечный уклоны по сторонам сетки квадратов [1, 2, п. 5.2].

Затем находят проектные превышения, приходящиеся на сторону квадрата d в продольном и поперечном направлениях.

Полученные значения уклонов и превышений выписывают красным цветом на картограмму земляных работ [1, 2, Приложение Ц].

Далее вычисляют превышения h_j каждой j -ой вершины сетки квадратов относительно отметки центра тяжести H_0 всей площадки и находят проектные отметки всех вершин по формуле [1, 2, п. 5.2]

$$H_{прj} = H_0 + h_j \quad (j = 1, 2 \dots N),$$

где N – число вершин сетки в пределах площадки.

Затем порядок действий будет тот же, что и при проектировании горизонтальной площадки: вычисление рабочих отметок, проведение линии нулевых работ, подсчет объемов земляных работ, составление их картограммы с проверкой соблюдения баланса.

При составлении и оформлении картограммы земляных масс придерживаются следующих правил [1, 2, п. 5.3]:

- Выполняют вычисление объемов земляных работ по каждому квадрату. Полученные значения объемов для полных квадратов выписывают на картограмму в его середине, а для неполных – в центре фигуры, образованной линией нулевых работ и сторонами квадрата отдельно для насыпи и выемки. При этом знак «+» или «-» не указывается. Для сторон квадрата $d = 20$ м объемы округляют до целых m^3 , при $d = 5$ м или $d = 10$ м – до десятых долей метров кубических.

- Суммируют отдельно вычисленные значения объемов насыпи и выемки по вертикальным столбцам сетки квадратов и заносят их в таблицу под сеткой [1, 2, Приложения X, Ц]. Затем определяют суммы объемов насыпи и выемки для всей площадки в целом.

- Проверяют соблюдение условия баланса земляных работ, вычисляя отношение модуля разности суммарных объемов насыпи и выемки к общему объему земляных работ в пределах площадки. Это отношение не должно превышать 3-5%.

На картограмме земляных работ должны быть показаны фактические, проектные и рабочие отметки вершин сетки квадратов, а также положение линии нулевых работ. Кроме того, на ней должны быть указаны величины объемов земляных работ по каждому квадрату и приведена сводная таблица суммарных объемов насыпи (подсыпки) и выемки (срезки) грунта по всей площадке.

Для наглядности на картограмме синим цветом показывают линию нулевых работ и величины объемов; красным цветом – проектные и рабочие отметки; черным цветом указывают фактические отметки и выполняют все остальные надписи; участки насыпи на картограмме закрашивают бледно-желтым цветом, участки выемки – бледно-розовым цветом [1, 2, Приложения X, Ц].

Следует отметить, что план площадки в горизонталях является классической формой представления существующего рельефа строительной площадки. Современные технологии составления проектов вертикальной планировки основаны на использовании трехмерных цифровых моделей рельефа, получаемых в процессе геодезических работ на местности.

3D модели рельефа используются проектировщиками для решения таких прикладных задач, как построение проектных горизонталей, получение продольных и поперечных профилей, подсчет и оптимизация объемов земляных масс и т.п.

На данный момент имеется довольно большое количество программных продуктов, в которых на основе полученных по результатам геодезических измерений цифровых моделей рельефа местности могут выполняться проектные работы по организации рельефа, когда осуществляется вертикальная планировка участка строительства и составляется соответствующая ей картограмма земляных масс.

При автоматизированном подсчете объемов земляных работ для площадных объектов используется способ усеченных призм, а для линейных сооружений применяют способ вертикальных сечений.



Видео 4.3 – Вычисление объемов земляных работ в программе Торосад 16: https://youtu.be/vc_w2q_HP0s

Видеофильм 06 мин. 50 сек.

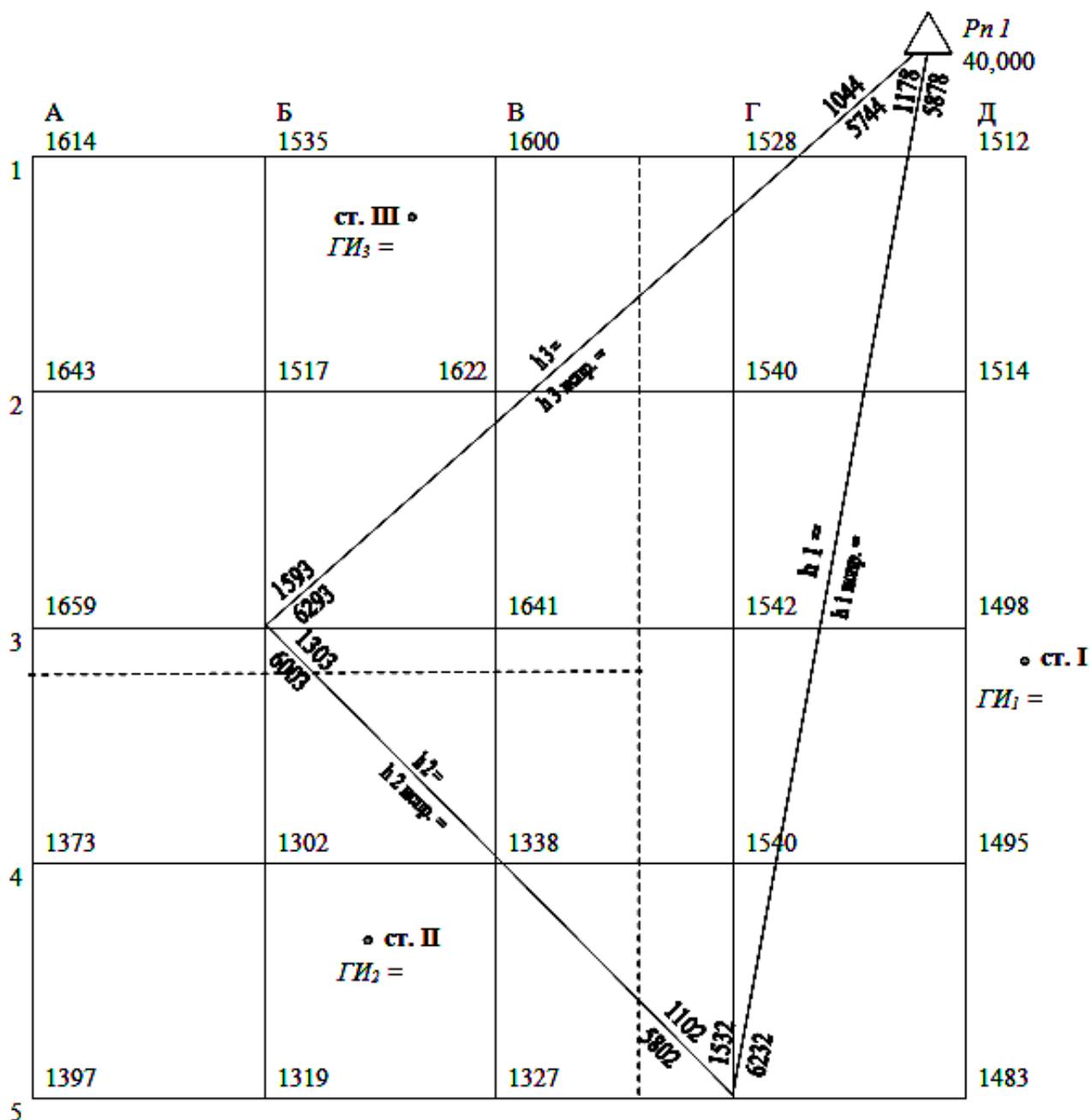
4.5. Контрольные задания по разделу

4.5.1. Перечень теоретических вопросов

1. Описать порядок действий при построении сетки квадратов на местности.
2. Описать порядок действий на станции нивелирного хода при передаче отметки на площадку.
3. Описать порядок действий при нивелировании вершин сетки квадратов.
4. Описать порядок действий при обработке журнала нивелирования площадки.
5. Привести формулы для вычисления высотной и допустимой невязок при обработке журнала нивелирования площадки.
6. Привести формулы для распределения высотной невязки и вычисления исправленных значений превышений при обработке журнала нивелирования площадки.
7. Привести формулы для вычисления отметок связующих и промежуточных точек при обработке журнала нивелирования площадки.
8. Описать порядок действий при построении плана площадки в горизонталях.
9. Описать аналитический способ интерполирования горизонталей.
10. Описать графический способ интерполирования горизонталей.
11. Привести формулу для вычисления проектной отметки горизонтальной площадки под условием баланса земляных работ. Дать необходимые пояснения.
12. Привести формулы, по которым вычисляют и контролируют правильность получения рабочих отметок вершин сетки квадратов при проектировании площадки под условием баланса земляных масс.
13. Описать способы проведения линии нулевых работ на картограмме земляных масс строительной площадки.
14. Описать порядок действий при вычислении проектной отметки наклонной площадки под условием баланса земляных масс.
15. Описать порядок действий при составлении картограммы земляных масс.
16. Привести формулу для вычисления объема земляных масс в полном квадрате. Дать необходимые пояснения.
17. Привести формулы для вычисления объемов насыпи или выемки в неполном квадрате графоаналитическим способом.
18. Привести аналитические формулы для вычисления объемов насыпи и выемки в неполном квадрате

