

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

В. А. Калюжин

**НИВЕЛИРОВАНИЕ,
ГОРОДСКАЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЯ
И ЦИФРОВАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия для обучающихся
по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры
(уровень бакалавриата)

Новосибирск

СГУГиТ

2025

УДК 528

К17

Рецензенты: кандидат технических наук, глава администрации Октябрьского района г. Новосибирска *Ф. В. Каравайцев*

доктор технических наук, директор Института кадастра и природопользования СГУГиТ *А. В. Дубровский*

Калюжин, В. А.

К17 Нивелирование, городская полигонометрия и цифровая топографическая съемка : учебно-методическое пособие / В. А. Калюжин. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 80 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907998-40-7

Учебно-методическое пособие подготовлено кандидатом технических наук, доцентом В. А. Калюжиним на кафедре геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ.

В учебно-методическом пособии рассмотрены технологическая поверка нивелиров и электронных тахеометров, производство работ по нивелированию III класса, городской полигонометрии и автоматизированной тахеометрической съемке и методические указания по выполнению пяти лабораторных работ по дисциплине «Геодезия». Приведены примеры ведения журналов нивелирования III класса, измерения горизонтальных углов двумя способами, а также рассмотрено формирование кодовых строк в компактной системе полевого кодирования топографической информации при выполнении автоматизированной тахеометрической съемки.

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Геодезия» предназначено для обучающихся 2-го курса по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата).

Рекомендовано к изданию кафедрой геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ, Ученым советом Института кадастра и природопользования СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528

ISBN 978-5-907998-40-7

© СГУГиТ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Технологическая поверка геодезических приборов	7
1.1. Штативы	7
1.2. Точные нивелиры и нивелирные рейки	10
1.3. Электронные тахеометры и визирные марки	18
1.4. Лабораторная работа № 1. Технологическая поверка точных нивелиров и нивелирных реек	25
1.5. Лабораторная работа № 2. Технологическая поверка электронных тахеометров и комплекта визирных марок	31
2. Нивелирование III класса и городская полигонометрия	44
2.1. Методика нивелирования III класса	44
2.2. Методики измерения направлений и длин сторон в полигонометрии	45
2.3. Лабораторная работа № 3. Производство нивелирования III класса	47
2.4. Лабораторная работа № 4. Измерения направлений и длин сторон в городской полигонометрии	53
3. Цифровая топографическая съемка местности тахеометрическим методом	62
3.1. Компактная система полевого кодирования в «ТИМ КРЕДО ДАТ»	62
3.2. Лабораторная работа № 5. Автоматизированная тахеометрическая съемка	66
Заключение	72
Библиографический список	73
Приложение 1. Образец титульного листа отчета	74
Приложение 2. Образец оглавления отчета по лабораторной работе № 1 и 2	75
Приложение 3. Образец оглавления отчета по лабораторной работе № 3 и 4	76
Приложение 4. Образец оглавления отчета по лабораторной работе № 5	77
Приложение 5. Коды топографических объектов	78
Приложение 6. Фрагмент топографического плана масштаба 1 : 500	79

ВВЕДЕНИЕ

Специалист по землеустройству и кадастрам в своей профессиональной деятельности создает геодезические сети сгущения, съемочные обоснования, топографические планы и устанавливает на местности границы объектов кадастрового учета и объектов землеустройства. При этом он применяет современные геодезические приборы и системы. Это оптико-механические и цифровые нивелиры, электронные тахеометры и др.

В этой связи формирование у обучающихся практических навыков работы современными геодезическими приборами в процессе кадастровой деятельности является актуальной задачей.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, основной образовательной программой высшего образования – программой бакалавриата по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, профиль «Кадастр недвижимости» и рабочей программой дисциплины «Геодезия».

Целью учебно-методического пособия является формирование у обучающихся профессиональной компетенции – способности проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств.

К задачам относится:

- получение практических навыков выполнения технологической поверхки оптико-механических и цифровых нивелиров, и электронных тахеометров;
- получение практических навыков выполнения нивелирования III класса и в развитии городской полигонометрии;

– получение практических навыков выполнения автоматизированной тахеометрической съемки с применением систем полевого кодирования топографической информации.

Учебно-методическое пособие опирается на учебные издания [1, 9], руководства пользователя по «ТИМ КРЕДО ДАТ» и современные нормативно-технические документы в сфере геодезии [2–7].

Учебно-методическое пособие состоит из трех разделов и шести приложений.

Первый раздел посвящен технологической поверке геодезических приборов, в том числе геодезических штативов. В первой части представлены основные теоретические положения, а во второй – лабораторные работы № 1 и 2 соответственно по проведению технологической поверки нивелиров Pentax AP-224 и Sprinter 50 и электронного тахеометра GTS-236N.

Второй раздел посвящен производству работ по нивелированию III класса и городской полигонометрии. В первой части приведены основные сведения о методиках измерений и контроля на станции нивелирования III класса и городской полигонометрии. Во второй части представлены лабораторные работы № 3 и 4, связанные с развитием этих видов геодезических сетей. Здесь предполагается, что обучающиеся в лабораторной работе № 3 проложат нивелирный ход III класса, а в № 4 – выполняют измерения углов и длин сторон на станции полигонометрии с записью в память прибора. Завершается лабораторная работа № 4 экспортом-импортом данных в «ТИМ КРЕДО ДАТ».

Третий раздел посвящен производству автоматизированной тахеометрической съемки с применением компактной системы полевого кодирования топографической информации. В первой части рассмотрена методика автоматизированной тахеометрической съемки. Здесь особое внимание уделено компактной системе полевого кодирования. Во второй части обучающиеся в рамках лабораторной работы № 5 выполняют автоматизированную тахеометрическую съемку и формируют цифровую модель местности в «ТИМ КРЕДО ДАТ».

В прил. 1 представлен образец титульного листа отчета. В прил. 2, 3 и 4 представлены оглавления отчетов по лабораторным работам. В прил. 5

приведены некоторые коды топографических объектов, а в прил. 6 – фрагмент топографического плана масштаба 1 : 500.

Для закрепления практических навыков в каждой лабораторной работе предусмотрено индивидуальное задание, а для самопроверки овладения практическими навыками обучающимся предлагается ответить на контрольные вопросы.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОВЕРКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Технологическая поверка – это комплекс мероприятий, направленных на оценку технического состояния и пригодности геодезических приборов для выполнения топографо-геодезических работ. Результаты технологической поверки позволяют определить потребность в обслуживании и ремонте прибора; учесть инструментальные погрешности в процессе измерений и выбрать оптимальную методику и/или технологию выполнения геодезических работ [5].

Таким образом, технологическая поверка геодезических приборов имеет большое значение для обеспечения точности и достоверности проводимых измерений.

Общий порядок проведения технологической поверки геодезических приборов включает следующие процессы [5]:

- подготовка прибора;
- внешний осмотр;
- проверка механико-технологических условий;
- проверка геометрических условий;
- исследование (-я);
- оформление результатов.

Подготовка прибора заключается в закреплении на штативе и приведении его в рабочее положение. До этого производят внешний осмотр и подготовку к эксплуатации штатива.

1.1. Штативы

Штативы для геодезических приборов изготавливают двух видов [3]:

- а) ШН – штатив нераздвижной с тремя ножками постоянной длины;
- б) ШР – штатив раздвижной с тремя ножками переменной длины.

Штатив раздвижной с тремя ножками переменной длины представлен на рис. 1.

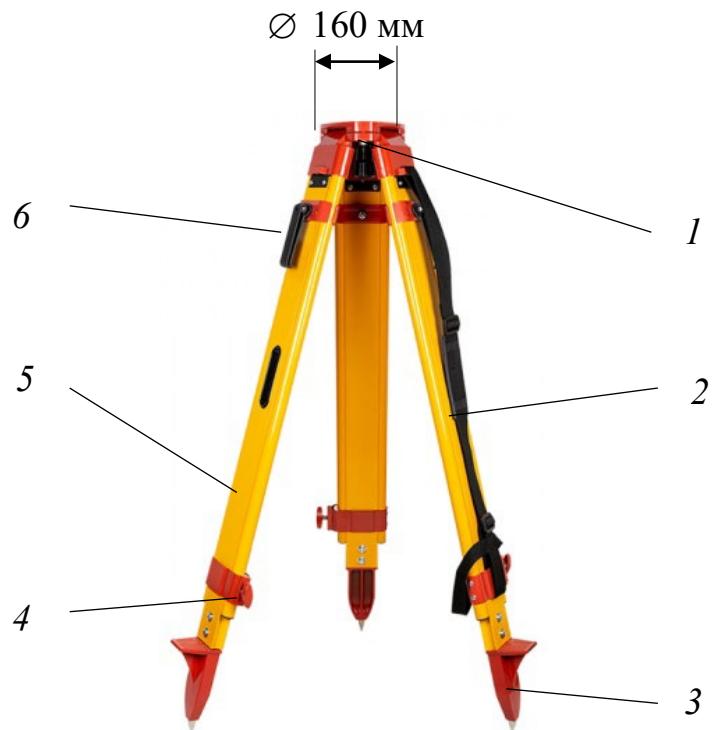


Рис. 1. Штатив раздвижной
с тремя составными ножками переменной длины (ШР-160):

1 – головка; 2 – ремень; 3 – наконечник и упор ножки; 4 – зажим винтовой;
5 – составная ножка переменной длины; 6 – зажим в виде клипсы

В маркировке штативов отображается вид и размер головки штатива. Размер номинального диаметра головки штатива (диаметр окружности, описанной вокруг верхней плоскости головки) может быть 120, 140, 160, 180 или 200 мм [3].

Штативы вида ШН в основном предназначены для высокоточных, а ШР – для точных и технических геодезических приборов.

Ножки штатива могут быть деревянными (из пород древесины: дуб, бук, ясень, клен, граб, береза), пластмассовыми, алюминиевыми. С целью защиты от воздействия атмосферных осадков и влаги их покрывают специальными красками и лаками.

Перед эксплуатацией штатива производят внешний осмотр и подготовку. При внешнем осмотре обращают внимание на общее состояние штатива, наличие маркировки, механических воздействий, ремней для за-

крепления ножек и для переноса и исправность зажимных и регулирующих винтов.

Подготовка штатива для эксплуатации заключается в проверке следующих технических требований:

– толщина просвета между ребром лекальной линейки (рис. 2, *a*) и плоскостью головки штатива (неплоскостность) не должна превышать 0,3 мм. Толщину просвета измеряют с помощью набора измерительных щупов (рис. 2, *б*);



Рис. 2. Образцовые средства

для определения неплоскостности верхней плоскости головки штатива:

а) – линейка лекальная; *б*) – набор измерительных щупов

– торец становового винта в свободном состоянии не должен выступать над плоскостью головки штатива;

– станововой винт должен позволить центрировать штатив нитяным отвесом и не создавать помех при центрировании оптическим (лазерным) центриром;

– закрепительные винты фиксированных частей ножек, наконечников, ремней должны быть прикручены. Если это требование не выполняется, то их следует подтянуть;

– выдвижение составной части ножек должно быть легким и плавным;

– зажимной винт у каждой ножки должен надежно фиксировать требуемое положение составной (выдвижной) части;

– после разведения ножек штатива их положения должны сохраняться. Если происходит самопроизвольное изменение угла наклона ножек, то нужно подтянуть зажимные болты, расположенные в нижней части головки штатива. Закручивая или откручивая болт, необходимо добиться требуемой плавности и жесткости вращения ножки в шарнирах.

1.2. Точные нивелиры и нивелирные рейки

После подготовки штатива к эксплуатации производят внешний осмотр, проверку механико-технологических и геометрических условий и проводят исследования компенсатора и точности нивелира [1, 4, 5].

Внешний осмотр начинают с проверки внешнего вида кейса и комплектности нивелира, которая должна соответствовать руководству пользователя (паспорту) прибора. Затем визуально осматривают корпус, зажимные и юстировочные винты. Завершают внешний осмотр проверкой чистоты оптических деталей зрительной трубы, зеркала (призмы) и внешним состоянием круглого уровня (рис. 3, 4).

Нивелир закрепляют на штативе и переходят к проверке механико-технологических условий путем опробования, при этом обращают внимание на следующее: ход вращающихся частей прибора должен быть плавным; положение нивелира на штативе должно быть устойчивым; компенсатор должен быть исправен; зеркало и механизм его вращения должны быть исправны и юстировочные винты круглого уровня и сетки нитей зрительной трубы должны занимать среднее положение [1, 5]. У нивелира Pentax AP-224 они расположены перед окуляром под защитным колпачком (см. рис. 3), а у нивелира Sprinter 50 – под окуляром в отверстии корпуса нивелира (см. рис. 4).

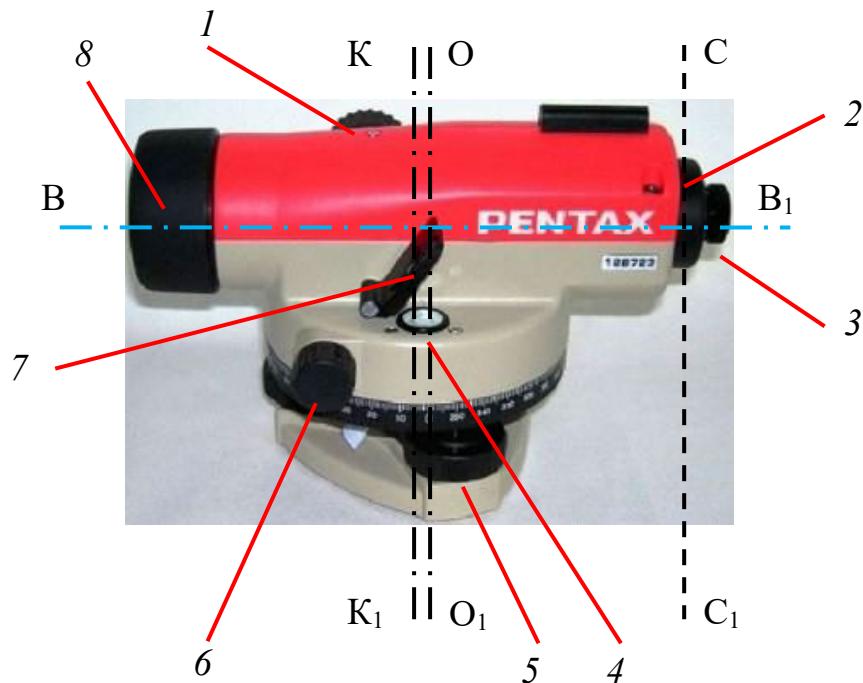


Рис. 3. Оптико-механический нивелир Pentax AP-224:

1 – кремальера (фокусирующий винт) зрительной трубы; 2 – защитный колпачок; 3 – окуляр зрительной трубы; 4 – круглый уровень; 5 – подъемный винт; 6 – бесконечный микрометренный винт; 7 – зеркало; 8 – объектив зрительной трубы



Рис. 4. Цифровой нивелир Sprinter 50:

1 – объектив зрительной трубы; 2 – кремальера (фокусирующий винт) зрительной трубы; 3 – кнопка для запуска измерения; 4 – бесконечный микрометренный винт; 5 – переключатель; 6 – основание трегера; 7 – подъемный винт; 8 – юстировочный винт сетки нитей зрительной трубы; 9 – круглый уровень; 10 – призма; 11 – окуляр зрительной трубы

Основные технические характеристики точных нивелиров Pentax AP-224 и Sprinter 50 представлены в табл. 1.