4.5.2. Практические задания к разделу

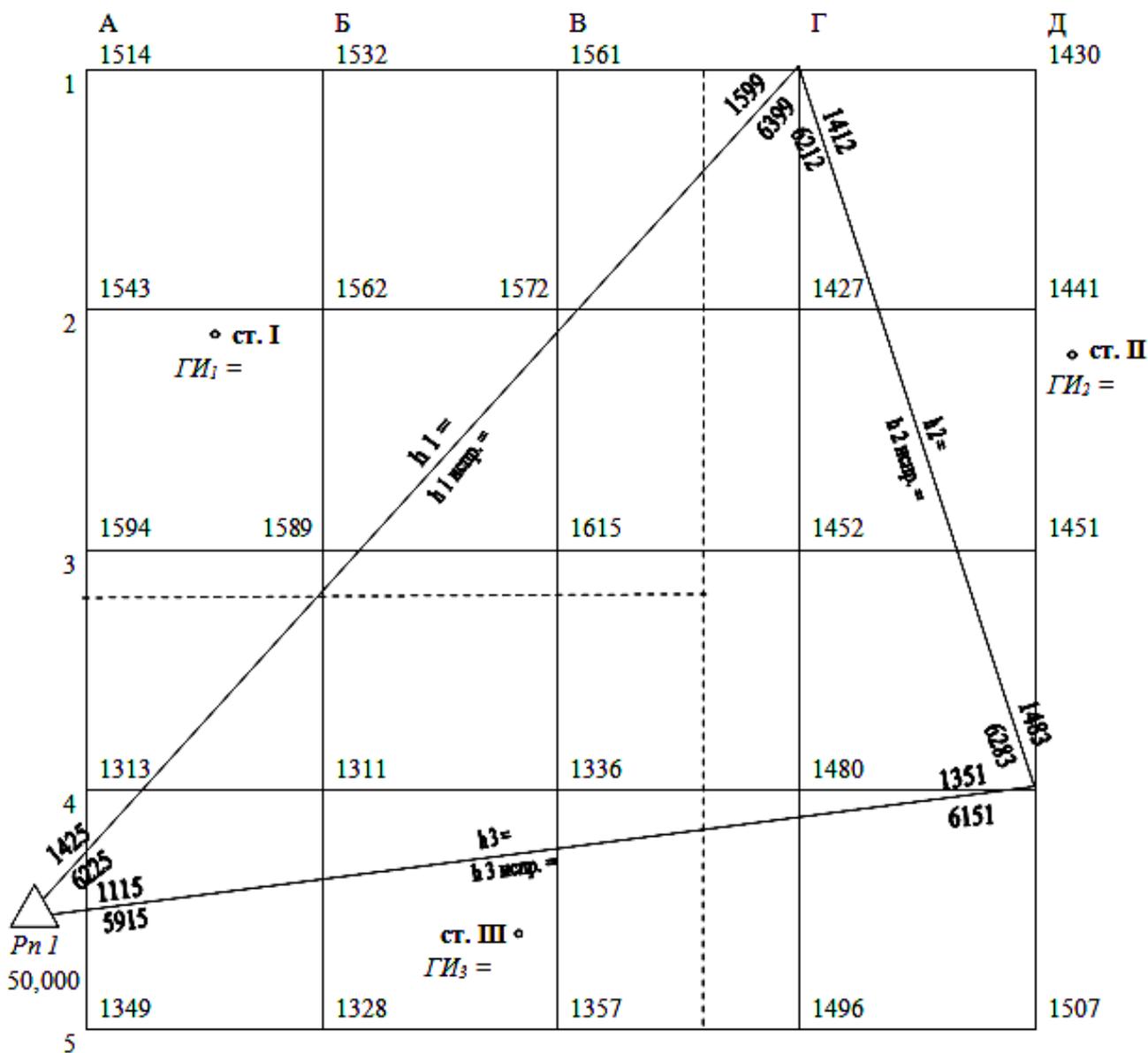
1. Обработать журнал нивелирования площадки: вычислить средние значения превышений на станциях, высотную и допустимую невязку хода, найти отметки связующих точек нивелирного хода. Принять отметку репера $H_{рп} = 40,000$ м. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



$$f_k = \sum h_{сп} =$$

$$f_{k\ доп} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} =$$

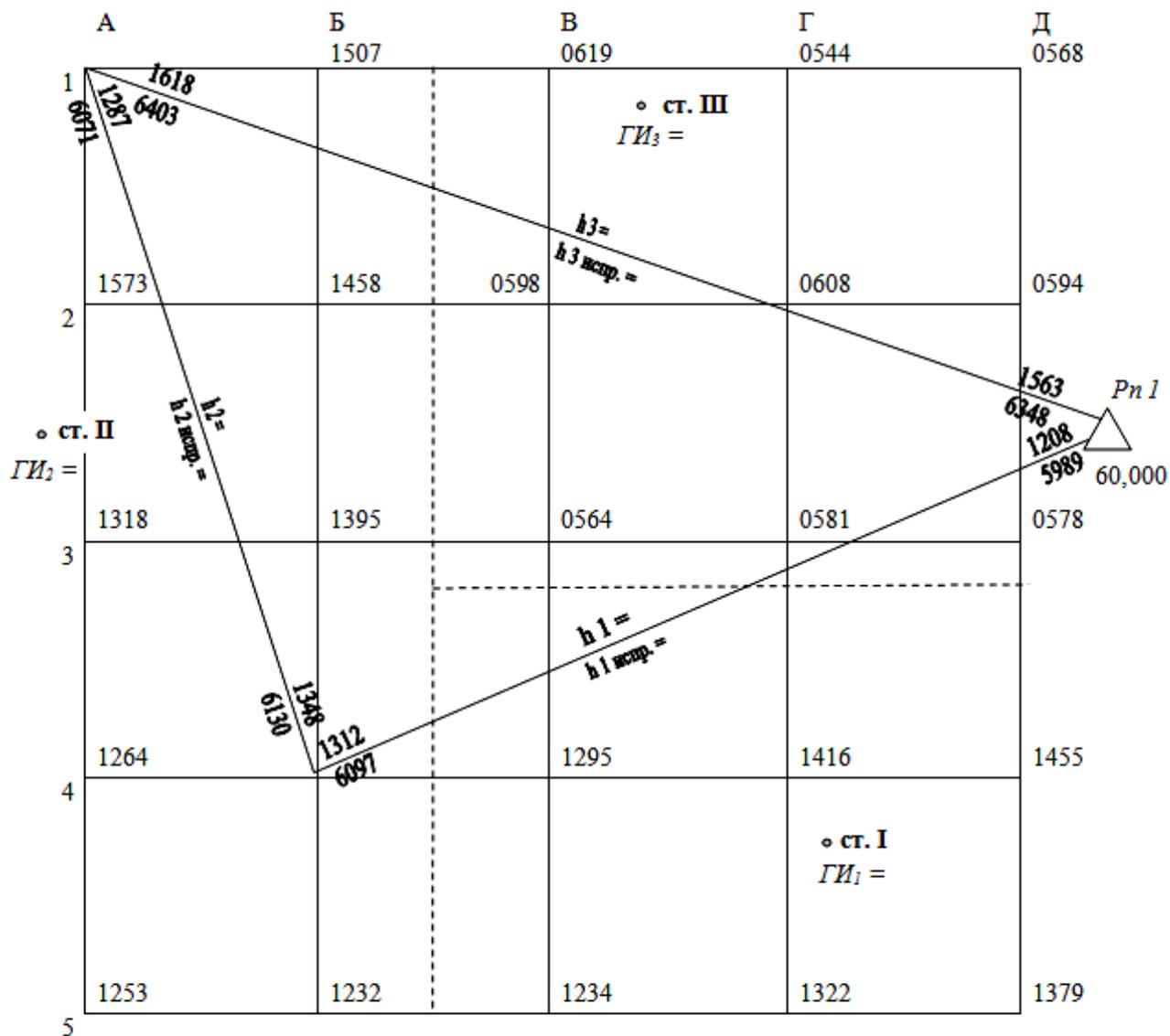
2. Обработать журнал нивелирования площадки: вычислить средние значения превышений на станциях, высотную и допустимую невязку хода, найти отметки связующих точек нивелирного хода. Принять отметку репера $H_{PnI} = 50,000$ м. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



$$f_k = \sum h_{\text{сп}} =$$

$$f_{k\text{ доп}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} =$$

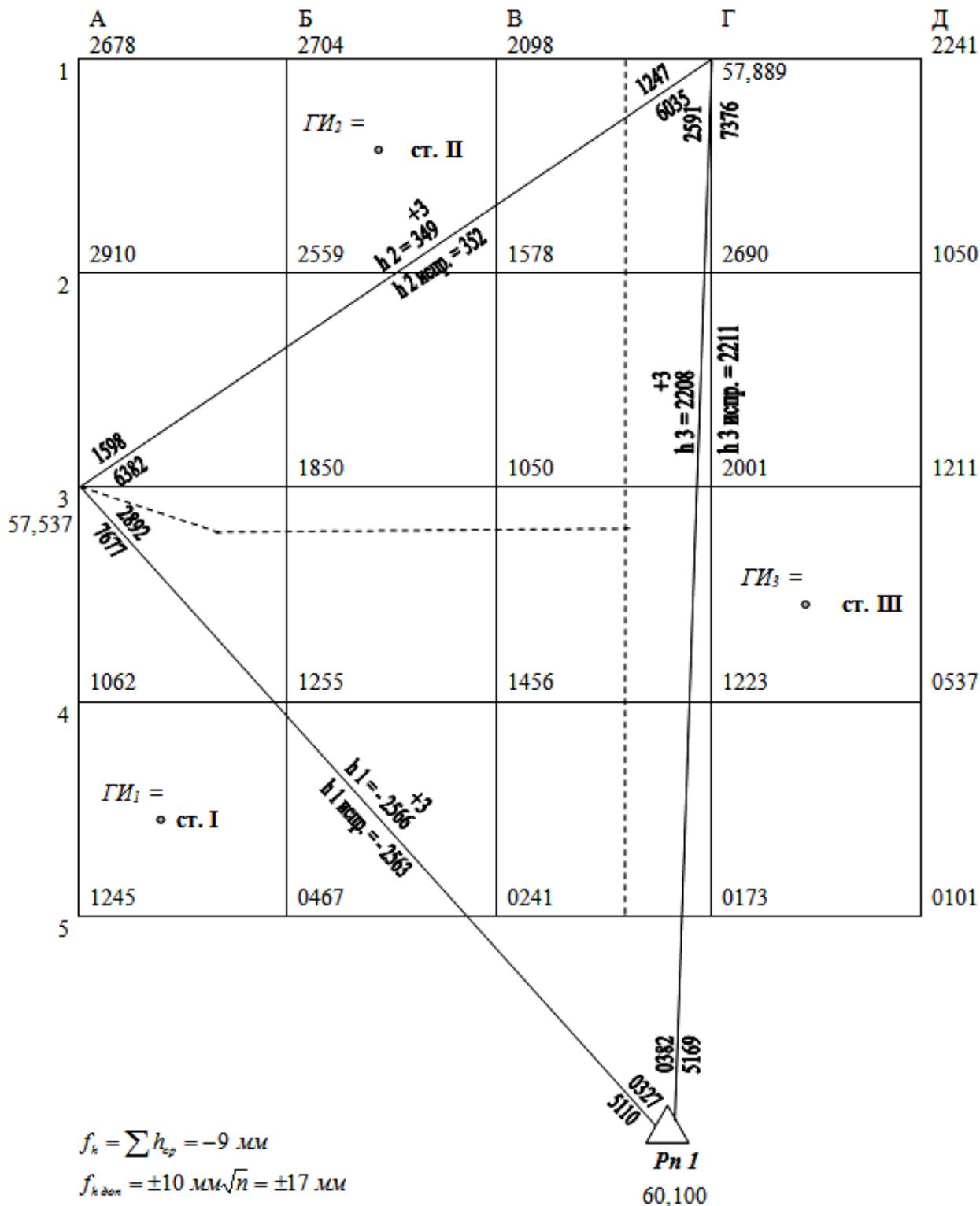
3. Обработать журнал нивелирования площадки: вычислить средние значения превышений на станциях, высотную и допустимую невязку хода, найти отметки связующих точек нивелирного хода. Принять отметку репера $H_{Pn} = 60,000$ м. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



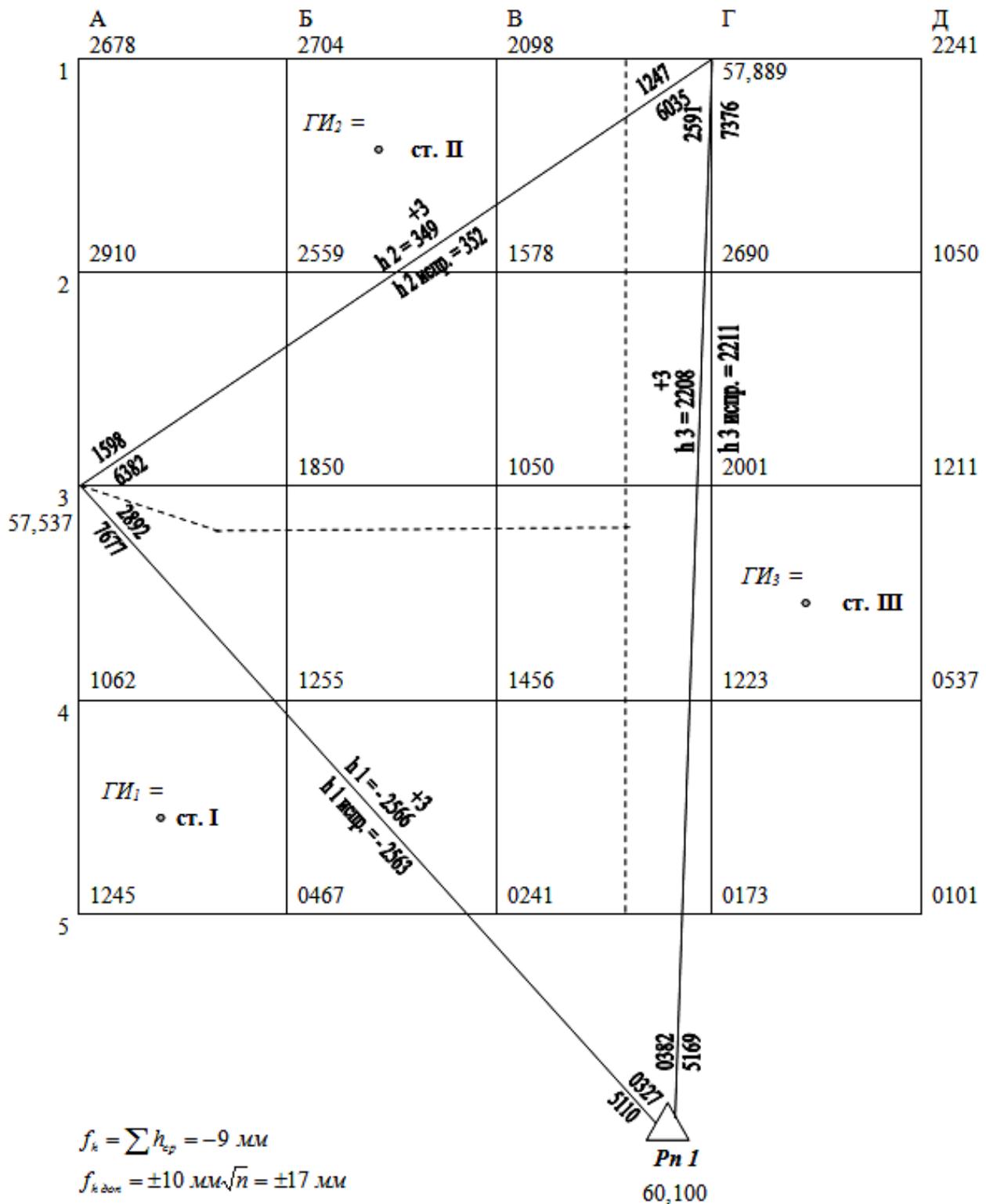
$$f_k = \sum h_{cp} =$$

$$f_{k\text{ доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} =$$

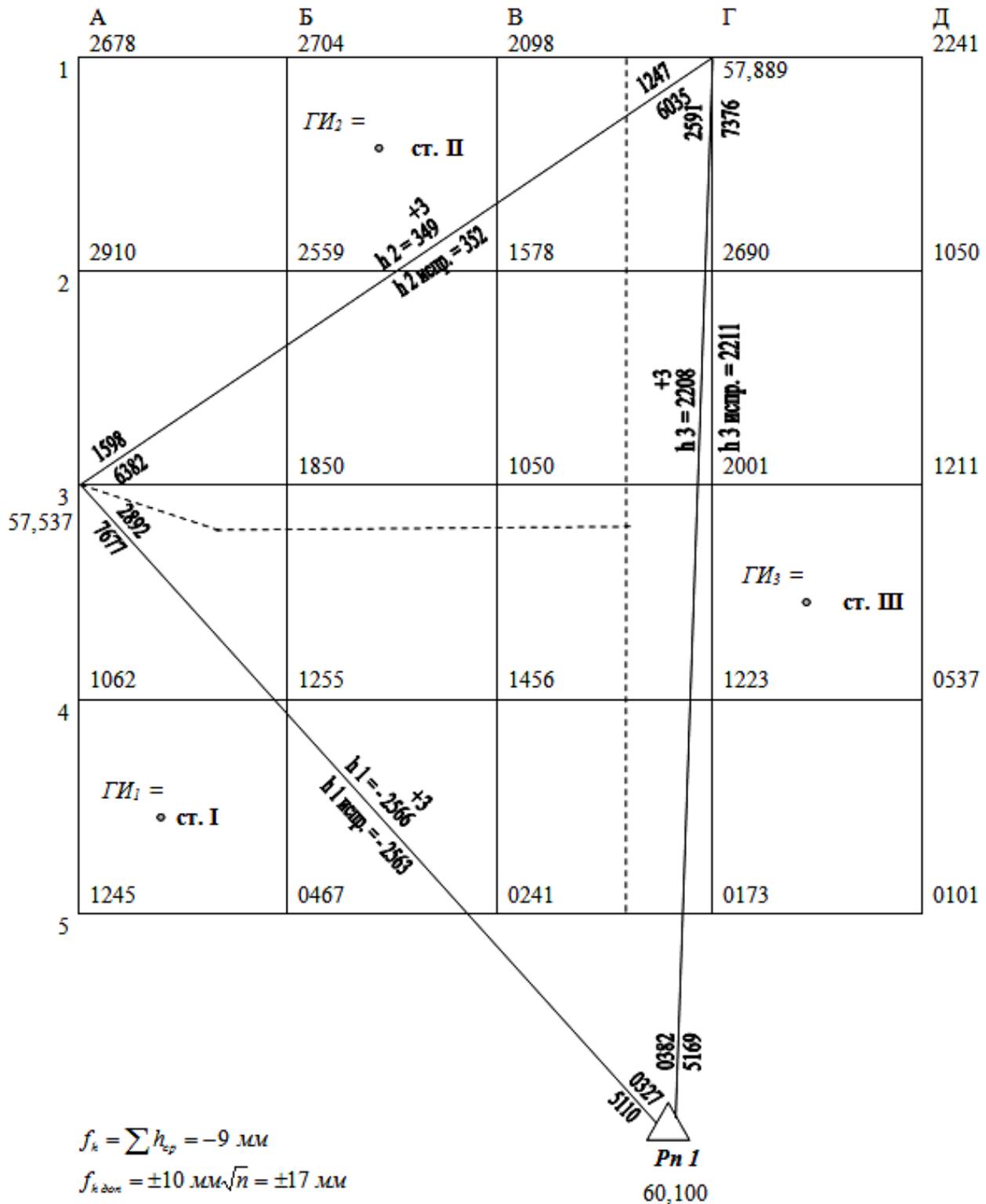
4. Обработать журнал нивелирования площадки: на станции I вычислить среднее значение горизонта инструмента ГИ₁ и найти отметки промежуточных точек. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



5. Обработать журнал нивелирования площадки: на станции II вычислить среднее значение горизонта инструмента ГИ₂ и найти отметки промежуточных точек. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



6. Обработать журнал нивелирования площадки: на станции III вычислить среднее значение горизонта инструмента ГИ₃ и найти отметки промежуточных точек. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение У].



7. Построить план площадки в горизонталях в масштабе 1:500. Принять высоту сечения рельефа $h = 0,5$ м при стороне квадрата $d = 20$ м. План оформить согласно [1, 2, Приложение Ф].

	А	Б	В	Г
1	48,34	48,94	49,67	50,69
2	48,80	48,81	49,74	49,77
3	50,21	49,04	48,93	50,09
4	50,24	50,93	50,80	51,03

8. Построить план площадки в горизонталях в масштабе 1:500. Принять высоту сечения рельефа $h = 0,5$ м при стороне квадрата $d = 20$ м. План оформить согласно [1, 2, Приложение Ф].

	А	Б	В	Г
1	51,84	52,77	52,80	54,03
2	52,08	51,96	53,12	54,11
3	53,96	53,83	54,06	54,55
4	54,71	55,01	54,99	55,15

9. Построить план площадки в горизонталях в масштабе 1:500. Принять высоту сечения рельефа $h = 0,5$ м при стороне квадрата $d = 20$ м. План оформить согласно [1, 2, Приложение Ф].

	А	Б	В	Г
1	57,89	57,90	58,83	58,86
2	59,30	58,14	58,02	59,18
3	59,33	60,02	59,88	60,12
4	59,64	60,77	61,07	61,05

10. Выполнить расчет проектной отметки горизонтальной площадки под условием баланса земляных масс и рабочих отметок ее вершин. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение Х].

	151,86	151,75	151,05	150,53
151,40	151,12	151,02	150,70	
150,68	150,45	150,30	150,20	
150,41	150,33	150,15	149,85	

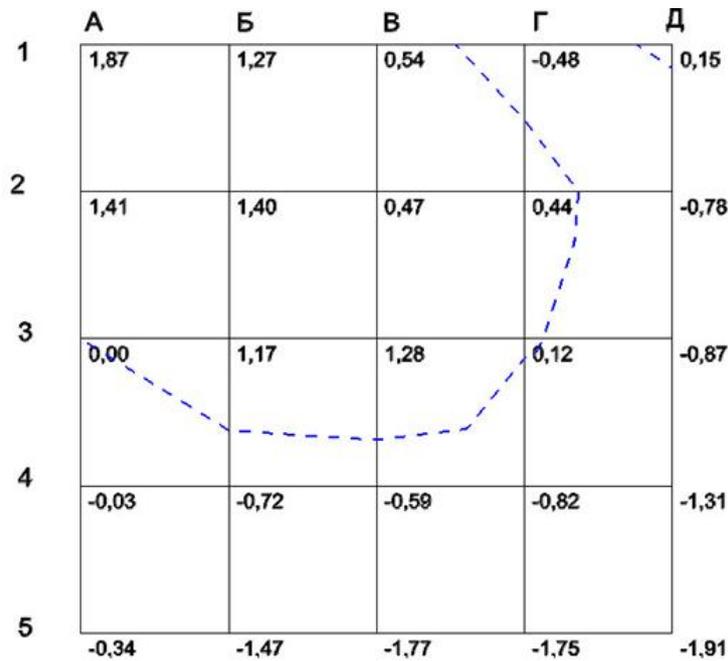
11. Выполнить расчет проектной отметки горизонтальной площадки под условием баланса земляных масс и рабочих отметок ее вершин. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение X].