У нивелиров проверяют три геометрических условия [1]:

1) ось круглого установочного уровня должна быть параллельна оси прибора: $KK_1 \parallel OO_1$ (см. рис. 3);

2) вертикальная сетка нитей зрительной трубы должна быть параллельна оси прибора: $CC_1 \parallel OO_1$ (см. рис. 3);

3) визирная ось зрительной трубы нивелира с компенсатором, установленным в рабочее положение, должна быть горизонтальной или угол i между горизонтальной плоскостью (ГП) и визирной осью зрительной трубы не должен превышать $10''$: $\angle \text{ГП} \wedge \text{ВВ}_1 \leq 10''$ (см. рис. 3).

Таблица 1

Основные технические характеристики точных нивелиров

Наименование	Pentax AP-224	Sprinter 50
Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода, мм	1,5	2,0
Увеличение зрительной трубы, крат	28	24
Изображение	Прямое	Прямое
Цена деления круглого уровня, $1/2$ мм	10	10
Диапазон работы компенсатора, $'$	± 15	± 10
Систематическая погрешность компенсатора на $1'$ наклона вертикальной оси нивелира, $''$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	от -20 до $+50$	от -10 до $+50$

Угол i определяют одним из трех способов: нивелированием вперед; нивелированием из середины в сочетании с нивелированием вперед и разными плечами [1, 5].

Так как в цифровом нивелире Sprinter 50 реализован второй способ, рассмотрим его сущность.

Суть способа нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед исходит из самого названия: превышение измеряется дважды: в первый раз штатив устанавливают посередине между двумя рейками, а во второй раз штатив переносят к задней рейке. При этом берут отсчеты по средней нити сетки нитей зрительной трубы по задней **a** и передней **b** рейкам (рис. 5).

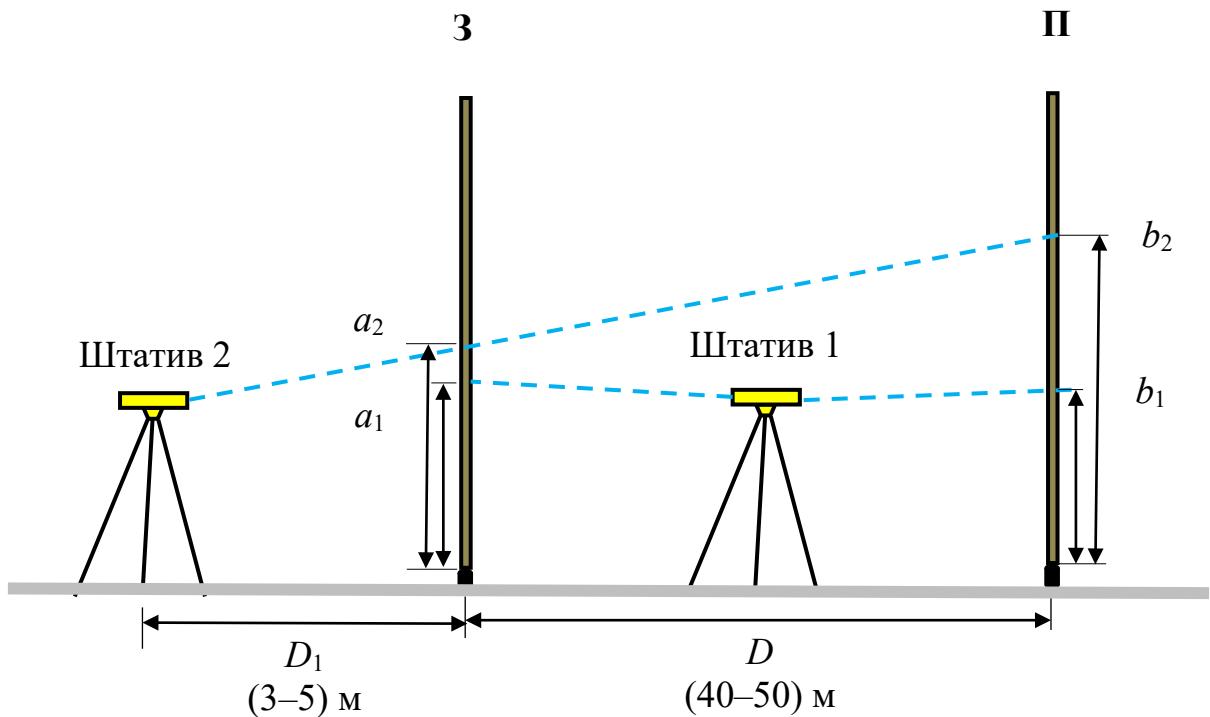


Рис. 5. Схема определения угла i способом нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед

Затем вычисляют превышения для каждой постановки штатива по формулам

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1; \\ h_2 &= a_2 - b_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Так как влияние угла i на отсчет по рейке по характеру является систематической погрешностью, то превышение h_1 будет максимально свободным от его влияния, т. е. h_1 можно принять за действительное значение превышения между рейками. Второе превышение из-за неравенства

расстояний на станции будет искажено по отношению к действительному значению превышения на величину X . Эта величина является влиянием угла i в линейной мере. Поэтому угол i вычисляют так:

$$i = \frac{h_1 - h_2}{D} \rho = \frac{X}{D} \rho, \quad (2)$$

где D – расстояние между рейками в миллиметрах; ρ – один радиан в секундах, $206\ 265''$.

Угол i определяют двумя приемами. Колебание значения угла i в приемах не должно превышать $5''$. Если среднее значение угла i превышает $10''$, тогда вычисляют правильный отсчет на переднюю рейку: $b'_2 = b_2 + X$. Затем с помощью исправительных винтов сетки нитей зрительной трубы нивелира устанавливают правильный отсчет. После этого проверку повторяют до выполнения условия ($i \leq 10''$).

Исследование компенсатора включает определения диапазона и систематической погрешности. Это исследование подробно рассмотрено в учебных изданиях [1, 9] и в инструкциях [4, 5], поэтому кратко изложим порядок определения систематической погрешности компенсатора.

На местности выбирают ровный участок, где устанавливают рейки на костыли. С ошибкой ± 10 см устанавливают нивелир в середине между рейками. Затем измеряют превышение при пяти положениях пузырька круглого уровня: первое положение: пузырек круглого уровня расположен в нуль-пункте; второе и третье положения: пузырек круглого уровня соприкасается с делением уровня спереди и сзади относительно нуль-пункта; четвертое и пятое положения: пузырек круглого уровня соприкасается с делением уровня слева и справа относительно нуль-пункта.

Вышерассмотренные действия составляют один прием. Таких приемов выполняют не менее двух. Между приемами изменяют высоту нивелира.

Для точных нивелиров это определение выполняют при расстояниях между рейками 10 и 75 м.

Систематическую погрешность вычисляют по формуле

$$\sigma_k = \frac{(h_{i+1} - h_i)}{D \cdot v} \rho, \quad (3)$$

где h_i, h_{i+1} – измеренные превышения при первом и $i + 1$ положении пузырька круглого уровня; v – цена деления круглого уровня.

Оценка точности нивелира производится путем сопоставления измеренного превышения h_i контрольного хода испытуемым нивелиром с эталонным значением h_3 . При этом должно выполняться условие

$$|h_i - h_3| \leq 3m_h \sqrt{L}, \quad (4)$$

где m_h – средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода испытуемого нивелира, мм; L – длина хода, км.

Контрольный нивелирный ход должен быть длиной не менее 1 км и закреплен долговременными центрами. Превышение должно быть известно со средней квадратической погрешностью (1–0,7) мм.

Для нивелирования III класса применяют нивелирные рейки типа РН-3. В комплект оптико-механических точных нивелиров входит пара деревянных цельных 3-метровых реек. Рейки имеют шашечную шкалу, нанесенную на обе стороны: на одной стороне черного, а на другой красного цвета. Пару реек подбирают так, чтобы разность высот нулей шкал по черной и красной сторонам реек составляла 100 мм.

В цифровых нивелирах применяют 4-метровые телескопические рейки. Они также являются двухсторонними: на одну сторону нанесена шашечная шкала, а на другую – штрих-кодовая (рис. 6).



Рис. 6. Штрих-кодовая телескопическая нивелирная рейка

Нивелирные рейки типа РН-3 снабжены накладными круглыми уровнями.

Технологическая поверка нивелирных реек включает следующие проверки: внешнего состояния, механико-технологических условий, геометрических условий и определения средней длины метровых интервалов и разностей высот нулей шкал пары реек [1].

Проверка внешнего состояния заключается в оценке внешнего состояния, шкал и пяток реек. На рабочей поверхности реек не должно быть больших пятен, царапин и отслаивания краски, затрудняющих взятие отсчета по рейке. Пятки должны быть надежно закреплены на корпусе реек и без щели между ними.

Механико-технологические условия проверяются путем опробования. Выдвижение частей телескопической рейки должно быть плавным, и фиксаторы должны надежно удерживать каждую часть рейки при производстве работ.

У телескопических реек проверяют одно геометрическое условие: ось накладного круглого уровня должна быть параллельна оси рейки.

Устанавливают нивелир от рейки на расстоянии 30–50 м. Затем рейку поворачивают ребром в сторону нивелира и по команде наблюдателя у прибора устанавливают ребро рейки параллельно вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы. Надежно закрепляют рейку в этом положении и с помощью исправительных винтов установочного круглого уровня приводят пузырек в нуль-пункт. Потом поворачивают рейку на 90° и повторяют вышеуказанные действия. Проверку выполняют до тех пор, пока отклонение пузырька установочного круглого уровня от нуль-пункта будет не более одного деления [1].

У деревянных цельных реек дополнительно определяют стрелку прогиба. Для этого рейку кладут ребром, а вдоль нее протягивают нить. Затем выполняют три промера от нити до плоскости рейки: в начале (a_1), в середине (a_2) и в конце (a_3) рейки.

Стрелу прогиба рейки f вычисляют по формуле [1, 4, 5]

$$f = a_2 - 0,5(a_1 + a_3). \quad (5)$$

Стрела прогиба деревянной цельной рейки не должна быть больше 6 мм.

Определение средней длины метрового интервала пары реек подробно рассмотрены в учебной литературе [1, 8], поэтому следует отметить некоторые процессы и особенности.

Метровые интервалы измеряют по черной и красной сторонам реек в прямом и обратном направлениях, при переходе на обратное направление контрольную линейку разворачивают на 180° . Каждый интервал измеряют дважды. Колебание значения интервала не должно превышать 0,10 мм. Если это выполняется, то вычисляют арифметическое среднее значение $l'_{\text{cp},i}$ и переходят к действительному значению так:

$$l_i = l'_{\text{cp},i} + \Delta_{kt}, \quad (6)$$

где $\Delta_{kt} = \frac{\Delta_k}{l_{\text{H}}} l'_{\text{cp},i} + \beta(t_i - t_k)$; Δ_k – поправка за компарирования контрольной линейки; l_{H} – номинальное значение контрольной линейки, 1 000,00 мм; β – температурный коэффициент инвара; t_i, t_k – средняя температура окружающего воздуха при измерении метрового интервала и при сравнении контрольной линейки с эталоном.

Среднее значение метрового интервала по каждой стороне реек определяют по формуле [1, 9]

$$\bar{l} = \frac{\sum l_i}{5,6}. \quad (7)$$

Среднее значение метрового интервала пары реек вычисляют как арифметическое среднее и сравнивают со значением, указанным в свидетельстве о поверке реек. Если колебание среднего значения метрового интервала пары реек не превышает 0,10 мм, то в обработку берут значение, указанное в свидетельстве о поверке.

Для определения разности высот нулей шкал по черной и красной сторонам реек устанавливают нивелир и на расстоянии 20–30 м забивают три костыля или колышка. Затем последовательно устанавливают рейки на костыли. При этом берут отсчет по средней нити по черной $a_{\text{ч}}^i$ и крас-

ной a_{κ}^i сторонам i -й рейки в комплекте. Разность высот нулей шкал вычисляют по формуле [1, 4, 5]

$$\Delta \tilde{H}_i = a_{\kappa}^i - a_{\chi}^i. \quad (8)$$

За окончательное значение разности высот нулей шкал рейки принимают арифметическое среднее $\Delta \bar{H}_i$.

Разность высот шкал пары реек («пяточную разность») определяют по формуле

$$\Delta \bar{H}_0 = \Delta \bar{H}_1 - \Delta \bar{H}_2, \quad (9)$$

где $\Delta \bar{H}_1$, $\Delta \bar{H}_2$ – разность высот нулей шкал по черной и красной сторонам первой и второй реек в комплекте соответственно.

Полученные значения должны быть согласованы на уровне 1–2 мм со значениями, указанными в свидетельстве о поверки реек.

1.3. Электронные тахеометры и визирные марки

При проложении городской полигонометрии применяют точные электронные тахеометры [6, 7]. Для одного из представителей этого класса в табл. 2 представлены основные технические характеристики электронного тахеометра фирмы Торсон.

Таблица 2

Основные технические характеристики электронного тахеометра GTS – 236N

Наименование	Значение
Средняя квадратическая погрешность измерения углов, "	6
Средняя квадратическая погрешность измерения длин сторон, мм	$2 + 2D$ (км)
Увеличение зрительной трубы, крат	30
Диапазон работы компенсатора горизонтального и вертикального круга, '	± 3
Систематическая погрешность компенсатора, "	1
Наибольшее время работы при температуре 20 °C, час	10
Объем памяти, точка	24 000
Диапазон рабочих температур, °C	от –20 до +50

Технологическая поверка электронных тахеометров включает следующее: проверки внешнего состояния, механико-технологических и геометрических условий; исследования работы компенсатора и определение постоянной прибора (светодальномера) [1, 5].

Внешний осмотр и проверка механико-технологических условий проводятся таким же образом, как у нивелиров.