	150,12	150,82	151,02	151,22
149,88		150,36	150,56	150,76
149,74		149,90	150,30	150,10
149,14		149,47	149,66	149,83

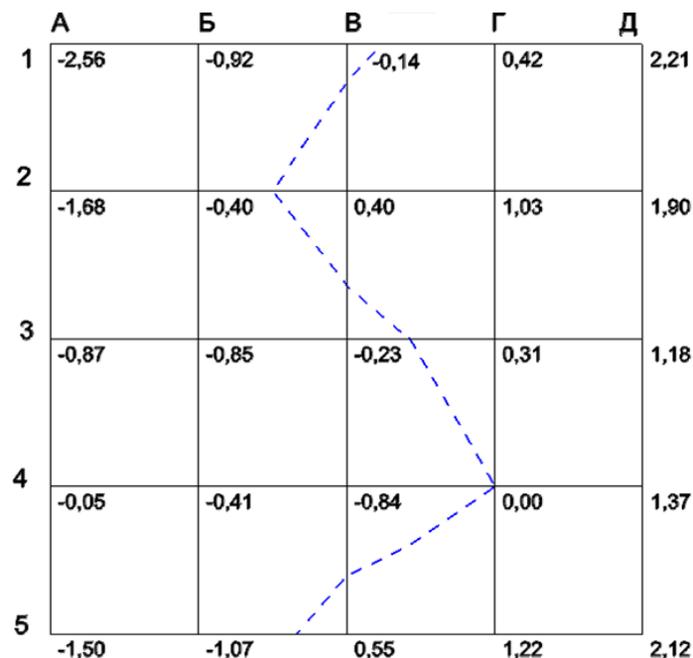
12. Выполнить расчет проектной отметки горизонтальной площадки под условием баланса земляных масс и рабочих отметок ее вершин. Результаты обработки оформить согласно [1, 2, Приложение X].

	132,83	131,97	131,01	130,77
131,53		131,29	130,80	130,78
130,50		130,45	130,25	129,92
130,01		130,38	130,15	129,77

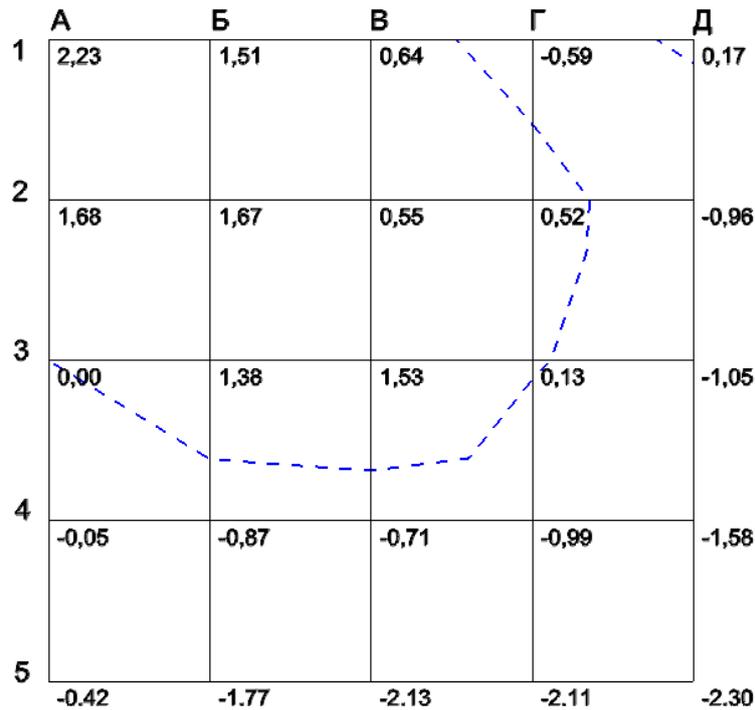
13. Выполнить расчет объемов земляных масс в «полных» квадратах со стороной 20 м. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



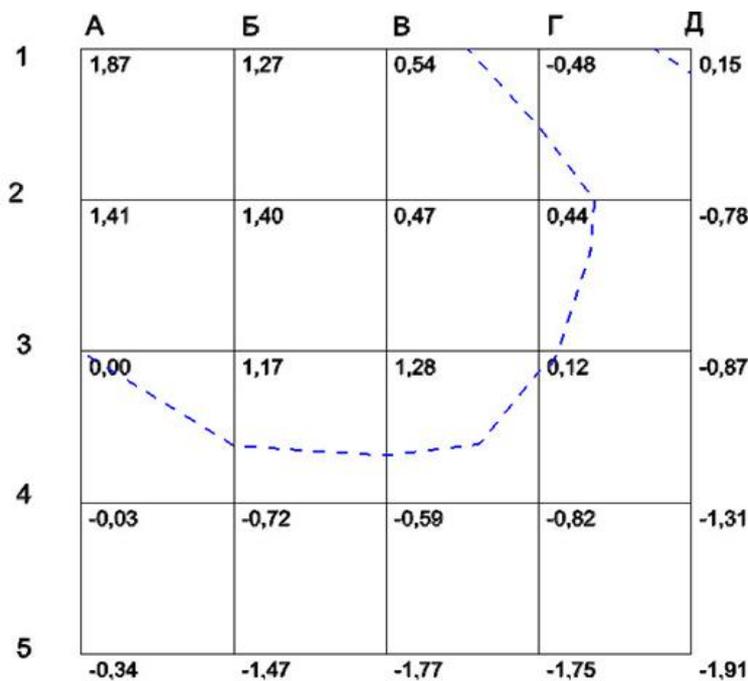
14. Выполнить расчет объемов земляных масс в «полных» квадратах со стороной 20 м. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



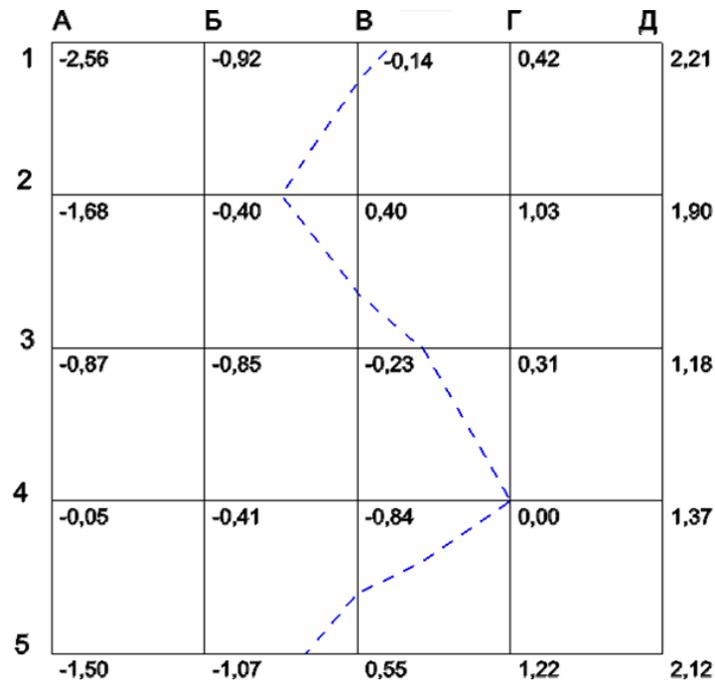
15. Выполнить расчет объемов земляных масс в «полных» квадратах со стороной 20 м. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



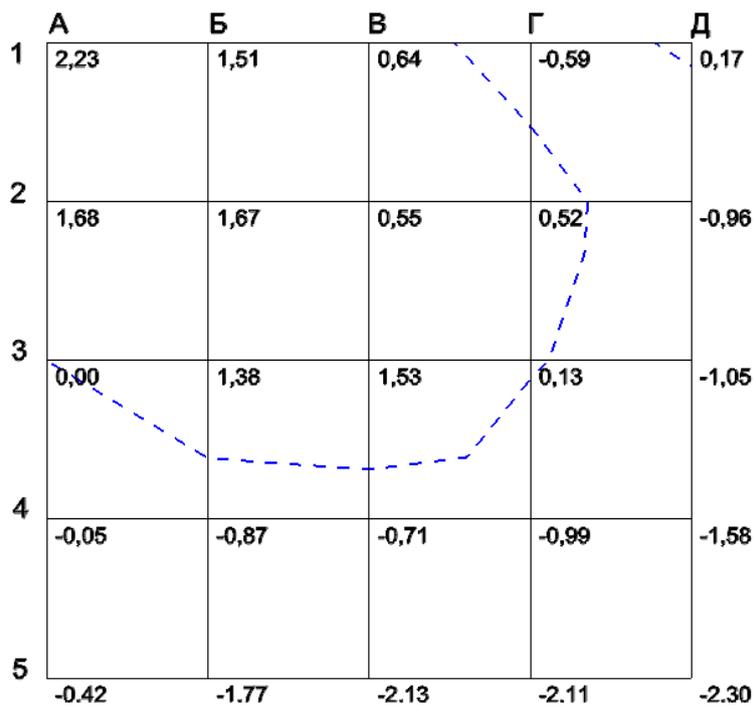
16. Выполнить расчет объемов земляных масс в «неполных» квадратах со стороной 20 м по формулам Стрельчевского. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



17. Выполнить расчет объемов земляных масс в «неполных» квадратах со стороной 20 м по формулам Стрельчевского. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



18. Выполнить расчет объемов земляных масс в «неполных» квадратах со стороной 20 м по формулам Стрельчевского. Результаты вычислений оформить согласно [1, 2, Приложение X].



Раздел 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДАННЫХ И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТНОСТИ

5.1. Основные сведения о геодезической подготовке проекта

Перед тем как проект сооружения будет вынесен в натуру, необходимо выполнить геодезическую подготовку данных, которая обеспечит построение и закрепление с требуемой точностью на местности геометрической основы возведения сооружения – системы его главных и основных осей. К геодезической подготовке данных для перенесения проекта сооружения на местность относятся следующие виды работ:

- геодезическая привязка проекта (привязка главных или основных осей сооружения к опорной геодезической сети);
- расчет элементов привязки характерных (основных) точек сооружения (как правило, точек пересечения его основных осей) к геодезической разбивочной основе;
- составление разбивочных чертежей по результатам расчета элементов привязки;
- разработка проекта производства геодезических работ (составной части проекта производства работ, которая определяет технологию выполнения геодезических работ при осуществлении проекта строительства на местности).

Для того чтобы вынести проект сооружения в натуру, необходимо создать сеть закрепленных знаками геодезических пунктов, которые определяют положение сооружения на местности и обеспечивают выполнение дальнейших построений и измерений в процессе строительства с наименьшими затратами и необходимой точностью. Такую сеть принято называть геодезической разбивочной основой (ГРО). Координаты пунктов ГРО и координаты основных точек сооружения должны быть получены в единой системе. Координаты пунктов ГРО определяют путем выполнения геодезических измерений на местности при создании сети, координаты точек сооружения определяют либо графически, с топографической основы, используемой при проектировании сооружения, либо получают аналитически.

Элементы для привязки точек пересечения основных осей сооружения к пунктам ГРО могут быть получены тремя способами [1, 2, Раздел 7]:

- графическим;
- аналитическим;
- комбинированным (графоаналитическим).

Графический способ применяется в случае, когда проект сооружения не связан с существующей застройкой. В этом случае все привязочные элементы определяют путем угловых и линейных измерений с помощью масштабной линейки и геодезического транспортира с топографической основы – крупномасштабного плана, на котором нанесен проектируемый объект и существующие элементы ситуации. Кроме того, графически могут быть определены и координаты характерных точек сооружения.