У электронных тахеометров проверяют семь геометрических условий [1]:

1) ось круглого уровня должна быть параллельна оси прибора: $KK_1 \parallel OO_1$ (рис. 7);

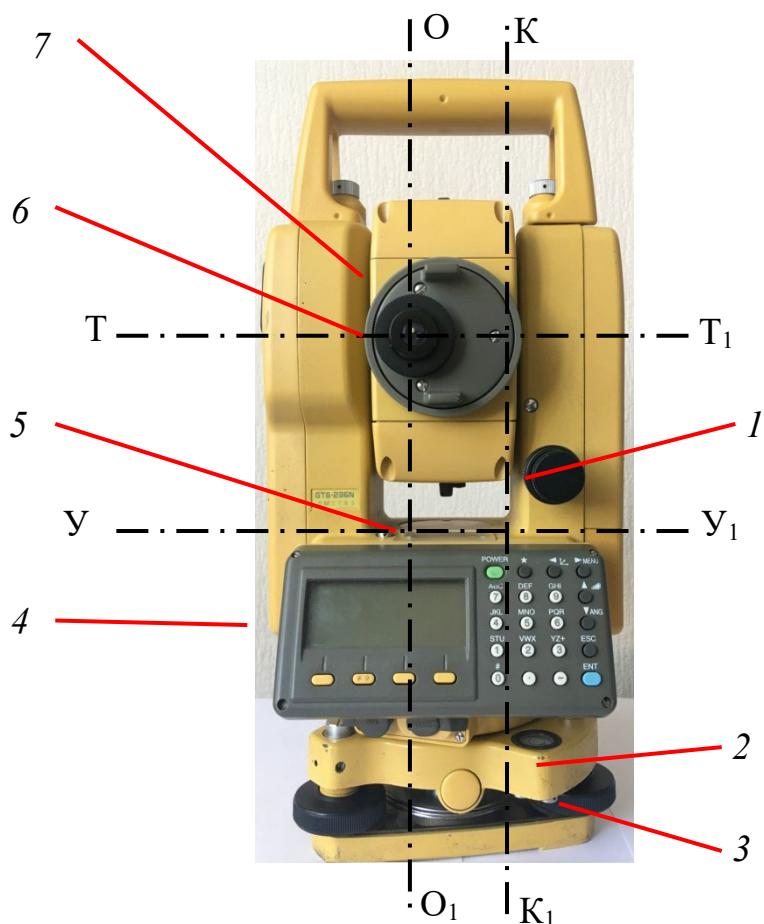


Рис. 7. Вид сзади электронного тахеометра GTS-236N:

1 – закрепительный и микрометренный винт вертикального круга; 2 – верхняя часть трегера; 3 – подъемный винт; 4 – панель управления; 5 – цилиндрический уровень; 6 – окуляр зрительной трубы; 7 – кремальера зрительной трубы

- 2) ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси прибора: $УУ_1 \perp ОО_1$ (см. рис. 7);
- 3) ось оптического отвеса должна совпадать с осью прибора: $ЦЦ_1 \cap ОО_1$ (рис. 8);
- 4) вертикальная нить сетки нитей зрительной трубы должна быть параллельна оси прибора: $СС_1 \parallel ОО_1$ (см. рис. 8);

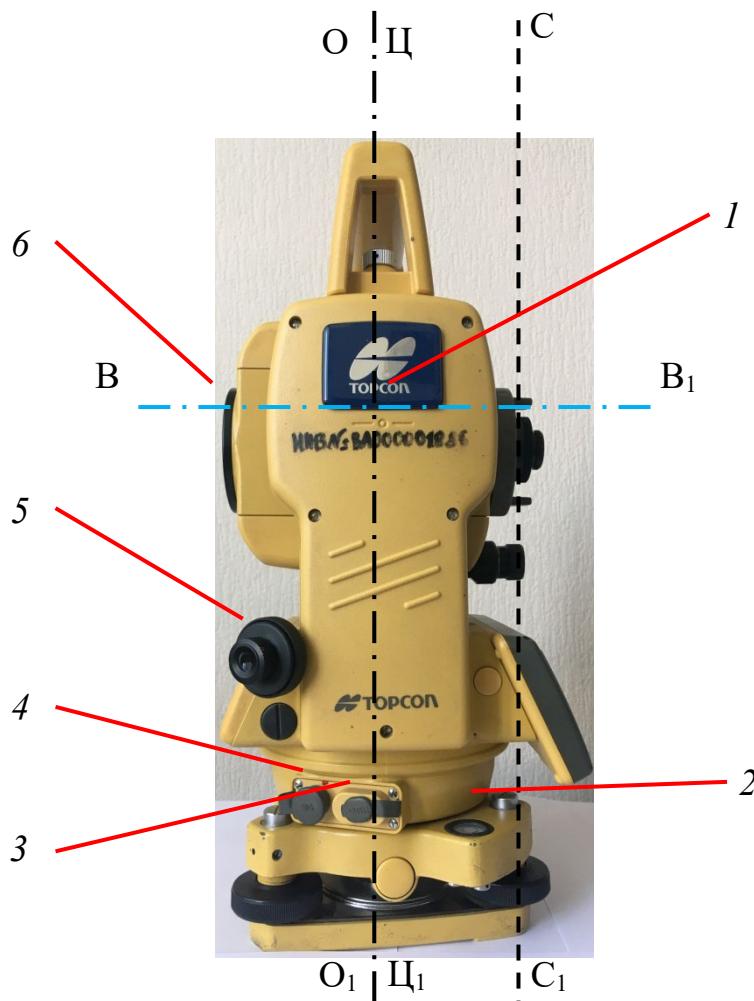


Рис. 8. Вид слева электронного тахеометра GTS-236N:

1 – метка для измерения высоты прибора; 2 – круглый уровень; 3 – разъем для подключения внешнего аккумулятора; 4 – разъем для присоединения к СОМ-порту; 5 – окуляр оптического отвеса; 6 – объектив зрительной трубы

- 5) визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы: $ВВ_1 \perp ТТ_1$ (см. рис. 7, 8). Отклонение от перпендикуляр-

ности принято называть коллимационной ошибкой C , ее значение вычисляют по формуле

$$C = \frac{КЛ - КП}{2} \pm 180^\circ \leq 20'', \quad (10)$$

где КЛ и КП – отсчет по горизонтальному кругу при вертикальном круге слева и справа соответственно.

Здесь визируют на марку, которая должна быть расположена примерно на уровне высоты прибора и удалена на предполагаемое среднее расстояние стороны в полигонометрическом ходе;

6) место нуля (место зенита) вертикального круга должно быть постоянным и близким к нулю

$$МО(MZ) = \frac{КЛ + КП}{2} \pm 180^\circ (360^\circ) \leq 20''. \quad (11)$$

Здесь также визируют на удаленную марку, расположенную примерно на высоте прибора. Отсчеты по вертикальному кругу берут при двух положениях круга (слева и справа);

7) ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси прибора: $TT_1 \perp OO_1$ (см. рис. 7). Отклонение от перпендикулярности этих осей (неравенство подставок, или НП) в электронных тахеометрах вычисляется по формуле

$$i = (C_2 - C_1 \sec \nu_2) \operatorname{ctg} \nu_2 \leq 20'', \quad (12)$$

где C_1, C_2 – коллимационная ошибка соответственно при визировании на марки, расположенные в одной вертикальной плоскости, с углами наклона $\nu_1 = 0^\circ$ и $\nu_2 > \pm 20^\circ$.

Вышеуказанные допустимые значения инструментальных погрешностей (C , **МО** и **НП**) соответствуют требованиям, предъявляемым к электронным тахеометрам серии GTS-236N. При использовании другого электронного тахеометра следует уточнить значения инструментальных погрешностей в руководстве пользователя.

Исследование работы компенсатора начинают с определения его диапазона. Диапазон определяют с помощью встроенного в электронный та-

хеометр электронного уровня и подъемных винтов [1, 9]. Значение диапазона должно быть не менее указанного в руководстве пользователя или в свидетельстве о поверке.

Завершают исследование работы компенсатора определением систематической погрешности. Для этого в пределах диапазона равномерно намечают 10–12 значений углов наклона в положительной и отрицательной областях работы компенсатора. Далее последовательно наклоняют ось электронного тахеометра на соответствующий угол, визируют на марку и берут отсчет по горизонтальному (вертикальному) кругу, проходя весь диапазон работы компенсатора в прямом и обратном направлениях.

Систематическую погрешность вычисляют по формуле [1, 9]

$$Q_k^{\pm} = \frac{\left[\Delta_i^{\pm} \right]}{2n^{\pm}}, \quad (13)$$

где $\Delta_i = \frac{\bar{a}_i - \bar{a}_0}{|v_i|}$; $\bar{a}_i = \frac{a_i^{\text{п}} + a_i^{\text{о}}}{2}$; n – количество отсчетов; \pm – положительное

и отрицательное значения угла наклона оси электронного тахеометра; $a_i^{\text{п}}$, $a_i^{\text{о}}$ – отсчеты по горизонтальному или вертикальному кругу в прямом и обратном ходах соответственно; \bar{a}_i , \bar{a}_0 – соответственно среднее значение из отсчетов $a_i^{\text{п}}$ и $a_i^{\text{о}}$ при наклоне оси прибора и нахождении оси прибора в отвесном положении.

Определение постоянной поправки светодальномера в полевых условиях выполняют в следующем порядке. Выбирают ровную площадку, где устанавливают в створ три штатива в точках **А**, **Б** и **В** (рис. 9).

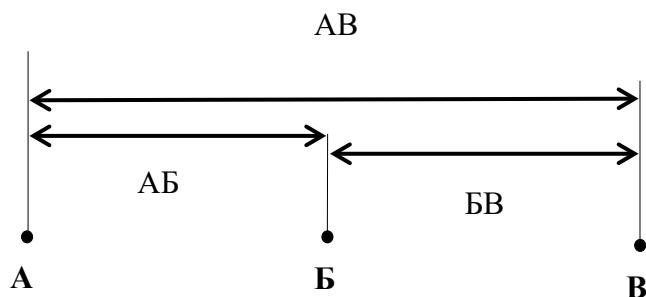


Рис. 9. Схема определения постоянной поправки светодальномера [1]

Измеряют три горизонтальных проложения не менее 10 раз. На основании средних значений отрезков (АБ; АВ и БВ) постоянную поправку светодальномера вычисляют так:

$$\text{ПП} = \text{AB} - (\text{AB} + \text{BV}). \quad (14)$$

Если значение постоянной поправки не превышает 3 мм, то ее не учитывают [1].

Здесь следует отметить, что определение постоянной поправки светодальномера выполняют после контроля поправки на отражатель (призму), который, как правило, производят на этапе технологической поверки комплекта визирных марок.

Комплект визирных марок состоит минимум из двух визирных марок (см. рис. 9), позволяющих реализовать трехштативную систему [1, 6].

Технологическая поверка комплекта визирных марок включает внешний осмотр, проверки механико-технологических и геометрических условий и контрольное определение поправки на отражатель (призму) [1].

Внешний осмотр и проверка механико-технологических условий выполняется таким же образом, как и для вышерассмотренных геодезических приборов и аксессуаров.

У визирной марки (рис. 10) проверяются следующие геометрические условия:

- 1) ось круглого уровня должна быть параллельна оси трегера: $\text{KK}_1 \parallel \text{OO}_1$;
- 2) ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси трегера: $\text{UU}_1 \perp \text{OO}_1$;
- 3) ось оптического отвеса должна совпадать с осью трегера: $\text{ЦЦ}_1 \cap \text{OO}_1$.

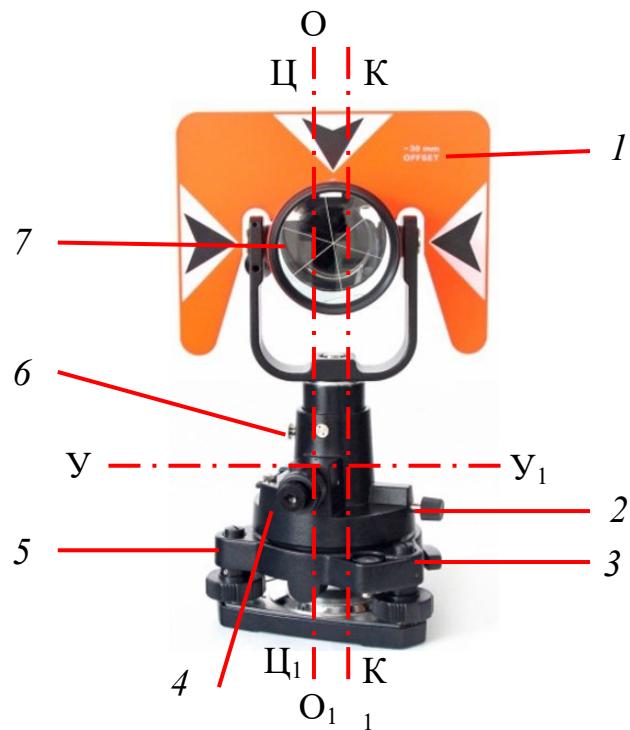


Рис. 10. Визирная марка:

1 – марка; 2 – зажимной винт адаптера; 3 – зажим трегера; 4 – окуляр оптического отвеса; 5 – трегер; 6 – адаптер; 7 – призма

Контроль поправки на отражатель (призму) производят путем сравнения длины отрезка, измеренного компарированной рулеткой (30 м) S_p и электронным тахеометром $S_{\text{эт}}$:

$$\text{ПО} = S_p - S_{\text{эт}}. \quad (15)$$

Если новое значение поправки на отражатель отличается от nominalного значения, указанного в руководстве пользователя (в свидетельстве о поверке), более чем на 3 мм, то в память электронного тахеометра вводится новое значение.

1.4. Лабораторная работа № 1. Технологическая поверка точных нивелиров и нивелирных реек

Цель работы: овладеть практическими навыками выполнения технологической поверки точных нивелиров и нивелирных реек.

Приборы и геодезические аксессуары: нивелир Pentax AP-224; нивелир Sprinter 50; комплект деревянных шашечных и штрих-кодовых реек; штатив; рулетка 30 м; деревянный треугольник для штатива; два башмака; шпилька и отвертка плоская (крестовая).

Последовательность выполнения работы

1. Совместная деятельность.

1.1. Произвести внешний осмотр и проверить механико-технологические условия у нивелира Pentax AP-224 (Sprinter 50) и нивелирных реек и дать заключения.

1.2. Проверить круглый уровень.

Установить на штативе нивелир и с помощью двух подъемных винтов привести пузырек уровня напротив третьего подъемного винта. Затем этим подъемным винтом переместить пузырек в нуль-пункт. Повернуть нивелир на 180° . Сфотографировать круглый уровень и поместить фотографию в табл. 3. Если пузырек выходит за пределы деления круглого уровня, то нужно с помощью юстировочных винтов переместить его на половину отклонения от нуль-пункта. Повторить проверку до тех пор, пока при повороте нивелира на 180° пузырек будет находиться в пределах деления круглого уровня. После этого сделать фотографию и поместить в табл. 3. Затем дать положительное заключение о проверке круглого уровня.

Таблица 3

Проверка установочного круглого уровня

Фотография круглого уровня	
До исправления	После исправления

1.3. Проверить сетку нитей зрительной трубы.

После установки нивелира и приведения его в рабочее положение в аудитории прикрепить на стену стикер на уровне высоты прибора. Отметить на стикере правый край горизонтальной сетки нитей зрительной трубы (рис. 11, *а*).

Повернуть прибор до левого края горизонтальной сетки нити и с помощью металлической линейки измерить расстояние между точкой и горизонтальной нитью (рис. 11, *б*). Если это расстояние более 2 мм, то необходимо выполнить юстировку сетки нитей. Открутить защитный колпачок (см. рис. 3). Слегка ослабить юстировочные винты. Путем вращения окулярного колена установить вертикальную нить сетки нитей в отвесное положение.

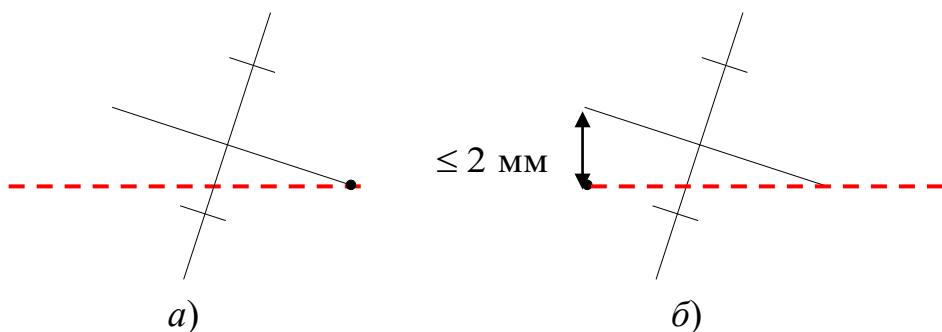


Рис. 11. Изображение сетки нитей при проверке:

а) – правый край сетки; *б*) – левый край сетки

Потом закрепить эти юстировочные винты и закрутить защитный колпачок. Результаты проверки поместить в табл. 4 и дать заключение.