Аналитический способ применяют при реконструкции предприятий в условиях плотной застройки территории. Все данные для разбивки в виде координат основных точек сооружения получают из расчетов. При этом координаты точек существующих зданий и сооружений определяют по результатам геодезических измерений на местности, а координаты характерных точек сооружения вычисляют по его размерам, взятым из рабочих чертежей.

Комбинированный способ предполагает, что координаты исходных точек определяют графически, а координаты остальных точек, связанных с исходными – аналитически.

Отметим, что элементы привязки основных точек сооружения к пунктам ГРО могут быть также получены с использованием специальных возможностей систем автоматизированного проектирования, таких, например, как AutoCAD [1, 2, Раздел 7]. Это существенно сокращает затраты времени на их получение, обеспечивая при этом необходимую точность определения величин разбивочных элементов (углов и расстояний).

Разбивкой сооружения, или перенесением проекта сооружения в натуру называют геодезические работы на местности для определения пространственного положения характерных точек возводимого объекта в соответствии с рабочими чертежами проекта.

По сути, при разбивке сооружения выполняются *геодезические разбивочные работы* – комплекс геодезических работ с целью построения и закрепления на местности точек, линий и плоскостей, определяющих проектное плановое и высотное положение здания или сооружения.

Технический проект сооружения составляют на крупномасштабных топографических планах, на которых определяют положение проектируемого объекта относительно элементов ситуации и сторон света. Кроме того, топографический план и работы на местности по геодезической привязке проекта задают единую систему координат для характерных точек проектируемого сооружения.

Разбивочные работы представляют собой действия, по смыслу противоположные топографической съемке. При съемке по геодезическим измерениям на местности определяют положение точек относительно пунктов съёмочной сети. То есть снимают то, *что уже существует* на местности. При разбивке же по заданным или рассчитанным координатам фиксируют на местности положение основных точек будущего сооружения. Тем самым задают границы того, *что будет построено* на местности.

При геодезической подготовке выноса проекта на местность в качестве *разбивочных данных* служат:

- 1) схема разбивки выносимых точек и осей сооружения;
- 2) координаты пунктов ГРО и характерных точек сооружения;
- 3) числовые значения разбивочных элементов (угловых и линейных величин, которые непосредственно строят на местности при выносе), представленные на разбивочном чертеже.

Разбивочными элементами (элементами привязки характерных (основных) точек сооружения) являются проектные (рассчитанные) горизонтальные углы β и отрезки d .

Для перенесения проекта на местность в зависимости от размеров сооружения и условий построения могут применяться следующие способы [1, 2, Раздел 7]:

- полярных координат,
- засечек (угловых и линейных),
- прямоугольных координат (перпендикуляров).

5.2. Пример подготовки данных для выноса объекта на местность и составления схемы разбивки

Как уже отмечалось выше, при геодезической подготовке данных для перенесения проекта сооружения на местность необходимо выполнить геодезическую привязку проекта.

На практике это означает, что координаты точек объекта, которые следует закрепить на местности, предварительно должны быть получены тем или иным способом. Затем, исходя из взаимного расположения объекта и пунктов геодезической разбивочной основы, имеющейся вблизи от выносимого сооружения, определяют способы, которыми будет непосредственно осуществлен вынос характерных точек сооружения. Для этого необходимо составить схему разбивки, на которой будут показаны пункты ГРО, с которых планируется выполнять построение разбивочных элементов на местности, подлежащие выносу точки сооружения и сами разбивочные элементы согласно выбранному для разбивки способу.

В качестве примера ниже рассмотрена последовательность действий по подготовке данных для выноса границ квартала жилой застройки комбинированным способом. Примем в качестве пунктов геодезической разбивочной основы точки съёмочного обоснования в виде теодолитного хода, проложенного в пределах территории квартала.

В качестве проектных данных по топографическому плану были определены координаты одного из углов квартала (например, т. А), дирекционных угол одной из его сторон (соответственно, стороны А-В), а также все длины сторон и внутренние углы (рисунок 5.1).

Тогда исходными данными для выноса границ квартала будут служить:

- координаты пунктов ГРО;
- дирекционные углы исходных сторон между пунктами ГРО;
- координаты (X, Y) одного из углов квартала – точки А;
- дирекционный угол α_{AB} стороны квартала d_{AB} ;
- длины сторон квартала и значения внутренних углов, образованных этими сторонами.

Чтобы определить прямоугольные координаты X и Y всех остальных углов квартала, необходимо решить прямые геодезические задачи по его сторонам. Для этого:

1) Вычисляют дирекционные углы всех сторон квартала по формуле

$$\alpha_{k+1} = \alpha_k + 180^\circ - \beta_{k+1},$$

где α_{k+1}, α_k – дирекционный угол последующей и предшествующей сторон квартала; β_{k+1} – внутренний угол при следующей вершине квартала.

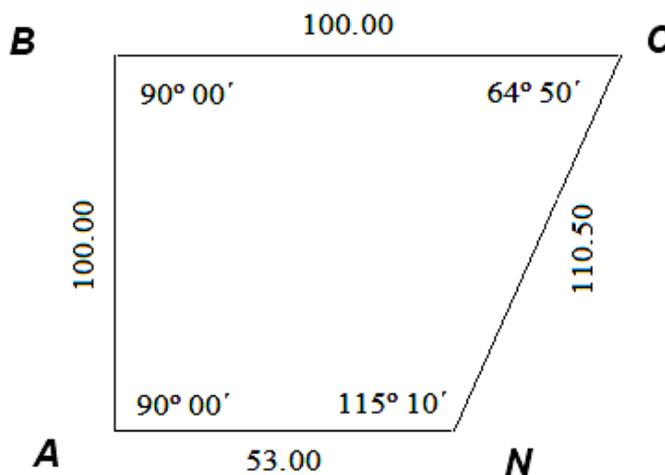


Рисунок 5.1 – Схема квартала

Если рассматривать внутренние углы при вершинах квартала как правые углы поворота в замкнутом теодолитном ходе, проложенном по сторонам А-В, В-С, С-Н, Н-А, то рабочие формулы для вычисления дирекционных углов сторон квартала примут вид

$$\begin{aligned} \alpha_{BC} &= \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_B = \alpha_{AB} + 180^\circ - 90^\circ 00' = \alpha_{AB} + 90^\circ 00'; \\ \alpha_{CN} &= \alpha_{BC} + 180^\circ - \beta_C = \alpha_{BC} + 180^\circ - 64^\circ 50' = \alpha_{BC} + 115^\circ 10'; \\ \alpha_{NA} &= \alpha_{CN} + 180^\circ - \beta_N = \alpha_{CN} + 180^\circ - 115^\circ 10' = \alpha_{CN} + 64^\circ 50'. \end{aligned}$$

Контролем правильности выполненных расчетов дирекционных углов служит совпадение значения вычисленного дирекционного угла α_{AB} с его исходным значением

$$\alpha_{AB} = \alpha_{NA} + 180^\circ - \beta_A = \alpha_{NA} + 180^\circ - 90^\circ 00' = \alpha_{NA} + 90^\circ 00'.$$

2) Вычисляют приращения координат ΔX и ΔY по всем сторонам квартала

$$\Delta X_{ij} = d_{ij} \cdot \cos \alpha_{ij}; \quad \Delta Y_{ij} = d_{ij} \cdot \sin \alpha_{ij},$$

где d_{ij} и α_{ij} – сторона квартала и ее дирекционный угол соответственно.

В рассматриваемом примере при составлении схемы разбивки используются координаты пунктов ГРО и координаты точек, подлежащих выносу и закреплению на местности. В качестве таких точек полярных координат. В этом случае разбивочными элементами будут служить полярный угол и полярное расстояние.

Обычно для выноса проекта сооружения на местность достаточно рассчитать разбивочные элементы для двух его точек. В качестве таких точек можно принять вершины, образующие одну из сторон квартала: А-В, В-С, С-Н, Н-А.

Для обеспечения необходимой точности вычислений значения тригонометрических функций \sin и \cos следует брать с 5-6 десятичными знаками, а расчет приращений координат ΔX , ΔY выполнять с точностью до сантиметров.

Контролем правильности вычисления приращений служит соблюдение равенства

$$\Sigma \Delta X_{ij} = 0,00 \text{ м} \quad \text{и} \quad \Sigma \Delta Y_{ij} = 0,00 \text{ м.}$$

Допустимой погрешностью соблюдения этого условия будет величина $\pm 0,01-0,02$ м.

3) Вычисляют прямоугольные координаты углов квартала по формулам

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{ij}; \quad Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{ij},$$

где X_i, Y_i и X_{i+1}, Y_{i+1} – координаты предшествующей и последующей вершины квартала.

Контролем правильности выполнения расчетов служит совпадение вычисленных значений координат точки А с их исходными значениями с ошибкой $\pm 0,01-0,02$ м.

После того, как определены координаты всех углов квартала, составляют схему разбивки [1, 2, п. 7.1]. При этом придерживаются следующего порядка действий:

- наносят на лист бумаги по координатам в заданном масштабе (1:500, 1:1000) пункты разбивочной основы и точки, определяющие габариты объекта (точки пересечения основных осей сооружения, углы квартала застройки, земельного участка и т.п.);

- определяют точки, подлежащие выносу (как правило, для зданий и площадных сооружений это точки, задающие положение одной из основных осей; для кварталов и земельных участков это точки на концах одной из сторон);

- выбирают способ, которым будет осуществляться разбивка;

- обозначают на схеме базисные стороны (линии, соединяющие пункты разбивочной основы, с которых планируется осуществлять вынос выбранных точек) и разбивочные элементы, которые будут откладываться от базисов при выносе.

Для выноса выбирают те вершины квартала, которые расположены поблизости от пунктов геодезической разбивочной основы (рисунок 5.2).

Для контроля правильности построений на местности каждая из выбранных вершин квартала должна быть вынесена от двух пунктов ГРО.

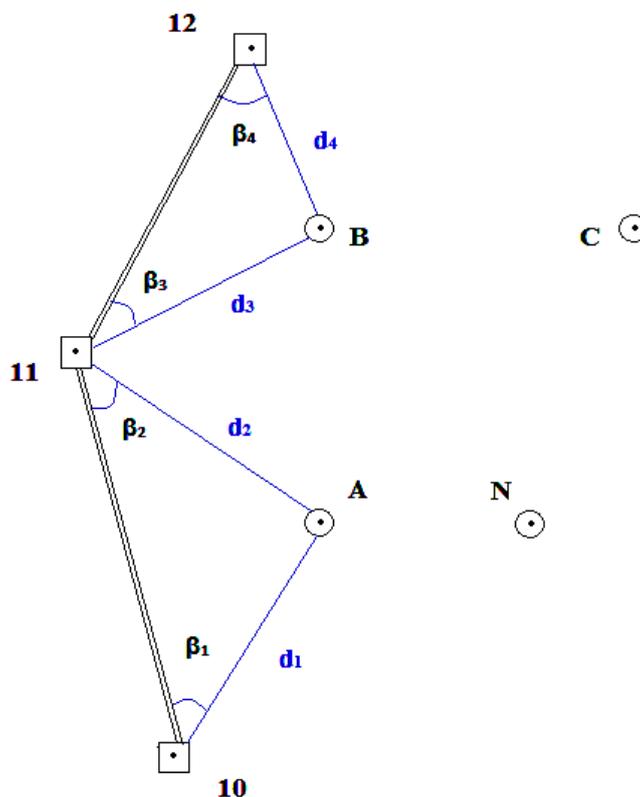


Рисунок 5.2 - Схема разбивки для выноса на местность вершин квартала А и В способом полярных координат:
 β – полярный угол, d – полярное расстояние

Руководствуясь составленной схемой разбивки, определяют те стороны, по которым для расчета разбивочных элементов необходимо выполнить решение обратных геодезических задач (ОГЗ). Так, согласно схеме разбивки, служат углы квартала. Для выноса углов квартала в натуру предлагается использовать способ представленной на рисунке 5.2, для выноса точки А необходимо решить ОГЗ по сторонам 10-А и 11-А. Для выноса точки В следует решить ОГЗ по сторонам 11-В и 12-В.