Таблица 4

Проверка установки сетки нитей зрительной трубы

Изображение сетки нитей в окуляре зрительной трубы	
До исправления	После исправления

1.4. Определить угол i у оптико-механического и цифрового нивелиров. Угол i определить нивелированием из середины в сочетании с нивелированием вперед (подразд. 1.2). Результаты определения угла i у оптико-механического нивелира поместить в табл. 5 и дать заключение. Пример заключения: «Так как $i > 10''$, нужно вычислить правильный отсчет на переднюю рейку ($b'_2 = b_2 + X = 1570 + 3 = 1573$ мм) и установить его с помощью исправительных винтов сетки нитей зрительной трубы прибора».

Таблица 5

Определение угла i у оптико-механического нивелира

Дата 12.09.2025г.

Нивелир: Pentax AP-224

Время 10 ч. 35 мин.

№: 1186

$t = 20^{\circ}\text{C}$

$D = 50\ 000$ мм

Номер штатива	Обозначение	Отсчеты по сторонам реек, мм		Среднее превышение, мм
		черная	красная	
1	a_1	1410	6111	-314,5
	b_1	1725	6425	
	$h_1 = a_1 - b_1$	-315	-314	
2	a_2	1253	5952	-317,5
	b_2	1570	6270	
	$h_2 = a_2 - b_2$	-317	-318	

$$i = \frac{3}{50\ 000} 206\ 265 = +12,4''.$$

Определение угла i для цифрового нивелира Sprinter 50 выполнить в следующем порядке:

- 1) установить прибор посередине между рейками и привести в рабочее положение как нивелир, так и нивелирные рейки;
- 2) включить нивелир, выбрать клавишу MENU и программу «Юстировка» («Юстировка»);
- 3) навестись на заднюю рейку. Настроить четкость изображений в зрительной трубе сетки нитей и штрихов на штрих-кодовой рейке. При

этом вертикальная нить сетки нитей должна располагаться посередине штрих-кодовой рейки. Нажать на кнопку для запуска измерения;

4) поместить в табл. 5 отсчет по средней нити () и нажать на клавишу Enter (MENU);

5) навестись на переднюю рейку и повторить пп. 3, 4;

6) перенести штатив к задней рейке и повторить пп. 3–5;

7) поместить ниже табл. 5 значение угла i и X , а также дать заключение.

1.5. Определить разность нулей шкал нивелирных реек в соответствии с подразд. 1.2, а результаты записать в табл. 6.

Таблица 6

Определение разности нулей шкал по черной и красной сторонам реек

Номер костыля	Обозначение	Номер рейки	
		1	2
1	ч	1201	1198
	к	5900	5998
	к-ч	4699	4800
2	ч	1305	1303
	к	6006	6104
	к-ч	4701	4801
3	ч	1402	1398
	к	6102	6197
	к-ч	4700	4799
Среднее(\bar{H}_i)		4700	4800

Разность высот шкал пары реек: $\Delta\bar{H}_0 = \Delta\bar{H}_1 - \Delta\bar{H}_2 = -100$ мм.

2. Индивидуальное задание.

В индивидуальном задании при определении систематической погрешности было выполнено пять приемов.

Индивидуальное задание выполнить в следующем порядке:

– вычислить превышение для каждого положения пузырька круглого уровня и приема: $h = a - b$ и поместить результаты в столбец « h , мм» табл. 7;

Таблица 7

Определение систематической погрешности работы компенсатора

 $v = 8'$ $D = 60,0$ м

Номер	Пузырек уровня	Отсчет по рейке, мм		h , мм	σ_k , сек./мм
		a	b		
1	В центре	1504	1502	2	---
2		1402	1401	1	
3		1338	1335	2	
4		1606	1602	4	
5		1453	1451	3	
Среднее		1460,5	1458,1	2,4	
1	Вперед	1505	1502	3	0,15
2		1403	1401	3	
3		1339	1335	3	
4		1605	1602	3	
5		1452	1451	1	
Среднее		1461,0	1458,2	2,8	0,4
1	Назад	1505	1502	3	0,15
2		1403	1401	2	
3		1339	1336	3	
4		1605	1603	2	
5		1454	1450	4	
Среднее		1461,0	1458,2	2,8	0,4
1	Влево	1505	1502	2	0,10
2		1403	1400	3	
3		1336	1334	2	
4		1605	1602	3	
5		1453	1450	3	
Среднее		1460,3	1457,7	2,6	0,2
1	Вправо	1504	1499	4	0,13
2		1402	1401	1	
3		1338	1335	3	
4		1605	1603	1	
5		1453	1449	4	
Среднее		1460,1	1457,4	2,7	0,3

- вычислить арифметическое среднее превышение для каждого положения пузырька круглого уровня $\bar{h} = \frac{\sum h_i}{5}$ и поместить результаты в ячейку «Среднее» столбца « h , мм» табл. 7;
- для контроля вычисления \bar{h} вычислить арифметические средние значения отсчетов (\bar{a} и \bar{b}) для каждого положения пузырька круглого уровня. При контроле должно выполняться равенство $\bar{h} = \bar{a} - \bar{b}$;
- определить отклонение средних превышений \bar{h}_i от среднего превышения, когда пузырек расположен в нуль-пункте \bar{h}_l . Поместить результат вычисления в ячейку строки «Среднее» столбца « σ_k , сек./мм» табл. 7;
- вычислить систематическую погрешность работы компенсатора по формуле (3) и занести ее в столбец « σ_k , сек./мм» табл. 7, исключая случай, когда пузырек уровня находится в нуль-пункте;
- проанализировать значения систематической погрешности и дать заключение.

Пример заключения: «Значения систематической погрешности компенсатора находятся в диапазоне (0,10–0,15''), что в два-три раза меньше допустимого значения. Таким образом, нивелир отвечает требованиям, предъявляемым к точным нивелирам».

Содержание отчета

По завершении выполнения лабораторной работы каждый обучающийся представляет преподавателю отчет. Образец титульного листа и оглавления отчета соответственно представлены в прил. 1 и 2.

Отчет оформляется в текстовом редакторе типа Word. В последнем разделе отчета должны быть приведены ответы на контрольные вопросы в виде электронной копии рукописного текста. Кроме этого, обучающийся представляет расчеты по индивидуальному заданию в формате xls.

Контрольные вопросы

1. На что обращают внимание при внешнем осмотре и проверке механико-технологических условий у нивелиров и нивелирных реек?

2. Какие геометрические условия проверяют у нивелиров и нивелирных реек?
3. Какие исследования проводят у нивелиров и нивелирных реек?
4. Какие существуют способы определения угла i ?
5. В каком порядке определяют угол i в способе нивелированием из середины в сочетании с нивелированием вперед?
6. Как оценить точность нивелира в полевых условиях?
7. Как проверить установочный круглый уровень нивелира?
8. Как проверить установку сетки нитей зрительной трубы нивелира?
9. Как определить стрелку прогиба у деревянных цельных нивелирных реек?
10. Как определить разность высот нулей шкал пары реек в комплекте?
11. В каком порядке определяют средний метр пары реек?
12. В каком порядке определяют систематическую погрешность работы компенсатора нивелира?
13. Как проверить круглый уровень у нивелирных реек?
14. Как определить диапазон работы компенсатора нивелира?
15. Какое значение угла i допускается для высокоточных, точных и технических нивелиров?

1.5. Лабораторная работа № 2. Технологическая поверка электронных тахеометров и комплекта визирных марок

Цель работы: овладеть практическими навыками выполнения технологической поверки электронного тахеометра и визирных марок.

Прибор и геодезические аксессуары: электронный тахеометр GTS-236N; комплект визирных марок; три штатива; рулетка 30 м; три деревянных треугольника для штативов; шпилька и отвертка плоская (крестовая).

Последовательность выполнения работы

1. Совместная деятельность.
 - 1.1. Выполнить проверку цилиндрического уровня.

Проверку установки цилиндрического уровня (см. рис. 7) выполнить в следующем порядке:

- 1) привести в рабочее положение электронный тахеометр: расположить цилиндрический уровень (уровень) вдоль двух подъемных винтов и привести пузырек уровня в нуль-пункт; повернуть прибор напротив третьего подъемного винта; привести пузырек уровня в нуль-пункт;
- 2) повернуть прибор на 180° . Уточнить положение пузырька и сфотографировать цилиндрический уровень. Фотографию разместить в табл. 8;
- 3) если пузырек уровня отклоняется от нуль-пункта более двух делений, то с помощью исправительного винта произвести юстировку: путем вращения юстировочного винта переместить пузырек уровня на половину дуги отклонения пузырька от нуль-пункта;
- 4) повторно выполнить пп. 1–3 до тех пор, пока отклонение положения пузырька от нуль-пункта будет меньше или равно одному делению цилиндрического уровня. Фотографию результата повторной проверки поместить в табл. 8. Затем дать положительное заключение.

Таблица 8

Проверка цилиндрического уровня

Фотография уровня	
До исправления	После исправления

1.2. Выполнить проверку оптического отвеса.

Привести в рабочее положение на штативе электронный тахеометр и разместить планшет с чистым листом под штативом. Закрепить планшет.

Поворачивая прибор примерно на 120° , отметить на листе бумаги три положения оси оптического отвеса. В итоге может получиться треугольник. Его нужно сфотографировать и поместить в ячейку столбца «До исправления» в табл. 9.

Таблица 9

Результаты проверки и юстировки оптического отвеса

Положения оси оптического отвеса	
До исправления	После исправления

Размер треугольника не должен превышать 2 мм. Если это требование не выполняется, то нужно наметить на листе бумаги центр тяжести треугольника (середина линии). Далее с помощью юстировочных винтов окуляра оптического отвеса переместить перекрестье сетки нитей в этот центр. Затем повторять проверку до тех пор, пока не будет выполняться вышеуказанное требование.

По завершении проверки сделать фотографию положения оси оптического отвеса на листе бумаги и разместить в ячейку столбца «После исправления» табл. 10. Затем дать заключение.

1.3. Определить место нуля вертикального круга и инструментальные погрешности МО, С и НП.

Перед определением этих характеристик в аудитории нужно подготовить три точки: **А**, **Б** и **К**. Точки **А** и **Б** должны находиться в одной вертикальной плоскости. При этом точка **А** должна находиться на уровне горизонта прибора (0°), а точка **Б** – ниже горизонта на 20° . Точка **К** предназначена для контроля качества задания места нуля вертикального круга. Ее можно разместить вблизи точки **А** либо выбрать в аудитории любую визирную марку.

Закрепление точек **А**, **Б** и **К** выполнить в следующем порядке:

– установить электронный тахеометр (тахеометр) на штативе на удалении от стены 2–3 м. Привести тахеометр в рабочее положение и включить;

– при вертикальном круге слева (справа) расположить в горизонтальное положение зрительную трубу. Затем закрепить ее с помощью зажимного винта вертикального круга. Далее, вращая микрометренный винт этого круга, добиться отсчета по ВК = $0^\circ 00' 00''$ ($90^\circ 00' 00''$) $\pm 5''$. Зна-

чение отсчета по ВК зависит от выбранного варианта нулевого отсчета по вертикальному кругу (в надире или зените);

– прикрепить стикер на стене в поле зрения зрительной трубы и отметить перекрестье сетки нитей точкой – это точка **A**. На этом же стикере, ниже или выше точки **A**, отметить точку **K**;

– уточнить визирование на точку **A**. Открепить зрительную трубу и наклонить трубу на угол не менее -20° . Так же, как и точку **A**, на стикере отметить точку **B**.

1.3.1. Задать место нуля вертикального круга у электронного тахеометра GTS-236N следующим образом:

– нажать на клавишу **F1** и, не отпуская ее, включить тахеометр. В меню выбрать «**Место нуля ВК**» (**F1**). Навестись на точку **A** при вертикальном круге слева (при круге слева, или КЛ) и нажать на клавишу **F4** («**Ввод**»). Такие же действия выполнить при вертикальном круге справа (при круге справа, или КП). После этого тахеометр автоматически переходит в режим измерений;

Таблица 10

Оценка качества установки место нуля вертикального круга

Отсчеты по вертикальному кругу	
Наименование	Значение
КЛ	$089^\circ 59' 58''$
КП	$270^\circ 00' 10''$
Сумма	$360^\circ 00' 08''$

– оценить качество установки места нуля вертикального круга так: визировать на точку **K** либо на любую другую точку (визирную марку) в аудитории при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП). При этом помещать отсчеты по **ВК** в табл. 10. Отклонение суммы этих отсчетов от 180° (360°) не должно превышать $10''$. Если это условие не выполняется, то нужно повторно задать место нуля вертикального круга. Все повторные измерения также поместить в табл. 10. По завершении дать положительное заключение.

Пример заключения: «Место нуля вертикального круга установлено с требуемой точностью».

1.3.2. Определить у электронного тахеометра GTS-236N инструментальные погрешности МО, С и НП следующим образом:

- включить тахеометр с нажатой клавишей **F1**. В меню выбрать «**Проверка осей**» (**F3**) и «**Определение**» (**F1**);
- визировать при КЛ на точку **А** и выбрать «**Ввод**» (**F4**);
- перевернуть трубу через зенит, визировать при КП на точку **А** и выбрать «**Ввод**» (**F4**);
- открепить закрепительный винт вертикального круга, навестись при КП на точку **Б** и выбрать «**Ввод**» (**F4**);
- перевернуть зрительную трубу через зенит, наблюдать при КЛ точку **Б** и выбрать «**Ввод**» (**F4**).

В меню «**Проверка осей**» выбрать «**Список значений**» (**F2**) и переписать значения инструментальных погрешностей в табл. 11.

Таблица 11

Определение инструментальных погрешностей

Отсчеты по вертикальному кругу	
Наименование	Значение
МО	
С	
НП	

Если значения погрешностей не превышают $20''$, то дать положительное заключение. В ином случае выполнить повторные наблюдения точек **А** и **Б**.

1.4. Определить поправку на отражатель.

Определение поправки на отражатель выполняют путем сравнения измеренного расстояния компарированной металлической рулеткой и электронным тахеометром (подразд. 1.3). В зависимости от оснащения аудитории пунктами (центрами) рассмотрим два случая.

Случай 1. В аудитории не установлены пункты с принудительным центрированием.

Установить электронный тахеометр на удалении от отражателя (визирной марки) 5–10 м. Привести его в рабочее положение и под штатив положить чистый лист бумаги на планшете и надежно его закрепить. Затем на бумаге отметить точкой перекрестье сетки нитей оптического отвеса тахеометра и отражателя. Далее измерить расстояние между этими точками.

Случай 2. В аудитории установлены пункты с принудительным центрированием.

Пункты с принудительным центрированием представляют собой трубу диаметром 200–300 мм. К верхней части приварена пластина с отверстием под становую винт (рис. 12).