При оформлении схемы разбивки пункты ГРО и подлежащие выносу точки наносят в соответствии с их условными обозначениями [1, 2, Приложение С; 12]. При этом базисные стороны, соединяющие пункты ГРО, с которых будет осуществляться разбивка, показывают на схеме двойной тонкой линией, а отрезки, соединяющие выносимые точки и пункты ГРО – одинарной. Разбивочные элементы (полярный угол и полярное расстояние) обозначают так, как показано на рисунке 5.2.

5.3. Расчет разбивочных элементов для выноса объекта на местность и составление разбивочного чертежа

Рассмотрим последовательность действий по расчету разбивочных элементов для выноса объекта на местность при использовании аналитического и комбинированного способа. В соответствии со схемой разбивки для вычисления разбивочных отрезков – горизонтальных проложений d приступают к решению обратных геодезических задач по выбранным сторонам [1, 2, п. 7.2]. Для этого по каждой стороне:

- вычисляют приращения ΔX и ΔY как разности координат выносимой точки и пункта ГРО, с которого будет осуществляться вынос согласно схеме разбивки;
- находят тангенс румба стороны, по которой решают ОГЗ;
- определяют, используя функцию arctg , величину румба r в градусной мере, а также его название – по знакам вычисленных приращений ΔX и ΔY ;
- по формулам связи от румба r переходят к дирекционному углу α данной стороны;
- дважды, используя значения тригонометрических функций \sin и \cos дирекционного угла α , вычисляют горизонтальное проложение d ;
- если расхождение между двумя вычисленными значениями d не превышает допустимой величины, находят среднее из двух полученных значений, которое и принимают за разбивочный отрезок.

После определения разбивочных отрезков вычисляют разбивочные углы β как разности дирекционных углов образующих их сторон [1, 2, п. 7.2].



Видео 5.1 – Вынос в натуру контура сооружения (расчет разбивочных отрезков и углов):

<https://youtu.be/9XwnmXhPHh4>

Видеофильм 06 мин. 02 сек.

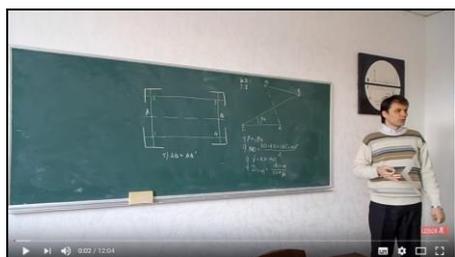
Для контроля правильности вычисления разбивочных элементов их можно определить графически со схемы разбивки, построенной в масштабе 1:1000 или 1:500. При этом разбивочные углы на схеме должны быть измерены до целых градусов, а отрезки – до целых метров.

Результаты геодезической подготовки данных для выноса проекта сооружения в натуру отображают на разбивочных чертежах. Разбивочный чертеж яв-

ляется основным документом, который используют при выполнении разбивочных работ на местности. На разбивочном чертеже показывают: контуры выносимого сооружения, его размеры и расположение основных осей, пункты ГРО и точки сооружения, подлежащие выносу, а также их координаты, разбивочные элементы и их величины.

При оформлении разбивочного чертежа пункты ГРО и точки сооружения, подлежащие выносу, изображают в соответствии с условными обозначениями [1, 2, Приложение Щ]. На выносках выписывают их координаты (сверху – абсциссу X , снизу – ординату Y). Также на разбивочном чертеже показывают разбивочные элементы (полярный угол β и полярное расстояние d) [1, 2, п.7.3]. В таблице под разбивочным чертежом приводят числовые значения разбивочных элементов.

После составления разбивочного чертежа, полученные разбивочные элементы используют для выноса и закрепления точек сооружения на местности. Построение разбивочного угла выполняют с помощью оптических и электронных теодолитов [1, 2, п. 7.3], построение проектного отрезка – с помощью мерной ленты или рулетки (см. п. 2.7 Пособия).



Видео 5.2 – Вынос в натуру контура сооружения (подготовка данных, технология работ):

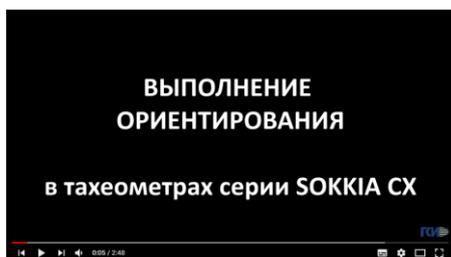
<https://youtu.be/8CynOAI7Gk>

Видеофильм 12 мин. 04 сек.

Следует отметить, что в настоящее время для выполнения разбивочных работ при строительстве различных сооружений широкое применение находят электронные тахеометры. При использовании электронного тахеометра на стройплощадке основным методом выполнения работ по выносу и разбивке осей сооружений является координатный метод. Перед выносом в натуру с помощью электронного тахеометра необходимо выполнить следующие подготовительные действия:

- ориентирование прибора (ввод данных о точке стояния и точке обратного ориентирования);

- подготовку исходных данных для выноса (создание или выбор проекта, содержащего координаты точек, подлежащих выносу, либо ввод проектных углов и расстояний с клавиатуры или расчет их по координатам).

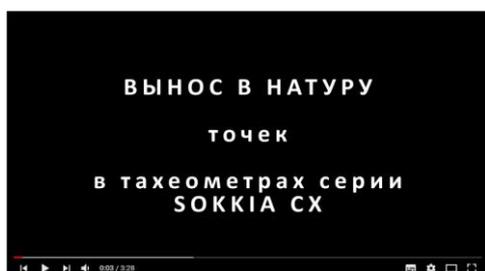


Видео 5.3 – Выполнение ориентирования тахеометра на станции:

<https://youtu.be/hYmACV7BFbg>

Видеофильм 02 мин. 48 сек.

Собственно вынос сводится к установке вехи-отражателя в положение, соответствующее проектному положению выносимой точки. Для этого сначала веху-отражатель устанавливают в створ с подлежащей выносу точкой, а затем, перемещая веху по створу, фиксируют ее в проектном положении. При этом прибор дает возможность проконтролировать положение вынесенной точки по углу и расстоянию, а также по координатам с помощью измерений.



Видео 5.4 – Вынос точек в натуру с помощью тахеометра:

<https://youtu.be/8cgzEDoEJOU>

Видеофильм 03 мин. 28 сек.

5.4. Контрольные задания по разделу

5.4.1. Перечень теоретических вопросов

1. Привести основные сведения о геодезической подготовке проекта.
2. Описать способы выноса проекта на местность. Дать необходимые пояснения.
3. Описать графический способ геодезической подготовки проекта.
4. Описать аналитический способ геодезической подготовки проекта.
5. Описать комбинированный способ геодезической подготовки проекта.
6. Описать получение разбивочных элементов с использованием систем автоматизированного проектирования.
7. Описать порядок составления схемы разбивки.
8. Привести формулы решения прямой геодезической задачи по координатам исходной точки, длине проектного отрезка и его дирекционному углу.

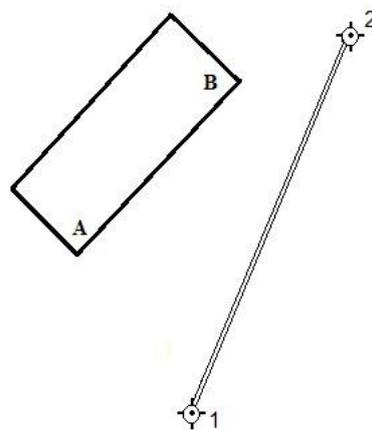
9. Описать порядок решения обратной геодезической задачи при вычислении разбивочных элементов.
10. Привести формулы для вычисления дирекционного угла и румба разбивочного отрезка.
11. Привести формулы для вычисления длины проектного отрезка с контролем.
12. Привести формулы связи дирекционных углов и румбов. Дать схематический чертеж.
13. Объяснить принцип вычисления разбивочных углов. Ответ сопроводить графической схемой.
14. Указать последовательность действий при подготовке разбивочных данных для выноса объекта на местность графоаналитическим способом.
15. Указать, каким образом контролируют правильность получения разбивочных элементов при использовании комбинированного способа подготовки данных для выноса объекта на местность.
16. Указать назначение и содержание разбивочного чертежа.
17. Указать порядок действий при построении разбивочного угла на местности.
18. Указать порядок действий при построении разбивочного расстояния на местности.

5.4.2. Практические задания к разделу

1. Составить схему разбивки для выноса стороны здания АВ, используя разные способы:

- для т. А использовать способ полярных координат;
- для т. В использовать способ линейной засечки.

Показать на схеме разбивочные элементы согласно [1, 2, Глава 7, рисунок 7.1].

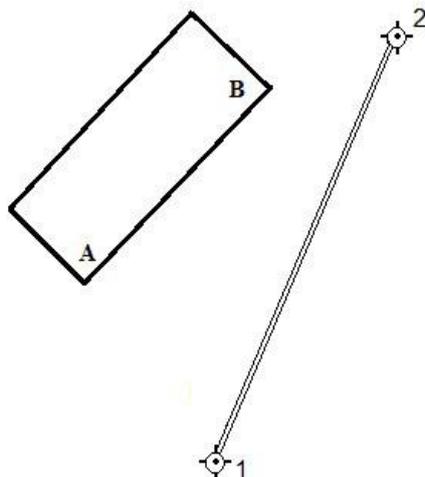


2. Составить схему разбивки для выноса стороны здания АВ, используя разные способы:

для т. А использовать способ прямоугольных координат;

для т. В использовать способ линейной засечки.

Показать на схеме разбивочные элементы согласно [1, 2, Глава 7, рисунок 7.1]

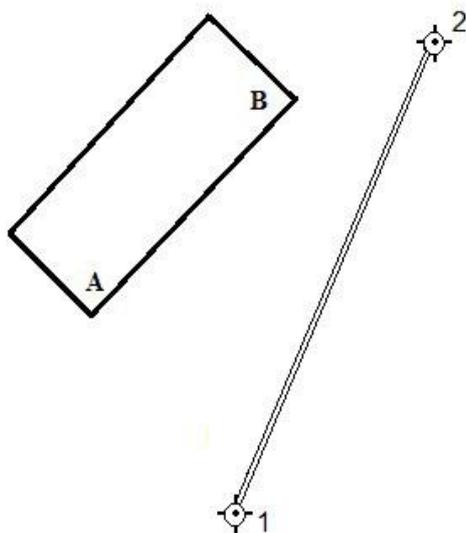


3. Составить схему разбивки для выноса стороны здания АВ, используя разные способы:

для т. А использовать способ угловой засечки;

для т. В использовать способ полярных координат.