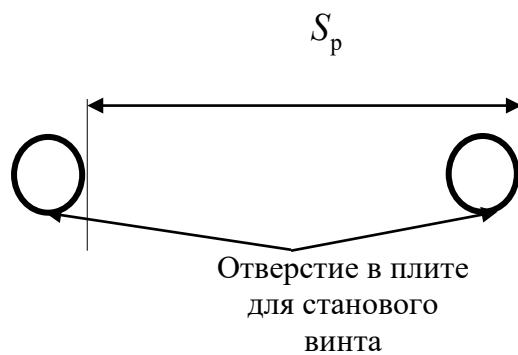


Рис. 12. Схема измерения расстояния между пунктами с принудительным центрированием

Измерить расстояние между правыми (левыми) краями отверстий в пластинах (рис. 12) тремя приемами. Между приемами сдвигать металлическую рулетку на 1–2 см. Прием включает следующие действия: натянуть компарированную металлическую рулетку и одновременно взять отсчет по правому (П) и левому (Л) краям металлической рулетки; вычислить длину как разность отсчетов (П – Л). Колебание значения длины между приемами не должно превышать 2 мм. Результаты измерений поместить в табл. 12 и здесь же вычислить арифметическое среднее значение длины.

Таблица 12

Измерение длины металлической рулеткой

Дата _____ 202_г.

Рулетка: _____

Время ____ ч ____ мин.

№: _____

 $t = \text{_____}^{\circ}\text{C}$

Прием	Отсчеты по рулетке, мм		П – Л, мм
	П	Л	
Среднее			

Измерение длины электронным тахеометром GTS-236N выполнить в следующем порядке:

1) привести в рабочее положение электронный тахеометр и визирную марку (отражатель). Затем измерить высоту прибора (H_i) и отражателя (H_v);

2) с нажатой клавишей **F2** включить прибор и задать единицы температуры и давления и режимы измерения расстояния:

– в меню выбрать «**F1: Единицы измер.**» и «**F1: Метео данные.**». В разделе «**Темпер-ра. и давление.**» выбрать $^{\circ}\text{C}$ (**F1**) и **OK** (**F4**), а потом – мм ртутного столба – **mmHg** (**F2**) и **OK** (**F4**). Затем выйти из этого раздела, нажав на клавишу **ESC**;

– в меню выбрать раздел «**F2: Режимы.**». Затем выбрать следующие типы режимов измерения расстояния: «**F1: При включении**» – «**Расстояние**» (**F2**); «**F2: Режим расст.**» – «**Точный**» (**F1**); «**F3:S+h или D**» – **S+h** (**F1**); «**F2: N-раз/непрерыв.**» – **N-раз** (**F1**) и «**F3: Кол. измерений**» – ввести число **10**; «**F3: Точн. расст.**» – **0,2 мм** (**F1**). Для отображения соответствующего типа режима на экране прибора следует выбирать команду **C↓** (**F4**), а чтобы сохранить соответствующий режим (параметр) в памяти прибора, нужно выбирать команду **OK**;

3) выключить и включить электронный тахеометр. Нажать на клавишу «*» и выбрать **ppm** (**F4**). Затем выбрать «**Призма**» (**F1**) и «**Ввод**» (**F1**). Ввести значение постоянной призмы **0,0** мм и нажать на клавишу **OK** (**F4**) либо **ENT**. Затем выбрать «**Метео**» (**F3**), «**Ввод**» (**F1**) и ввести температу-

ру ($^{\circ}\text{C}$) и давление (мм рт. ст.). После ввода значений нажимать на клавишу **ENT**. Чтобы перейти в режим измерений, дважды нажмите на клавишу **ESC**;

4) выбрать клавишу измерения координат  . Нажимая на клавишу **F4**, добиться отображения в нижней строке экрана прибора команд ввода высоты отражателя (H_v) и прибора (H_i). Выбирая соответствующую клавишу (**F1** или **F2**), ввести («Ввод») значения этих величин в метрах и сохранить (**OK**);

5) визировать на центр отражателя. Нажать на клавишу  и после длинного звукового сигнала записать арифметическое среднее значение длины горизонтального проложения **S** в табл. 13;

6) по формуле (15) вычислить поправку на отражатель (ПО). Если полученное значение поправки отличается от указанного в руководстве пользователя (свидетельстве о поверке) более чем на 3 мм, то принимается вычисленное значение. В противном случае используется значение, указанное в руководстве пользователя (в свидетельстве о поверке);

7) нажать на клавиши «*», **F4** и **F1**, потом ввести значение ПО и выбрать **OK (F4)**. Для контроля выполнить повторные измерения длины (п. 5). Измеренное горизонтальное проложение записать в табл. 13. Отклонение этого горизонтального проложения от длины, измеренное компарированной металлической рулеткой, не должно превышать 3,0 мм.

Таблица 13

Измерение длины электронным тахеометром GTS-236N

Дата	202	г.		№ прибора:	
Время	ч.	мин.		№ отражателя:	
$t =$	°C			$H_i =$	м
$P =$	мм рт. ст.			$H_v =$	м

Номер	Горизонтальное проложение, мм	
	При поправке на призму = 0,0 мм	После введения поправки на призму
Среднее		

1.5. Определить постоянную поправку светодальномера (прибора).

Ознакомиться с определением постоянной поправки прибора в полевых условиях (подразд. 1.3).

Если в аудитории имеются центры с принудительным центрированием, то последовательно установить на центры, расположенные в одном ряду, прибор и два отражателя (см. рис. 8). Затем выполнить горизонтирование и измерение их высот. Высота измеряется от верхней плоскости пластины трубы до метки у электронного тахеометра, а для отражателей – до середины горизонтальной оси марки.

В ином случае расположить прибор в точке **А**, а первый отражатель (визирную марку) – в точке **В** (см. рис. 8). Расстояние между точками должно быть в пределах 5–10 м. Тахеометр и первый отражатель привести в рабочее положение и совместить перекрестье сетки нитей зрительной трубы тахеометра с центром отражателя, т. е. задать створ. Далее установить в створе и посередине между прибором и первым отражателем третий штатив со вторым отражателем, т. е. в точке **Б** (см. рис. 8). Нестворность отражателя не должна превышать 2–3 см. После этого привести его в рабочее положение. Затем открутить станововой винт и, перемещая по головке штатива трегер с отражателем, добиться нестворности (0,5–1 см). Далее слегка прижать пальцами основание (пластины) трегера к головке штатива и аккуратно закрутить станововой винт. При необходимости привести пузырек цилиндрического (круглого) уровня в нуль-пункт.

Измерить высоту прибора и отражателей и записать их значения в рабочую тетрадь.

Измерения отрезков (см. рис. 8) выполнить в следующем порядке:

- 1) выбрать режим определения координат  и ввести значения H_v и H_i ;
- 2) визировать на центр отражателя, выбрать режим измерения горизонтальных проложений . Затем выбрать «Режим» (**F2**), «Точно» (**F1**) и «Измр» (**F1**). После длинного звукового сигнала записать арифметическое среднее значение длины отрезка **S** в табл. 14.

Таблица 14

Измерения отрезков электронным тахеометром GTS-236N

Дата	202_г.	№ прибора:
Время	ч. мин.	№ отражателя:
t =	°C	ПО =
P =	мм рт. ст.	

Наименование	Высота прибора (H_i), м	Высота визирования (H_v), м	Горизонтальное проложение (S), мм
АВ			
АБ			
БВ			
АБ + БВ			
ПП = АВ – (АБ + БВ)			

Расчет постоянной поправки (ПП) прибора выполнить в табл. 14, ниже дать заключение о необходимости учета постоянной поправки при развитии полигонометрии. Если ПП необходимо учитывать в полигонометрии, то ее нужно записать в память тахеометра так: включить тахеометр при нажатой клавише **F1**; выбрать «**F2: Пост. Прибор**»; ввести значение ПП («**Ввод**») и нажать на клавишу **OK (F4)**.

Для контроля правильности определения и ввода ПП в память тахеометра выполнить повторное определение ПП. Значение ПП не должно превышать 3 мм.

2. Индивидуальное задание.

Ознакомиться с порядком определения систематической погрешности компенсатора у электронных тахеометров [1], (подразд. 1.3) и с примером.

Индивидуальное задание выполнить в следующем порядке:

1) вычислить средние значения: $\bar{a}_i = a_i^{\text{п}} + a_i^{\text{о}} / 2$ и поместить их в столбец «Среднее (\bar{a}), сек.» табл. 15;

2) вычислить отклонение среднего отсчета по вертикальному кругу (\bar{a}_i) от среднего значения, когда ось прибора находилась в отвесном положении (\bar{a}_0): $\Delta_i = \bar{a}_i - \bar{a}_0$. Результаты расчетов записать в столбец «Отклонение (Δ), сек.» табл. 15;

3) вычислить отношение отклонения к наклону оси прибора. Результаты вычислений записать в столбец « $\frac{\Delta}{|v|}$ сек. на 1'» табл. 15;

4) вычислить систематическую погрешность работы компенсатора вертикального круга по формуле (13) и дать заключение.

Таблица 15

Определение систематической погрешности работы
компенсатора вертикального круга

Дата 12.09.2025 г.

Прибор: GTS-236N

Время 10 ч. 30 мин.

№: 1112

$t = 23^{\circ}\text{C}$

Номер	Наклон прибора, v		Отсчет по вертикальному кругу		Среднее (\bar{a}), сек.	Отклонение (Δ), сек.	$\frac{\Delta}{ v }$ сек. на 1'
	мин.	сек.	Прям. ход (a''), сек.	Обрат. ход (a'), сек.			
1	+03	00	57,3	57,1	57,2	0,0	0,00
2	+02	40	56,8	57,0	56,9	-0,3	-0,11
3	+02	00	56,7	57,0	56,9	-0,3	-0,15
4	+01	20	57,0	57,5	57,2	0,0	0,00
5	+00	40	57,0	57,1	57,0	-0,2	-0,30
6	00	00	57,2	57,1	57,2	—	—
7	-00	40	57,2	56,5	56,9	-0,3	-0,45
8	-01	20	56,8	57,2	57,0	-0,2	-0,15
9	-02	00	57,4	57,0	57,2	0,0	0,00
10	-02	40	56,8	57,2	57,0	-0,2	-0,08
11	-03	00	56,9	56,7	56,8	-0,4	-0,13

В рассматриваемом примере систематическая погрешность компенсатора вертикального круга составила:

$$\text{a) } Q_k^+ = \frac{-0,56}{10} = -0,06''/1';$$

$$6) Q_k^- = \frac{-0,81}{10} = -0,08''/1'.$$

Пример заключения: «Значения систематической погрешности компенсатора вертикального круга для положительных и отрицательных углов наклона оси прибора на 1' составила $-0,06''$ и $-0,08''$ соответственно. Это примерно в два раза меньше допустимого значения ($0,15''$) и на порядок случайной погрешности работы компенсатора у GTS-236N ($1''$).

Таким образом, компенсатор для вертикального круга электронного тахеометра GTS-236N (№ 1112) отвечает требованиям, предъявляемым к точным электронным тахеометрам и приборам Торсон серии GTS-236N».

Содержание отчета

По завершении выполнения лабораторной работы каждый обучающийся представляет преподавателю отчет. Образец титульного листа и оглавления отчета соответственно представлены в прил. 1 и 2.

Отчет оформляется в текстовом редакторе типа Word. В последнем разделе отчета должны быть приведены ответы на контрольные вопросы в виде электронной копии рукописного текста. Дополнительно обучающийся представляет расчеты по индивидуальному заданию в формате xls.

Контрольные вопросы

1. На что обращают внимание при внешнем осмотре и проверке механико-технологических условий у электронных тахеометров и комплекта визирных марок?
2. Как выполнить проверку и юстировку круглого уровня?
3. Как выполнить проверку и юстировку цилиндрического уровня?
4. В каком порядке выполняют проверку и юстировку оптического отвеса у электронного тахеометра GTS-236N?
5. Как проверить правильность установки сетки нитей зрительной трубы электронного тахеометра?
6. В каком порядке определяют инструментальные погрешности (**МО, С и НП**) у электронного тахеометра GTS-236N?

7. Какое геометрическое условие должно выполняться для места зенита (места нуля) вертикального круга?
8. Из-за чего появляется коллимационная ошибка?
9. Вследствие чего ось вращения зрительной трубы не перпендикулярна оси электронного тахеометра?
10. Как определить диапазон работы компенсатора у электронного тахеометра GTS-236N?
11. На что влияет качество установления нуля вертикального круга у электронного тахеометра GTS-236N?
12. В каком порядке определяют систематическую погрешность работы компенсатора у электронных тахеометров?
13. Как определить поправку на отражатель?
14. Допустимые значения инструментальных погрешностей **МО**, **С** и **НП** у электронного тахеометра GTS-236N?
15. В каком порядке определяют постоянную поправку прибора (светодальномера) у электронного тахеометра GTS-236N?

2. НИВЕЛИРОВАНИЕ III КЛАССА И ГОРОДСКАЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЯ

2.1. Методика нивелирования III класса

В нивелировании III класса применяют точные (высокоточные) нивелиры и только цельные нивелирные рейки. Нивелирные ходы прокладывают между исходными реперами (марками) высшего класса. Длина хода может составлять от 60 до 300 км. Ход делится на участки (секции), которые закрепляют постоянными или рабочими марками (реперами). Перед нивелированием секции выполняют трассирование с помощью измерительной рулетки (троса) или лазерной рулетки, т. е. отмечают места установки реек и станций. Нивелирование выполняют в прямом и обратном направлениях. Переход с прямого направления нивелирования на обратное производят на последней станции хода, где рейки меняют местами [1, 4, 5].

В общем виде методика измерения превышения на станции осуществляется по схеме: $Z_q \Pi_q \Pi_k Z_k$, где Z_q, Z_k – отсчеты соответственно по черной и красной сторонам задней рейки; Π_q, Π_k – отсчеты соответственно по черной и красной сторонам передней рейки, т. е. на станции применяют обратный порядок взятия отсчетов по рейкам. Если величина систематической погрешности компенсатора нивелира σ_k значительна, то на нечетной станции применяют обратный порядок ($Z_q \Pi_q \Pi_k Z_k$), а на четной – прямой ($\Pi_q Z_q Z_k \Pi_k$) [3].

На станции должны выполняться следующие требования: высота визирного луча от подстилающей поверхности должна быть не меньше 30 см; расстояние до реек на станции не должно превышать 75 м; неравенство расстояний на станции не должно быть больше 2,0 м, а их накопление в ходе (секции) – 5,0 м; колебание значения превышения на станции, измеренное по черной и красной сторонам реек, не должно превышать 3,0 мм [4].

Для выявления грубых погрешностей в измерениях и вычислениях на станциях в журнале по завершении каждого рабочего дня и на этапе предварительной обработки выполняют постраничный контроль. Порядок выполнения этого контроля подробно рассмотрен в учебном пособии [1].

Допустимая разность измеренного превышения секции в прямом и обратном направлениях ($d_{\text{доп}}$) и допустимая невязка в ходе ($\text{доп}f_h$) вычисляются по одной и той же формуле: $d_{\text{доп}} \wedge \text{доп}f_h = \pm 10\sqrt{L(\text{км})}$, мм, где L – длина секции или хода [1, 3].

2.2. Методики измерения направлений и длин сторон в полигонометрии

Измерения длин сторон и направлений в полигонометрии выполняют по трехштативной системе [1, 6]. Она позволяет однократно выполнять центрирование и горизонтизацию штативов, что повышает оперативность измерений в ходе и существенно уменьшает влияния погрешности центрирования (центрирование прибора) и редукции (центрирование визирных марок).