Показать на схеме разбивочные элементы согласно [1, 2, Глава 7, рисунок 7.1]



Расчеты представить в виде таблицы:

Обозначение	По стороне I-A		По стороне II-B	
	I (н)	A (к)	II (н)	B (к)
X, м				
$\Delta X = X(к) - X(н), м$				
Y, м				
$\Delta Y = Y(к) - Y(н), м$				
$\left \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right $				
$r = \arctg \left \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right , ^\circ$				
$r, ^\circ ' '$				
$\alpha, ^\circ ' '$				

6. Вычислить дирекционные углы и румбы сторон I-A и II-B по их прямоугольным координатам X, Y.

№ точки	X, м	Y, м
I	544,37	627,87
II	625,56	611,97
A	552,43	677,21
B	618,14	650,37

Расчеты представить в виде таблицы:

Обозначение	По стороне I-A		По стороне II-B	
	I (н)	A (к)	II (н)	B (к)
X, м				
$\Delta X = X(к) - X(н), м$				
Y, м				
$\Delta Y = Y(к) - Y(н), м$				
$\left \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right $				
$r = \arctg \left \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right , ^\circ$				
$r, ^\circ ' '$				
$\alpha, ^\circ ' '$				

7. Вычислить проектные отрезки I-A и II-B с контролем. Расчеты представить в виде таблицы.

Обозначение	По стороне I-A		По стороне II-B	
	I (н)	A (к)	II (н)	B (к)
X, м	501,00	529,35	582,67	575,78
$\Delta X = X(к) - X(н), м$	28,35		-6,89	
Y, м	835,00	862,37	821,77	786,03
$\Delta Y = Y(к) - Y(н), м$	27,37		-35,74	
α	43° 59,5'		259° 05,3'	
sin α				
cos α				
$d' = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}, м$				
$d'' = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}, м$				
$ d' - d'' , м$				
$d_{cp} = \frac{d' + d''}{2}, м$				

8. Вычислить проектные отрезки I-A и II-B с контролем. Расчеты представить в виде таблицы.

Обозначение	По стороне I-A		По стороне II-B	
	I (н)	A (к)	II (н)	B (к)
X, м	592,48	572,66	511,08	533,43
$\Delta X = X(к) - X(н), м$	-19,82		22,35	
Y, м	489,91	525,73	504,64	473,84
$\Delta Y = Y(к) - Y(н), м$	35,82		-30,80	
α	118° 57,4'		305° 58,0'	
sin α				
cos α				
$d' = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}, м$				
$d'' = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}, м$				
$ d' - d'' , м$				
$d_{cp} = \frac{d' + d''}{2}, м$				

9. Вычислить проектные отрезки I-A и II-B с контролем. Расчеты представить в виде таблицы.

Обозначение	По стороне I-A		По стороне II-B	
	I (н)	A (к)	II (н)	B (к)
X, м	544,37	552,43	625,56	618,14
$\Delta X = X(к) - X(н), м$	8,06		-7,42	
Y, м	627,87	677,21	611,97	650,37
$\Delta Y = Y(к) - Y(н), м$	49,34		38,40	
α	80° 43,3'		100° 56,2'	
sin α				
cos α				
$d' = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}, м$				
$d'' = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}, м$				
$ d' - d'' , м$				
$d_{cp} = \frac{d' + d''}{2}, м$				

10. На листе ватмана формата А-4 в масштабе 1:500 с точностью до 0,1 м нанести точки I, II, A и B по их плоским геодезическим координатам и оформить чертеж в соответствии с условными обозначениями [1, 2, Приложение С]: точки I, II – пункты геодезических сетей; точки A, B – точки плановых съемочных сетей.

№ точки	X, м	Y, м
I	501,00	835,00
II	582,67	821,77
A	529,35	862,37
B	575,78	786,03

11. На листе ватмана формата А-4 в масштабе 1:500 с точностью до 0,1 м нанести точки I, II, A и B по их плоским геодезическим координатам и оформить чертеж в соответствии с условными обозначениями [1, 2, Приложение С]: точки I, II – пункты геодезических сетей; точки A, B – точки плановых съемочных сетей.

№ точки	X, м	Y, м
I	592,48	489,91
II	511,08	504,64
A	572,66	525,73
B	533,43	473,84

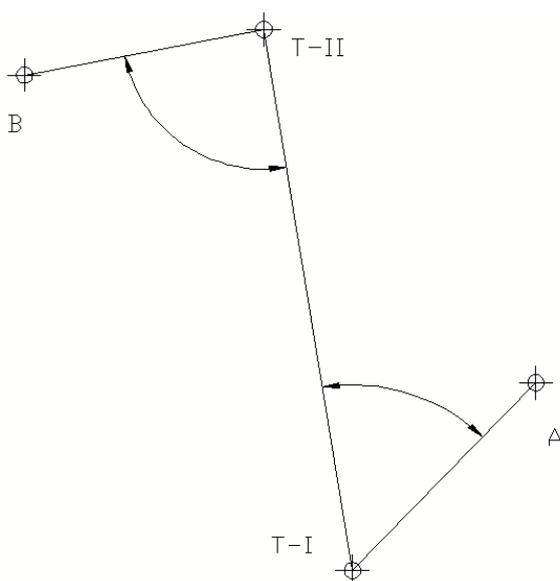
12. На листе ватмана формата А-4 в масштабе 1:500 с точностью до 0,1 м нанести точки I, II, А и В по их плоским геодезическим координатам и оформить чертеж в соответствии с условными обозначениями [1, 2, Приложение С]: точки I, II – пункты геодезических сетей; точки А, В – точки плановых съемочных сетей.

№ точки	X, м	Y, м
I	544,37	627,87
II	625,56	611,97
A	552,43	677,21
B	618,14	650,37

13. Выполнить расчет разбивочных углов в соответствии со схемой разбивки. Вычисление разбивочных углов оформить согласно [1, 2, п. 7.2, таблица 7.3].

Направление	Дирекционный угол
I-II	350° 47' 54"
I-A	43° 59' 30"
II-I	170° 47' 54"
II-B	259° 05' 18"

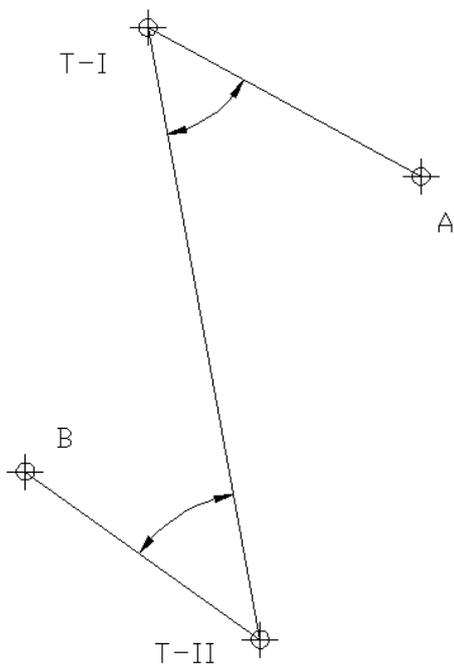
Схема разбивки:



14. Выполнить расчет разбивочных углов в соответствии со схемой разбивки. Вычисление разбивочных углов оформить согласно [1, 2, п. 7.2, таблица 7.3].

Направление	Дирекционный угол
I-II	169° 44' 34"
I-A	118° 57' 24"
II-I	349° 44' 34"
II-B	305° 58' 00"

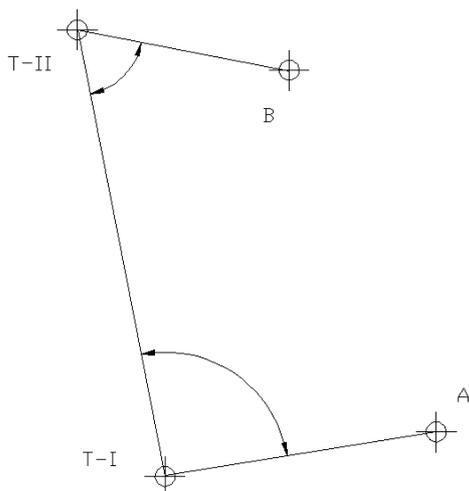
Схема разбивки:



15. Выполнить расчет разбивочных углов в соответствии со схемой разбивки. Вычисление разбивочных углов оформить согласно [1, 2, п. 7.2, таблица 7.3].

Направление	Дирекционный угол
I-II	348° 54' 57"
I-A	80° 43' 18"
II-I	168° 54' 57"
II-B	100° 56' 12"

Схема разбивки:



16. Вычислить прямоугольные координаты X и Y вершин полигона ABCN с контролем. Вычисления оформить в виде таблицы.

Решение прямых геодезических задач

Точка	Горизонтальный угол (правый по ходу)	Дирекционный угол	Сторона d, м	Приращения координат, м		Координаты, м	
				ΔX	ΔY	X	Y
A						515,30	514,50
		348° 15,2'	100,00				
B	90° 00'						
			100,00				
C	64° 50'						
			110,50				
N	115° 10'						
			53,00				
A	90° 00'						
		348° 15,2'					
B							
				$\Sigma \Delta X =$	$\Sigma \Delta Y =$		

17. Вычислить прямоугольные координаты X и Y вершин полигона ABCN с контролем. Вычисления оформить в виде таблицы.

Решение прямых геодезических задач

Точка	Горизонтальный угол (правый по ходу)	Дирекционный угол	Сторона d, м	Приращения координат, м		Координаты, м	
				ΔX	ΔY	X	Y
A						635,20	601,80
		175° 15,9'	100,00				
B	90° 00'						
			100,00				
C	64° 50'						
			110,50				
N	115° 10'						
			53,00				
A	90° 00'						
		175° 15,9'					
B							
				$\Sigma \Delta X =$	$\Sigma \Delta Y =$		

18. Вычислить прямоугольные координаты X и Y вершин полигона ABCN с контролем. Вычисления оформить в виде таблицы.

Решение прямых геодезических задач

Точка	Горизонтальный угол (правый по ходу)	Дирекционный угол	Сторона d, м	Приращения координат, м		Координаты, м	
				ΔX	ΔY	X	Y
A						510,80	621,70
		352° 35,5'	100,00				
B	90° 00'						
			100,00				
C	64° 50'						
			110,50				
N	115° 10'						
			53,00				
A	90° 00'						
		352° 35,5'					
B							
				$\Sigma \Delta X =$	$\Sigma \Delta Y =$		

Раздел 6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) имеет целью более глубокое изучение отдельных вопросов курса «Геодезия» и приобретение первичных навыков выполнения научных исследований. Задание на выполнение НИРС выдается преподавателем – руководителем геодезической практики тем студентам, которые успешно справляются с выполнением программы практики и желают повысить итоговый рейтинг. Работа завершается составлением дополнительного раздела отчета по практике. Результаты работы могут быть опубликованы в материалах студенческой научной конференции.