Длины сторон в полигонометрии измеряют в одном направлении. В IV классе расстояния измеряют тремя приемами, а в 1-м разряде – двумя. Один прием состоит из двух наведений на отражатель. В каждом наведении выполняют три измерения. Колебание значения длины стороны в полуприемах и приемах не должно превышать двукратной средней квадратической погрешности измерения расстояния [1, 7].

В зависимости от количества направлений на станции горизонтальные углы (направления) измеряют либо способом отдельного угла, либо круговыми приемами [1, 6].

Способ отдельного угла применяют, если количество направлений не более двух. Сущность этого способа заключается в том, что прибор при двух положениях вертикального круга вращают по ходу часовой стрелки либо против. Вначале, при КЛ, визируют на заднее, а потом на переднее направление. Это составляет первый полуприем. Перед вторым полупрерывом трубу переводят через зенит и визируют при КП на переднее направление, а затем – на заднее.

Способ круговых приемов применяют, когда количество направлений более двух. В этом способе каждый полуприем начинается и завершается на начальном направлении. Такое действие называется замыканием горизонта. Первый полуприем: прибор вращают по ходу часовой стрелки, а второй – против хода часовой стрелки.

Количество приемов зависит от точности измерения углов электронным тахеометром и классом (разрядом) городской полигонометрии (табл. 16).

Таблица 16

Количество приемов измерения горизонтальных углов [1]

Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла электронным тахеометром, "	IV класс	1-й разряд
2	6	2
5	–	3

При измерении углов (направлений) должны соблюдаться следующие допуски:

- значение двойной коллимационной ошибки не должно превышать $40''$ (для GTS-236N);
- колебание значения угла (направления) в полуприемах и приемах, в том числе двойной коллимационной ошибки, не должно превышать 8 и $12''$ соответственно при точности измерения углов электронным тахеометром 2 и $5''$.

Качество выполненных угловых и линейных измерений в полигонометрическом ходе оценивается путем сравнения угловой и линейной невязки с допустимым значением.

Угловая невязка f_β не должна превышать предельно допустимого значения: IV класс: доп $f_\beta = 5''\sqrt{n+1}$; 1-й разряд: доп $f_\beta = 10''\sqrt{n+1}$, а линейная невязка f_s – доп $f_s = \frac{[S_i]}{T_{\text{нд}}}$, где $[S_i]$ – длина хода; $T_{\text{нд}}$ – знаменатель

предельной относительной погрешности: IV класс – 1/25 000; 1-й разряд – 1/10 000.

2.3. Лабораторная работа № 3. Производство нивелирования III класса

Цель работы: овладеть первичными практическими навыками выполнения нивелирования III класса.

Прибор и геодезические аксессуары: нивелир Pentax AP-224; комплект деревянных шашечных шкал; штатив; рулетка 30 м; деревянный треугольник для штатива; два башмака; кусочек мела и страницы журнала для нивелирования III класса.

Порядок выполнения работы

1. Совместная деятельность.

В коридоре проложить нивелирный ход между условными реперами R_1 и R_2 . Местоположения реперов на полу отметить мелом. Также отметить места постановки реек и станций. При этом расстояние до реек может быть 10–15 м, а количество станций – не менее четырех. Нивелирование выполнить в прямом и обратном направлениях.

Перед началом нивелирования в журнале необходимо записать следующее: название хода, условия производства работ и время начала нивелирования на первой станции. По завершении нивелирования в журнале следует указать время окончания производства работ.

Измерение превышения на станции выполнить в следующем порядке [1, 4]:

- установить нивелир посередине между рейками, повернуть зрительную трубу на заднюю рейку и привести пузырек круглого уровня в нуль-пункт;

- визировать на заднюю рейку. Настроить четкость и резкость изображения сетки нитей и изображения нивелирной рейки в зрительной трубе таким образом, чтобы отсутствовал параллакс сетки нитей: сетка нитей не должна перемещаться при изменении угла зрения в окуляре;

- приблизенно оценить высоту визирования. Высота визирования от пола не должна быть меньше 30 см, т. е. отсчет по средней нити по черной стороне задней (a_c^u) и передней (b_c^u) реек не должен быть меньше 0300;
- взять отсчеты по средней (a_c^u), верхней (a_b^u) и нижней (a_h^u) дальномерным нитям по черной стороне задней рейки. Если отсчеты не отягощены грубыми погрешностями, то должно выполняться неравенство

$$\left| a_c^u - \frac{a_b^u + a_h^u}{2} \right| \leq 3 \text{ мм}; \quad (16)$$

- навестись на переднюю рейку и взять отсчеты по средней (b_c^u), верхней (b_b^u) и нижней (b_h^u) дальномерным нитям по черной стороне передней рейки. Проверку на грубые погрешности в отсчетах выполнить также, как и для задней рейки;
- вычислить расстояния до задней D_3 и передней D_{Π} реек по формулам

$$\begin{aligned} D_3 &= a_b^u - a_h^u; \\ D_{\Pi} &= b_b^u - b_h^u. \end{aligned} \quad (17)$$

Неравенство расстояний на станции (неравенство расстояний) не должно превышать 20 дел. (2,0 м): $\Delta d_i = D_3 - D_{\Pi} \leq 20$ мм. Накопление неравенств расстояний в ходе (секции) не должно превышать 50 дел. (5,0 м): $\sum \Delta d_i \leq 50$ мм. В журнале через косую черту записать неравенство расстояний и значение накопления неравенств на станции: $\Delta d_i / \sum \Delta d_{i-1} + \Delta d_i$. Здесь i – номер станции. Рекомендуется устанавливать нивелир так, чтобы накопление неравенств расстояний на станции было близко к нулю;

- вычислить значения контрольных превышений

$$\begin{aligned} h_1 &= a_b^u - b_b^u; \\ h_2 &= a_h^u - b_h^u \end{aligned} \quad (18)$$

и превышения по черной стороне реек

$$h_{\text{q}} = a_{\text{c}}^{\text{q}} - b_{\text{c}}^{\text{q}}; \quad (19)$$

– визировать на красную сторону передней рейки и взять отсчет по средней нити b_{c}^{k} . Вычислить разность нулей шкал по черной и красной сторонам передней рейки: $\Delta H'_{\text{п}} = b_{\text{c}}^{\text{k}} - b_{\text{c}}^{\text{q}}$. Она не должна отличаться от номинального значения ($\Delta H_{\text{п}}$) более чем на 3 мм: $|\Delta H'_{\text{п}} - \Delta H_{\text{п}}| \leq 3 \text{ мм}$;

– визировать на красную сторону задней рейки и взять отсчет по средней нити (a_{c}^{k}); вычисленное значение разности нулей шкал по черной и красной сторонам задней рейки ($\Delta H'_{\text{з}} = a_{\text{c}}^{\text{k}} - a_{\text{c}}^{\text{q}}$). Это значение также не должно отличаться от номинального значения ($\Delta H_{\text{з}}$) более чем на 3 мм: $|\Delta H'_{\text{з}} - \Delta H_{\text{з}}| \leq 3 \text{ мм}$. Отклонение разности нулей шкал пары реек на станции с номинальным значением не должно превышать 3 мм: $|(\Delta H'_{\text{п}} - \Delta H'_{\text{з}}) - \Delta H_0| \leq 3 \text{ мм}$;

– вычислить превышение по красной стороне реек: $h_{\text{k}} = a_{\text{c}}^{\text{k}} - b_{\text{c}}^{\text{k}}$ и сравнить с превышением по черной стороне с учетом номинального значения разности нулей шкал пары реек (ΔH_0): $|h_{\text{q}} - h_{\text{k}} \pm \Delta H_0| \leq 3 \text{ мм}$. Если это неравенство выполняется, то перейти к вычислению среднего превышения на станции: $\bar{h} = \frac{h_{\text{q}} - h_{\text{k}} \pm \Delta H_0}{2}$. Превышение вычислить с точностью до 0,1 мм;

– сравнить среднее превышение на станции со средним контрольным превышением: $\left| \bar{h} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right| \leq 3 \text{ мм}$.

Если какой-либо контроль на станции не выполняется, то в журнале аккуратно прочертить линию посередине строки, где расположены отсчеты и вычисления на станции. На странице журнала слева отметить станцию символом «*», а внизу страницы кратко указать причину исключения станции из обработки. Затем изменить высоту нивелира на 3–5 см и повторить измерения на станции.

Если все контроли (неравенства) на станции выполняются, то задняя рейка перемещается вперед по ходу нивелирования, а передняя остается на исходном месте. После установки нивелира на новой станции выполнить вышерассмотренные действия. На последней станции в ходе, после измерений, поменять местами рейки продолжить нивелирование в обратном направлении. Запись в журнале нивелирования в обратном направлении нужно начать с новой страницы.

По завершении нивелирования в журнале выполнить постраничный контроль и сравнить между собой значения превышения, полученные в прямом и обратном направлениях.

В нижней строке страницы журнала «Контрольные вычисления» поместить следующие суммы: $\sum D_3$; $\sum D_{\Pi}$; $\sum \bar{h}_k = \sum \frac{h_1 + h_2}{2}$; $\sum a_c^u + a_c^k = \sum 3$; $\sum b_c^u + b_c^k = \sum \Pi$; $\sum h_u + h_k$; $\sum \bar{h}$. Если количество станций в ходе нечетное, то к разности сумм отсчетов по средней нити по задней и передней и сумме превышений по черной и красной сторонам реек нужно прибавить или вычесть номинальное значение разности нулей шкал пары реек ΔH_0 . Знак значения ΔH_0 определить по вычисленной разности нулей шкал пары реек на последней станции нивелирного хода.

Если в отсчетах и вычислениях на станциях отсутствуют грубые погрешности (ошибки), то должны выполняться следующие равенства: $\sum D_3 - \sum D_{\Pi} = \sum \Delta d_n$; $|\sum \bar{h} - \sum \bar{h}_k| \leq n \cdot 3 \text{ мм}$; $\sum 3 - \sum \Pi = \sum h_u + h_k$ и $\sum h_u + h_k / 2 = \sum \bar{h}$. Здесь $\sum \Delta d_n$ – накопление неравенств расстояний на странице журнала; n – количество станций на странице журнала.

Разность превышений, полученных в прямом и обратном направлениях, не должна превышать допустимого значения ($\text{доп}f_h$). Длину хода вычислить через суммы расстояний на станциях

$$L = (\sum D_3 + \sum D_{\Pi}) \cdot 10^{-4}, \text{ км.} \quad (20)$$

Если значение разности превышений больше, чем допустимая величина (доп f_h), то нужно повторить нивелирование хода в одном из двух направлений.

Электронные копии страниц журнала нивелирования III класса и результаты сравнения превышений, полученных в прямом и обратном направлениях, поместить в первый раздел отчета (прил. 3). Здесь же дать заключение о качестве нивелирования.

Пример заключения: «При производстве нивелирования на станциях и в ходе все требования и условия соблюдаются, поэтому результаты полевых измерений по качеству соответствуют требованиям, предъявляемым к нивелированию III класса».

2. Индивидуальное задание.

В варианте самостоятельной работы представлены отсчеты по рейкам на станциях при проложении нивелирного хода III класса в прямом направлении между реперами 110 и 112. В комплекте нивелирных реек рейка № 1 имеет разность нулей шкал по черной и красной сторонам 4 690 мм, а рейка № 2 – 4 790 мм. Следовательно, номинальное значение разности нулей шкал пары составляет 100 мм.

Среднее значение одного метра в комплекте реек составляет

$$l_{1M} = 999,00 + 0,02 \cdot №, \quad (21)$$

где № – номер варианта.

Целью самостоятельной работы является вычисление окончательного превышения между реперами 110 и 112 по формуле

$$h = h'(\text{мм}) + (l_{1M} - 1000,00) \cdot \tilde{h}(\text{м}), \quad (22)$$

где h' и \tilde{h} – соответственно измеренное и приближенное превышение.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить вычисления на станциях и постраничный контроль. Пример этих вычислений представлен в табл. 17.

Для нулевого варианта средняя длина одного метра пары реек составляет 999,00 мм. Поэтому окончательное значение превышения между реперами 110 и 112 $h = -455,5 + 0,46 = -455,04$ мм.

Содержание отчета

По завершении выполнения лабораторной работы каждый обучающийся представляет преподавателю отчет. Образец титульного листа и оглавления отчета соответственно представлены в прил. 1 и 3.

Отчет оформляется в текстовом редакторе типа Word. В последнем разделе отчета должны быть приведены ответы на контрольные вопросы в виде электронной копии рукописного текста. Дополнительно обучающийся представляет расчеты по индивидуальному заданию в формате xls.

Таблица 17

Результаты нивелирования III класса секции между реперами 110 и 112

Номер штата, реек и репера	Наблюдения по дальномерным нитям		Контрольное превышение	Наблюдения по средней нити				Среднее превыш., мм	
	Задняя рейка	Передняя рейка		Цвет стороны рейки	Задняя рейка	Передняя рейка	Превышение		
1	2022	2248	-226	черная	1857	2089	-232		
1-2	1690	1930	-240	красная	6548	6879	-331		
110	332	318	+14 +14	-	4691	4790	99		
2	1904	1359	545	черная	1596	1055	+541		
2-1	1288	749	539	красная	6387	5745	+642		
	616	610	+6 +20	-	4791	4690	-101	+541,5	
3	1478	2589	-1111	черная	1099	2208	-1109		
1-2	0719	1828	-1109	красная	5788	6999	-1211		
	759	761	-2 +18	-	4689	4791	102	-1110,0	
4	2668	1583	+1085	черная	2335	1249	+1086		
2-1	2001	0918	+1083	красная	7125	5939	+1186		
	0667	665	+2 +20	-	4790	4690	-100	+1086,0	
5	0937	2147	-1210	черная	583	1796	-1213		
1-2	0228	1445	-1217	красная	5273	6587	-1314		
	709	702	+7 +27	-	4690	4791	101	-1213,5	
6	2103	1315	788	черная	1788	1007	+781		
2-1	1472	0699	773	красная	6578	5697	+881		
	631	616	+15 +42	-	4790	4690	-100	+781,0	
7	1977	2287	-310	черная	1679	1988	-309		
1-2	1386	1690	-304	красная	6369	6778	-409		
112	591	597	-6 +36	-	4690	4790	100	-309,0	
Контр. сумма	4305	4269	-457,0	36	-	55005	56016	-911	-455,5

Контрольные вопросы

1. Какие нивелиры по точности могут быть использованы в III классе?
2. Каким техническим требованиям должен отвечать нивелир, применяемый в III классе?
3. Какой способ (-ы) отсчитывания по рейкам может быть применен в III классе?
4. В каком порядке берут отсчеты по рейкам на станции нивелирования III класса?
5. В каком случае применяют прямой порядок взятия отсчетов по рейкам на станции?
6. Что предпринимают на станции для исключения накопления неравенств расстояний в ходе больше допустимого значения?
7. Какие контроли производят на станции нивелирования III класса?
8. Для чего выполняют постраничный контроль?
9. Как вычислить поправку в превышение за средний метр пары реек?
10. Как можно организовать временное прерывание нивелирования в ходе III класса?

2.4. Лабораторная работа № 4. Измерения направлений и длин сторон в городской полигонометрии

Цель работы: овладеть практическими навыками выполнения измерений направлений (горизонтальных углов) и длин сторон в городской полигонометрии.

Прибор, геодезические аксессуары и программное обеспечение: электронный тахеометр GTS-236N, три штатива; три деревянных треугольника для штатива; три визирные марки; 3-метровая измерительная металлическая рулетка; журнал для измерений направлений (горизонтальных углов); конвертор для передачи данных с электронных приборов Торсон в персональный компьютер и программный модуль «ТИМ КРЕДО ДАТ».

Порядок выполнения работы

1. Совместная деятельность.

1.1. Измерить горизонтальные углы способом отдельного угла и способом круговых приемов.

Перед измерениями горизонтальных углов нужно включить компенсатор и режим учета инструментальных погрешностей **МО**, **С** и **i**. Для этого следует выполнить следующие действия:

- включить тахеометр и нажать на клавишу **MENU**;
- с помощью команды **C↓** добиться отображения на экране «**F3: Параметры 1**», нажать на клавишу **F3** и выбрать «**F3: Компенсатор**», «**2 оси**» (**F2**) и **OK (F4)**;
- нажать на клавишу **F4 (C↓)** и выбрать «**F1: Учет поправок**», «**Вкл**» (**F1**) и **OK (F4)**. Для выхода из меню используйте клавишу **ESC**.

Способ отдельного угла.

Измерения горизонтальных углов способом отдельного угла выполнить в следующем порядке:

- установить электронный тахеометр, привести его в рабочее положение и выбрать две марки в аудитории;
- записать в журнал дату, условия наблюдения на станции и время начала работ. На странице журнала слева от таблицы подписать номер визирных марок и станции;
- включить электронный тахеометр (тахеометр), нажать на клавишу «*****» и **F3** и уточнить горизонтирование прибора, т. е. с помощью подъемных винтов добиться минимальных отсчетов по осям **X** и **Y** компенсатора;
- выбрать режим измерения углов – **ANG**. Визировать при КЛ на заднее (начальное) направление. Задать отсчет на начальное направление ($0^{\circ} 00' 00''$) по горизонтальному кругу (**ГК**): нажать на клавишу **F1(0°ГК)** и **F4 (OK)**. Затем уточнить наведение на начальное направление. Записать в журнал значение отсчета по горизонтальному кругу при КЛ (**ГК**) – $N_1^{\text{Л}}$ (табл. 18);
- вращая тахеометр по ходу часовой стрелки, навестись на переднее направление (второе направление). При этом прибор нужно вращать плавно, без рыскания: вращения прибора влево и право. После наведения

на вторую марку записать в журнал отсчет по горизонтальному кругу при КЛ (ГК) – $N_2^{\text{Л}}$ (см. табл. 18);

– перевести зрительную трубу через зенит, вращая тахеометр по ходу часовой стрелки, навестись на второе направление и записать в журнал отсчет по горизонтальному кругу при КП (ГК) – $N_2^{\text{П}}$ (см. табл. 18);

Таблица 18

Измерения направлений способом отдельного угла
Пункт: 2

Номер	Круг	Отсчет по ГК			Л-П, "	(Л+П)/2	Приведен. к начальн.		
		°	'	"			°	'	"
1	Л	0	0	23	-8	0° 00' 27,0"	0	00	00,0
	П	180	0	31					
3	Л	33	4	21	-6	33° 04' 24,0"	033	03	57,0

– вращая тахеометр по ходу часовой стрелки, навестись на заднее направление и записать в журнал отсчет по горизонтальному кругу КП (ГК) – $N_1^{\text{П}}$ (см. табл. 18).

Далее в журнале произвести следующие вычисления и контроли:

– вычислить двойную коллимационную ошибку:

$$2C_i = N_i^{\text{П}} - N_i^{\text{Л}} 180^\circ \pm \leq 40'' \text{ (столбец «Л-П» табл. 18);}$$

– колебание двойной коллимационной ошибки в приеме не должно превышать 12'': $\Delta 2C = |C_3 - C_{\text{п}}| \leq 12''$ (столбец «Л-П» табл. 18). Здесь «з» – заднее направление, а «п» – переднее.

Если эти условия выполняются, то вычислить направления $N_i = N_i^{\text{Л}} + N_i^{\text{П}} \pm 180^\circ / 2$ и привести их к начальному (заднему) направлению так: $N_i^0 = N_i - N_1$ (столбец «Л + П/2» и «Приведен к начальн.» табл. 18).

Способ круговых приемов.

Измерение горизонтальных углов способом круговых приемов выполнить в следующем порядке:

– подготовить прибор и журнал к измерениям. В аудитории выбрать три визирные марки;

– уточнить горизонтирование тахеометра и задать нулевой отсчет на начальное (заднее) направление (0°ГК) на станции. Затем повторно визировать на заднее направление и записать в журнал значение отсчета по горизонтальному кругу при КЛ (ГК) – $N_1^{\text{Л}}$;

– вращая тахеометр по ходу часовой стрелки, наблюдать вторую и третью визирные марки. После наблюдения каждой марки записать в журнал отсчет по горизонтальному кругу при КЛ (ГК) – $N_2^{\text{Л}}$ и $N_3^{\text{Л}}$ (табл. 19);

– завершить первый полуприем наблюдением на начальное направление – $N_1'^{\text{Л}}$. Вычислить незамыкание горизонта при КЛ:

$\Delta_{\text{Л}} = |N_1'^{\text{Л}} - N_1^{\text{Л}}| \leq 12''$. Если это неравенство выполняется, то трубу перевести через зенит и, вращая тахеометр против хода часовой стрелки, наблюдать начальное направление. Записать отсчет по горизонтальному кругу при КП (ГК) – $N_1''^{\text{П}}$ в журнал (см. табл. 19);

Таблица 19

Измерения направлений способом круговыми приемами

Пункт: 2

Номер	Круг	Отсчет по ГК			Л-П, "	(Л+П)/2	Приведен. к начальному		
		°	'	"			°	'	"
1	Л	0	1	17	-7	$V_1 = 0,0''$	0	00	00,0
	П	180	01	24		$0^\circ 01' 20,5''$			
3	Л	30	05	13	-2	$V_2 = -2,0''$	30	03	51,5
	П	210	05	15		$30^\circ 05' 14,0''$			
4	Л	40	05	04	-4	$V_3 = -4,0''$	40	03	41,5
	П	220	05	08		$40^\circ 05' 06,0''$			
1	Л	0	01	25	-3	$V_4 = -6,0''$	0	00	00,0
	П	180	01	28		$0^\circ 01' 26,5''$			

$$\Delta_{\text{л}} = +8''; \Delta_{\text{п}} = +4''; \Delta_{\text{cp}} = +6,0''.$$

– вращая тахеометр против хода часовой стрелки, наблюдать третью, вторую визирные марки и на начальном направлении завершить второй полуприем. При этом помещать в журнал отсчеты по горизонтальному кругу при КП (ГК) – $N_3^{\text{п}}$, $N_2^{\text{п}}$ и $N_1^{\text{п}}$ (см. табл. 19);

– вычислить незамыкание горизонта при КП $\Delta_{\text{п}} = |N_1'^{\text{п}} - N_1^{\text{п}}| \leq 12''$. Если это неравенство выполняется, то вычислить среднее значение незамыкания горизонта в приеме $\Delta_{\text{cp}} = \Delta_{\text{л}} + \Delta_{\text{п}}/2$ и поправки в направления $V_i = (-\Delta_{\text{cp}}/n) \cdot i - 1$. Здесь i – порядковый номер направления в журнале; n – количество направлений на станции. Результаты расчетов поместить в столбец «Л + П/2» табл. 19;

– вычислить двойные коллимационные ошибки (2С) на станции. Максимальное значение колебания 2С не должно превышать 12''. Если это условие не выполняется, то повторно выполнить измерения. В ином случае перейти к вычислению направлений на станции так же, как в способе отдельного угла;

– вычислить приведенные направления к начальному направлению, но с учетом поправки за незамыкания горизонта (столбец «Приведен к начальн.» табл. 19).

1.2. Измерить горизонтальный угол и длины сторон на пункте полигонометрии 1-го разряда.

1.2.1. Измерения на пункте полигонометрии выполнить в следующем порядке:

1) в аудитории установить тахеометр и визирные марки на штативах (на центрах с принудительным центрированием). Затем привести их в рабочее положение;

2) измерить высоту прибора (H_i), визирных марок (H_v) в м. Затем определить температуру окружающего воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и давление (мм рт. ст.) с помощью соответствующего приложения в мобильном телефоне. Значения этих величин записать в журнал;

3) включить тахеометр, нажать на клавишу «*» и **ppm (F4)**. Ввести («**Ввод**») в тахеометр температуру (°C) и давление (мм рт. ст.) и сохранить (**OK**);

4) нажать на клавишу **MENU**, выбрать «**F1: Съемка**» и создать короткое имя файла («**Ввод**» и **OK**). На экране отобразится главное меню съемки: «**F1: Станция**», «**F2: Задняя точка**», «**F3: Измерения**». Имя файла и номер тахеометра поместить в верхнюю часть страницы журнала;

5) нажать на клавишу **F4 (C↓)**, выбрать «**F3: Настройки**», «**F3: Кол-во измерен.**», ввести («**Ввод**») **2** и сохранить (**OK**), т. е. в память прибора будет заноситься арифметическое среднее значение из двух измерений длины стороны. Для возврата в главное меню съемки нужно нажимать на клавишу **ESC**;

6) выбрать «**F1: Станция**» и ввести имя пункта («**Станц.**»), код 110 – пункта геодезической сети сгущения («**Код**»), высоту прибора в метрах (H_i) и нажать на клавишу **F3 («Сохр»)**. Подтвердить сохранение координат пункта и данные о пункте – «**Да**» (**F3**). Если после этого на экране появится вопрос «**Перезаписать?**», то нужно выбрать «**Нет**» (**F4**). В этом случае в файле будет сформирован новый прием измерений горизонтальных углов;

7) выбрать «**F2: Задняя точка**» и ввести имя пункта («**ЗТ#**»), код 110 – пункта геодезической сети сгущения («**Код**»), высоту визирной марки в метрах (H_v) на заднем направлении. Визировать на заднее направление и выбрать **0°ГК (F2)**, «**Измр**» (**F3**) и режим **S (F2)**, т. е. выполнить измерение при КЛ;

8) выбрать «**F3: Измерения**» и ввести имя пункта («**Точка**»), код 110 – пункта геодезической сети сгущения («**Код**»), высоту визирной марки в метрах (H_v) на переднем направлении. Визировать на переднее направление. Выбрать «**Измр**» (**F3**) и «**Да**» (**F3**), т. е. выполнить измерение на второе направление при КЛ;

9) перевернуть трубу через зенит и визировать на переднее и заднее направления, т. е. выполнить второй полуприем при КП. При этом необходимо выполнить действия, которые указаны в п. 8, кроме выбора «**F3: Измерения**».

Это составляет один прием способом отдельного угла. Таких приемов нужно выполнить три. Для выполнения очередного приема нужно перейти в главное меню съемки, т. е. нажав на клавишу **ESC**, и повторить

действия пп. 6–9. Для контроля выполняемых действий на станции все измерения продублировать в журнале. По завершении измерений на станции выполнить экспорт-импорт данных.

1.2.2. Экспорт данных в персональный компьютер.

Экспорт результатов измерений на станции электронным тахеометром GTS-236N выполнить в следующем порядке:

– подключить интерфейс к компьютеру и тахеометру. Включить прибор и нажать на клавишу **MENU**;

– на рабочем столе персонального компьютера выбрать ярлык  ,

а в диалоговом окне **WinPCom** – ;

– в меню тахеометра выбрать следующие команды: «**F3: Память**», дважды **C↓**, «**F1: Обмен данными**», «**F1: GTS-6**», «**F1: Отправить**», «**F1: Измерения**». Выбрать файл через список и **OK**;

– в диалоговом окне «**Настройка Сом**» нажать на кнопку **OK**;

– перейти к тахеометру и на вопрос «**Отправить измерения > OK?**» выбрать «**Да**» (**F3**);

– в процессе передачи в диалоговом окне **WinPCom** будут отображаться передаваемые данные. По завершении передачи сохранить данные в файл: **Файл/Сохранить**, ввести имя в диалоговом окне «**Сохранить файл**» и нажать на кнопку «**Сохранить**».

1.2.3. Импорт данных в модуль «КРЕДО ДАТ 3.0».

Импорт результатов измерений из текстового файла выполнить следующим образом:

– выбрать на рабочем столе персонального компьютера ярлык «**КРЕДО 3.0**»;

– выбрать команду  , а в меню **Данные/Свойства проекта...** активизировать вкладку **Карточка проекта** и в разделе **Масштаб съемки:** установить масштаб **1:100**. По завершении в диалоговом окне **Свойства проекта** нажать на кнопку **OK**;

– выбрать **Файл/Импорт/Из файла**. В диалоговом окне **Импорт файлов приборов** задать формат файлов: **Файлы формата TOPCON GTS-6 (*.txt)** и выбрать соответствующий файл. В этом же диалоговом окне нажать на кнопку **Настройки**;

– в диалоговом окне **Настройки для импорта файлов ТОРС...** во вкладке **Общие** выбрать опцию **Направлять измерения в ПВО**. Активировать вкладку **Кодировка** и определить следующие опции: **Компактный формат** и **Отношение точек к рельефу по умолчанию: – Ситуационная**. Далее нажать на кнопки **OK** и **Импорт**. По завершении импорта в диалоговом окне нажать на кнопку **OK**;

– во вкладке **ПВО** совместно с преподавателем ввести координаты станции и задней точки (начального направления);

– выбрать команду **Расчеты/Предобработка/Расчет** и  . Активировать вкладку **Измерения** и сделать копию экрана.

2. Индивидуальное задание.

В индивидуальном задании представлены результаты измерения на двух пунктах полигонометрии 1-го разряда. На первом пункте направления были измерены способом отдельного угла, а на втором – круговыми приемами. Измерения выполнялись электронным тахеометром, у которого средняя квадратическая погрешность измерения углов одним приемом составляет $2''$.

Обработку на каждом пункте нужно выполнить в два этапа.

На первом этапе выполнить вычисления и произвести контроль на станции. Пример обработки результатов измерений направлений способом отдельного угла представлен в табл. 18, а круговыми приемами – в табл. 19.

На втором этапе для каждого пункта необходимо подготовить сводную ведомость и положительное заключение. Пример сводной ведомости на п. 2, где направления измерены способом отдельного угла, представлен в табл. 20.

Таблица 20

Сводная ведомость направлений на пункте 2

Номер	Номер приема		Среднее
	1	2	
1	$0^\circ 00'00,0''$	$0^\circ 00'00,0''$	$0^\circ 00'00,0''$
3	$30^\circ 01'33,6''$	$30^\circ 01'38,2''$	$30^\circ 01'35,9''$

Пример заключения: «В приемах двойная коллимационная погрешность и ее колебание не превышает допустимого значения. Колебание направлений в приемах составляет $4,6''$, что в 1,7 раз меньше допустимого значения ($8''$). Таким образом, результаты измерений направлений на п. 2

соответствуют требованиям, предъявляемым к измерениям горизонтальных углов в полигонометрии 1-го разряда. Эти результаты можно принять при вычислении угловой невязки».