6.1. Перечень тем для выполнения НИРС

1. Исследование технических теодолитов 2Т30, 4Т30П [1, §16]:
 - определение увеличения зрительной трубы;
 - определение угла поля зрения;
 - определение минимального расстояния визирования.
2. Исследование электронного теодолита ТЕО20 [8, п. 8.1.1]:
 - определение увеличения зрительной трубы,
 - определение угла поля зрения,
 - определение минимального расстояния визирования.
3. Исследование уровенных нивелиров (ЗН-5Л, Н-3) [3, §37; 7, п. 71]:
 - определение увеличения зрительной трубы и угла поля зрения;
 - определение цены деления цилиндрического уровня;
 - определение средней квадратической погрешности определения превышения на станции [7, п. 71].
4. Исследование цифрового нивелира Leica Sprinter 50 [8, п. 8.3.2]:
 - определение увеличения зрительной трубы и угла поля зрения;
 - определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции;
 - определение предельной длины плеча нивелирования.
5. Исследование лазерного нивелира Лимка-Горизонт 2Л [8, п. 8.4.1]:
 - определение размеров лазерного пятна;
 - определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции.
6. Исследование лазерного нивелира Лимка-Горизонт КЛ [8, п. 8.4.2]:
 - определение размеров лазерного пятна;
 - определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции;
 - определение диапазона работы компенсатора.
7. Исследование точности измерения горизонтальных углов теодолитом ТЕО20 [5, п. 8.10; 7, §46].
8. Исследование точности измерения вертикальных углов теодолитом ТЕО20.
9. Исследование компенсатора нивелира ЗН-3КЛ [8, п. 2.5.4]:
 - определение диапазона работы компенсатора;

- определение систематической погрешности компенсатора.
- 10. Исследование компенсатора цифрового нивелира Leica Sprinter 50 [8, п. 2.5.4]:
 - определение диапазона работы компенсатора;
 - определение систематической погрешности компенсатора.
- 11. Сравнительный анализ разных способов поверки главного условия цифрового нивелира [8, п. 8.3.1].
- 12. Сопоставление различных способов проверки главного условия оптического нивелира (способа двойного нивелирования «вперед» и способа сочетания нивелирования «из середины» и нивелирования «вперед») [3, §36].
- 13. Исследование точности измерения расстояний нитяным дальномером [2, §44; 3, §31].
- 14. Сравнение точности определение неприступного расстояния способом базисов и электронным тахеометром [8, п. 3.4, п. 8.2.2].
- 15. Сравнение точности построения сетки квадратов на местности с помощью теодолита и электронного тахеометра [8, п. 4.5.1, п. 8.2.2].
- 16. Сравнение точности построения линии заданного уклона нивелиром и теодолитом [8, п. 3.6].
- 17. Сравнение точности передачи отметки на дно котлована (монтажный горизонт) методами геометрического и тригонометрического нивелирования [4, §87; 3, §39; 6, п. 15.4; 1, п. 16; 7, п. 95; 6, пп. 15.4, 20.4].
- 18. Сравнение аналитического и графоаналитического способов подсчета объемов земляных работ [3, §66].
- 19. Сравнение точности построения на местности проектного горизонтального угла оптическим и электронным теодолитом [8, п. 3.7, п. 7.3].
- 20. Исследование точности передачи осей на монтажный горизонт с помощью лазерного прибора вертикального проецирования Лимка-Зенит [8, п. 8.4.1].
- 21. Исследование точности вертикального проецирования с использованием лазерного визира ЛВТ-30.
- 22. Сравнение точности выноса проектной отметки оптическим нивелиром 3Н-5Л и лазерным нивелиром ЛИМКА [8, п. 3.5, п. 8.4.1].
- 23. Сравнение точности вертикального проецирования с помощью теодолита 4Т-30П и лазерного визира Лимка ЛВТ [8, п. 8.4.3].
- 24. Сравнение точности детальной разбивки круговых кривых разными способами [8, п. 3.9].

6.2. Рекомендации по выполнению НИРС

Ниже приведен общий план, которого следует придерживаться при выполнении научно-исследовательской работы.

- 1) Изучение специальной научной и технической литературы, нормативных документов, руководств и инструкций по теме исследований.
- 2) Разработка подробной программы исследований.
- 3) Предварительная обработка полученных материалов исследований.
- 4) Систематизация и анализ полученных результатов.
- 5) Выводы и обобщения по результатам исследований.

б) Оформление результатов исследований – написание дополнительного раздела отчета по практике.

6.3. Список рекомендуемой литературы

1. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: учебное пособие для вузов / В. Ф. Лукьянов [и др.]. – М. : Недра, 1990.
2. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г. В. Багратуни [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1984.
3. Курс инженерной геодезии: учебник для вузов / Под ред. В. Е. Новака. – М. : Недра, 1989.
4. Кулешов, Д. А. Инженерная геодезия для строителей: учебник для вузов / Д. А. Кулешов, Г. Е. Стрельников. – М. : Недра, 1990.
5. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г. А. Федотов. – М. : Высшая школа, 2007.
6. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е. Б. Ключин [и др.]. – М. : Издат. центр «Академия», 2004.
7. Куштин, И.Ф. Инженерная геодезия: учебник / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону : Изд-во «Феникс», 2002.
8. Азаров, Б. Ф. Геодезическая практика: учебное пособие / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, Г. И. Мурадова [и др.]. – 3-е изд, испр. и доп. – СПб. : Изд-во «Лань», 2015. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, Б. Ф. Геодезическая практика: учебное пособие / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, Г. И. Мурадова [и др.]. – 3-е изд, испр. и доп. – СПб. : Изд-во «Лань», 2015. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>.
2. Азаров, Б. Ф. Геодезическая практика: учебное пособие для вузов / Б. Ф. Азаров, И. В. Карелина, О. Н. Романенко, Л. И. Хлебородова; под ред. Б. Ф. Азарова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2014. – 249 с. [Электронная библиотека системы АлтГТУ] – Режим доступа : <http://elib.altstu.ru/elib/main.htm>.
3. Геодезия: учебник для вузов / В. Ф. Перфилов, Р. Н. Скогорева, Н. В. Усова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2008.
4. ГКИНП 02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/53/53294/index.php#i863952/.
5. Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение: учебное пособие для вузов / В. Е. Дементьев. – Изд. 2-е. – М.: Академический проект, 2008.
6. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е. Б. Ключин [и др.], под ред. Д. Ш. Михелева. – М. : Высшая школа, 2004.
7. Инструкций по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М., 1999. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/49/49470/index.htm.
8. Косыков, Б. И. Справочное пособие по съемке городов / Б. И. Косыков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1986.
9. Куштин, И. Ф. Инженерная геодезия: учебник / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону : Изд-во ФЕНИКС, 2002.
10. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов / В. В. Баканов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1983.
11. Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/48/48054/index.htm.
12. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2005.
13. Учебное пособие по геодезической практике / В. Ф. Лукьянов [и др.]. – М. : Недра, 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ	3
Раздел 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ: УСТРОЙСТВО, ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ, ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ	5
1.1. Приборы для измерения углов	5
1.1.1. Устройство теодолитов	6
1.1.2. Поверки и юстировки теодолитов	8
1.1.3. Выполнение измерений теодолитом	9
1.2. Приборы для измерения превышений	10
1.2.1. Устройство нивелиров	13
1.2.2. Поверки и юстировки нивелиров	14
1.2.3. Выполнение измерений нивелиром	17
1.3. Приборы для измерения длин линий.	18
1.4. Измерение длин линий рулетками	22
1.5. Контрольные задания по разделу	23
Раздел 2. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА МЕСТНОСТИ.	25
2.1. Определение высоты сооружения с использованием теодолита и рулетки	25
2.2. Определение крена сооружения с помощью теодолита и рейки	25
2.3. Определение прямолинейности ряда колонн методом бокового нивелирования	26
2.4. Определение неприступных расстояний способом базисов .	27
2.5. Вынос на местность проектной отметки горизонтальным лучом прибора	28
2.6. Построение линии заданного уклона наклонным лучом прибора	29
2.7. Построение на местности проектного угла и проектного отрезка	30
2.8. Контрольные задания по разделу	32
2.8.1. Перечень теоретических вопросов	32
2.8.2. Практические задания к разделу	33

Раздел 3.	СОЗДАНИЕ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ. ТЕОДОЛИТНАЯ И ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА . . .	44
	3.1. Создание съемочного обоснования и его виды	44
	3.1.1. Измерения при создании планового обоснования	46
	3.1.2. Измерения при создании высотного обоснования	47
	3.2. Теодолитная съемка местности	47
	3.3. Тахеометрическая съемка местности	50
	3.3.1. Общие сведения о тахеометрической съемке	50
	3.3.2. Выполнение измерений при производстве тахеометрической съемки	51
	3.3.3. Обработка измерений, выполненных при тахеометрической съемке	52
	3.4. Составление топографического плана	53
	3.4.1. Способы построения координатной сетки	54
	3.4.2. Составление плана тахеометрической съемки	54
	3.4.3. Оформление топографического плана	55
	3.5. Контрольные задания по разделу	56
	3.5.1. Перечень теоретических вопросов	56
	3.5.2. Практические задания к разделу	57
Раздел 4.	ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ	70
	4.1. Разбивка и закрепление сетки квадратов на строительной площадке	71
	4.2. Высотная привязка и определение отметок вершин сетки квадратов	72
	4.3. Построение плана нивелирования строительной площадки	73
	4.4. Проектирование оформляющих плоскостей строительной площадки под условием баланса земляных масс	75
	4.5. Контрольные задания по разделу	79
	4.5.1. Перечень теоретических вопросов	79
	4.5.2. Практические задания к разделу	80

Раздел 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДАННЫХ И РАЗБИВ- ВОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТНОСТИ	92
5.1. Основные сведения о геодезической подготовке проекта .	92
5.2. Пример подготовки данных для выноса объекта на мест- ность и составления схемы разбивки	94
5.3. Расчет разбивочных элементов для выноса объекта на местность и составление разбивочного чертежа	98
5.4. Контрольные задания по разделу	100
5.4.1. Перечень теоретических вопросов	100
5.4.2. Практические задания к разделу	101
 Раздел 6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	
	111
6.1. Перечень тем для проведения НИРС.	111
6.2. Рекомендации по выполнению НИРС	112
6.3. Список рекомендуемой литературы	113
 ЛИТЕРАТУРА	114
 СОДЕРЖАНИЕ	115

**Азаров Борис Федотович,
Карелина Ирина Владимировна**

УЧЕБНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Производитель электронного издания:

ООО «МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭЛЕКТРОННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»,
656043, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, 40

Носитель - CD-R. Тираж 30 экз. Заказ № 18011

Сайт: <http://mceor.ru/>
E-mail: einfo@mail.ru

Электронное издательство «Виртуальная литература»
Связаться с издательством: <http://stashko.ru/author>
Заказать издание: +79230097208

Наши издания на ЛитРес: <http://stashko.ru/litres1>

ЛитРес:

**ОДИН КЛИК ДО САМОГО
ИНТЕРЕСНОГО!**