Содержание отчета

По завершении выполнения лабораторной работы каждый обучающийся представляет преподавателю отчет. Образец титульного листа и оглавления отчета соответственно представлены в прил. 1 и 3.

Отчет оформляется в текстовом редакторе типа Word.

В первом разделе нужно привести копию страницы журнала и копию экрана рабочего стола «КРЕДО 3.0» при открытой вкладке **Измерения (Станции)**.

В втором разделе должны быть приведены результаты обработки измерений направлений на станциях и сводные ведомости.

В третьем разделе должны быть приведены ответы на контрольные вопросы в виде электронной копии рукописного текста.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность трехштативной системы в полигонометрии?
2. Что общего есть у способа отдельного угла и способа круговых приемов?
3. В чем отличия способа круговых приемов от способа отдельного угла?
4. Как измеряют горизонтальные углы (направления) в способе отдельного угла?
5. Как измеряют горизонтальные углы (направления) в способе круговых приемов?
6. Какие контроли выполняют на станции при измерении горизонтальных углов способом отдельного угла и круговых приемов?
7. От чего зависит количество приемов измерения горизонтальных углов в полигонометрии?
8. Как учесть незамыкание горизонта при вычислении приведенных направлений к начальному?
9. Как измеряют длины сторон в полигонометрии?
10. Как контролируют качество измерения длин сторон на станции?

3. ЦИФРОВАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

3.1. Компактная система полевого кодирования в «ТИМ КРЕДО ДАТ»

Сущность тахеометрического метода заключается в том, что на основании измерений горизонтальных и вертикальных углов (превышений) и расстояний определяются как плановое, так и высотное положения пикетов [6].

Производство тахеометрической съемки с помощью современных электронных тахеометров включает следующие основные процессы. Перед съемкой на станции составляют абрис в условных знаках [10] с пояснительным текстом. Также на нем отображают станцию и ориентирный пункт (рис. 12). После ориентирования электронного тахеометра производят съемку. Помощник устанавливает вешку с отражателем на пикете, а на абрисе отмечают его номер. Затем формируют или выбирают код топографического объекта и вводят в память прибора. После измерений в электронный журнал тахеометра записываются результаты измерений (координаты и отметка высоты пикета) и код топографического объекта или его части [8, 11]. По завершении съемки на станции выполняется контроль ориентирования прибора путем повторного наблюдения ориентирного пункта. Изменение ориентирования прибора не должно превышать трехкратной средней квадратической погрешности измерения горизонтальных углов, но не более $1,5'$ [6].

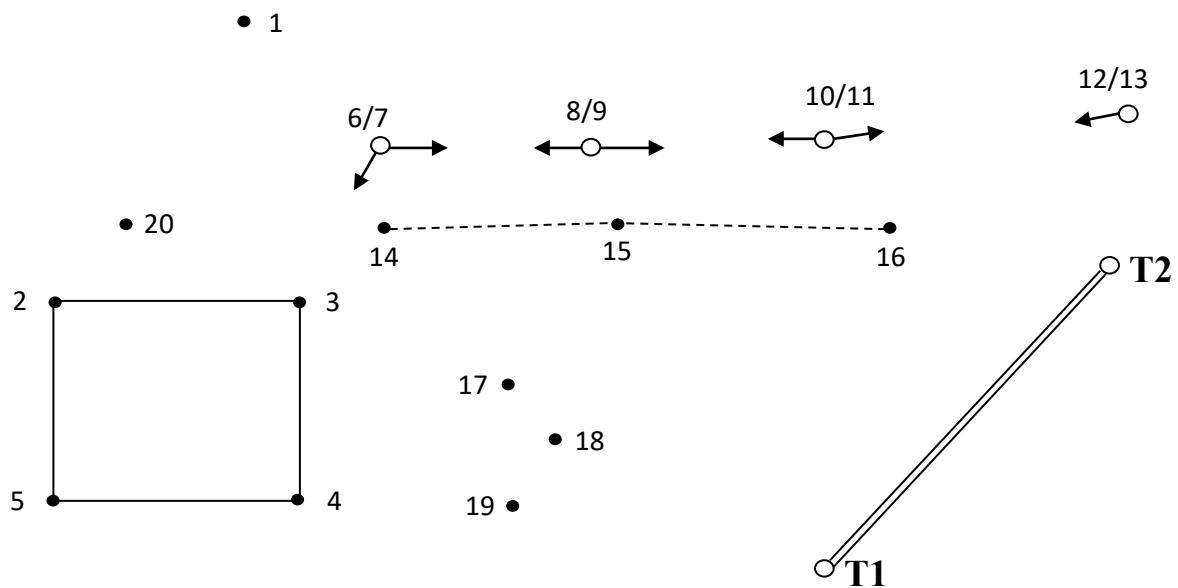


Рис. 13. Примерный состав объектов на абрисе:

1 – колодец смотровой на теплотрассе; 6, 8, 10, 12 – опоры деревянные; 7, 9, 11, 13 – ЛЭП воздушная низкого напряжения; 14, 15, 16 – полевая дорога (ось); 2, 3, 4, 5 – строящееся здание; 17, 18, 19 – отдельно стоящие хвойные деревья; 20 – колодец на водопроводе; T1, T2 – станция и ориентирный пункт соответственно

В обобщенном виде формирование цифрового топографического плана осуществляется следующим образом. После экспорта-импорта данных с прибора в соответствующее прикладное программное обеспечение на основании полевого кодирования автоматически формируются объекты или их части. В последующем дорабатывают некоторые топографические объекты ситуации. Цифровая модель рельефа также создается в полуавтоматическом режиме. На основании полевого кодирования горизонтали формируются автоматически, а отдельные элементы рельефа, например, терриконы, откосы и т. п. создаются в автоматизированном режиме.

Следовательно, производство тахеометрической съемки современными электронными тахеометрами с применением системы полевого кодирования позволяет существенно повысить уровень автоматизации как сбора данных, так и формирования цифровых топографических планов.

Как известно, под системой полевого кодирования понимают свод правил и указаний, определяющих правила кодирования объектов, а под кодированием – присвоение объектам цифрового топографического плана символьного или цифрового обозначения в соответствии с их признаками и значениями в рамках принятых правил [2].

Таким образом, система полевого кодирования представляет собой набор команд, параметров и атрибутов, предназначенных для ввода и накопления информации о топографических объектах при съемке. Она позволяет устанавливать связь объекта с классификатором и его описанием; сформировать описание геометрии линейных и площадных объектов; задавать семантическое описание объектов и определять тип координат и отношение к рельефу.

В программных модулях «ТИМ КРЕДО» предлагаются четыре системы полевого кодирования [8, 11]: компактная; стандартная; расширенная; упрощенная.

Рассмотрим компактную систему полевого кодирования.

Компактная система полевого кодирования является позиционной, т. е. каждый элемент кодовой строки должен находиться на своей позиции, и между ними отсутствуют разделители. Кодовая строка имеет вид

[Признак-1]Код ТО[№][Команда][Признак-2][±параметр]. (23)

Здесь в квадратных скобках [] указаны элементы, которые могут отсутствовать в кодовой строке.

Элемент **Признак-1** принимает значение в виде символа «-». Это обозначает, что контур линейного (площадного) объекта можно использовать при моделировании горизонталей.

Элемент **Код ТО** – трехзначный цифровой код топографического объекта (прил. 5).

Элемент **№** – это номер типа топографического объекта от 0 до 9. На станции можно закодировать до 10 объектов, имеющих один код. Если количество типов объектов на станции больше 10, то код можно тиражировать. Для этого достаточно в кодовой строке указать код для первого

снимаемого объекта, а для остальных сформировать пустую строку. Потом на этапе импорта в настройках выбрать опцию **Тиражирование кода**.

Элемент **Команда** – это команда для создания геометрии линейных и площадных топографических объектов. Этот элемент представляется двухзначным цифровым кодом (табл. 21).

Таблица 21

Список команд для моделирования простых линейных и площадных объектов [7, 10]

Номер	Код	Наименование
1	10	Начать сплайн
2	11	Начать ломаную линию
3	13	Закончить объект
4	14	Замкнуть объект

Элемент **Признак-2** – это признак принадлежности точки либо к ситуации, либо к рельефу, и он может принимать значения от 0 до 9. Некоторые коды представлены в табл. 22.

Таблица 22

Основные коды признака принадлежности точечных объектов к рельефу (ситуации) [7, 10]

Номер	Код	Наименование
1	0	Рельефный
2	4	Ситуационный
3	7	Ситуационный, исходный по ХУН
4	8	Нерельефный

Плюс и минус обозначают построение контура справа или слева соответственно. В качестве параметра выступает длина в метрах.

В электронном тахеометре GTS-236N кодовая строка вводится в поле **Код**. Для удобства коды объектов можно записать в память тахеометра, т. е. в библиотеку. Для этого нужно зайти на вторую страницу экрана в меню «Съемка» и выбрать «F2: Ввод кодов», номер и «F1: Правк».

Ввести значение цифрового кода топографического объекта и нажать на клавишу **F4(OK)**. Библиотека может содержать 50 кодов.

Съемку можно выполнять по каждому объекту отдельно либо одновременно по нескольким объектам. В последнем случае необходимо отслеживать последовательность пикетов в контуре снимаемых объектов.

3.2. Лабораторная работа № 5. Автоматизированная тахеометрическая съемка

Цель работы: овладеть практическими навыками выполнения тахеометрической съемки с применением полевого кодирования.

Прибор, геодезические аксессуары и программное обеспечение: Торсон GTS-236N, штатив, деревянный треугольник для штатива, вешка с отражателем, два чистых листа бумаги формата А4, планшет, конвертор для передачи данных с электронных приборов Торсон в персональный компьютер и программный модуль «ТИМ КРЕДО ДАТ».

Порядок выполнения работы

1. Совместная деятельность.

1.1. Подготовить абрис.

Совместно с преподавателем выберите не менее десяти типов топографических объектов из списка прил. 5. Затем составьте абрис (см. рис. 13), на котором должны обязательно присутствовать исходные пункты (станция и ориентирный пункт), точечные объекты, один линейный объект и один площадной объект.

1.2. Сформировать коды топографических объектов.

В соответствии с абрисом сформируйте кодовые строки для каждого пикета. Пример формирования кодовых строк на станции представлен в табл. 23.

Таблица 23

Пример полевого кодирования на станции

Номер пикета	Кодовая строка	Пояснения
1	40814	Колодец смотровой на теплотрассе (408), номер типа объекта – 1, ситуационный (4)
2	2201114	Контур здания (220), номер типа объекта – 1, начать ломаную линию (11), ситуационный (4)
3	22014	Контур здания (220), номер типа объекта – 1, начать, ситуационный (4)
4	22014	Контур здания (220), номер типа объекта – 1, ситуационный (4)
5	2201144	Контур здания (220), номер типа объекта – 1, замкнуть объект (14), ситуационный (4)
14	6101110	Ось полевой дороги (610), номер типа объекта – 1, начать ломаную линию (11), рельефный (0)
15	61010	Ось полевой дороги (610), номер типа объекта – 1, рельефный (0)
16	6101130	Ось полевой дороги (610), номер типа объекта – 1, закончить объект (13), рельефный (0)

1.3. Выполнить тахеометрическую съемку в следующем порядке:

- 1) в аудитории установить тахеометр на штативе (на центре с принудительным центрированием) и привести его в рабочее положение. На ориентирном пункте поставить вешку с отражателем;
- 2) измерить высоту прибора (H_i) и определить высоту отражателя на вешке (H_v) в метрах. Температуру окружающего воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и давление (мм рт. ст.) определить с помощью соответствующего приложения в мобильном телефоне. Значения этих величин поместить на абрис;
- 3) включить тахеометр, нажать на клавишу «*» и ppm (**F4**). Ввести («Ввод») в тахеометр температуру ($^{\circ}\text{C}$) и давление (мм рт. ст.) и сохранить (**OK**);
- 4) нажать на клавишу **MENU**, выбрать «**F1: Съемка**» и создать короткое имя файла («**Ввод**» и **OK**). На экране отобразится главное меню съемки: «**F1: Станция**», «**F2: Задняя точка**», «**F3: Измерения**». Имя файла и номер тахеометра поместить в верхнюю часть абриса;

5) выбрать «F1: Станция» и ввести имя пункта («Станц.»), код пункта выбрать в прил. 5 («Код»), высоту прибора в метрах (H_i) и нажать на клавишу **F3** («Сохр»). Подтвердить сохранение координат пункта и данные о пункте – «Да» (**F3**). Если после этого на экране появится вопрос «Перезаписать?», то нужно выбрать «Нет» (**F4**);

6) выбрать «F2: Задняя точка» и ввести имя ориентирного пункта («ЗТ#»), код пункта выбрать в прил. 5 («Код»), высоту отражателя на вешке в метрах (H_v). Визировать на отражатель и выбрать **0°ГК** (**F2**), «Измр» (**F3**) и режим **S** (**F2**);

7) выбрать «F3: Измерения» и ввести номер первого пикета («Точка»), код из составленной таблицы кодовых строк, («Код»), высоту отражателя на вешке в метрах (H_v). Визировать на отражатель. Выбрать «Измр» (**F3**) и «Да» (**F3**). Эти действия выполнить на последующих пикетах, кроме ввода номера пикета, так как программа будет автоматически увеличивать его на единицу. По завершении съемки выполнить контрольное измерение на ориентирный пункт.

1.4. Выполнить экспорт-импорт данных.

Экспорт-импорт результатов тахеометрической съемки выполнить так же, как в лабораторной работе № 4, за исключением выбора во вкладке **Общие** в диалоговом окне **Настройки для импорта файлов ТОРС...** опции **Направлять измерения в ПВО**. Эту опцию нужно отключить!

1.5. Создать электронный абрис (цифровую модель местности).

Формирование цифровой модели местности в «КРЕДО ДАТ 3.0» выполнить в следующем порядке:

- во вкладке **ПВО** совместно с преподавателем ввести координаты станции и ориентирного пункта;
- выбрать команду **Расчеты/Предобработка/Расчет** или **Расчеты/Расчет тахеометрии** и  . Активировать вкладку **Измерения** и сделать копию экрана.

2. Индивидуальное задание.

На основании анализа фрагмента растрового топографического масштаба 1 : 500 определить типы топографических объектов ситуации и присвоить им соответствующие коды, представленные в классификаторе «ТИМ КРЕДО ДАТ».

Индивидуальное задание выполнить в следующем порядке:

– открыть растровое изображение в приложении для просмотра фотографий;

– выполнить анализ условных знаков, изображенных на плане. Сначала изучить площадные объекты, потом линейные и завершить точечными (внемасштабными) условными знаками. После выявления того или иного условного знака нужно определить, к какому классу он относится. Открыть «Условные знаки» [10] и через оглавление перейти в этот класс. Далее найти изображение этого объекта. Потом его номер, тип топографического объекта (название) и характеристику поместить в табл. 24. В «Условных знаках» [10] в колонке «Название и характеристики топографических объектов» в квадратных скобах указаны номер (-а) пояснения к условным знакам;

– выбрать ярлык **ДАТ** и создать новый проект. В меню **Файл** выбрать команду **Классификатор**. Раскрыть слой, соответствующий классу топографических объектов (рис. 14). В колонке «**Имя**» найти тип объекта, а затем поместить код из колонки «**Базовый код**» в столбец «**Код**» в табл. 24.

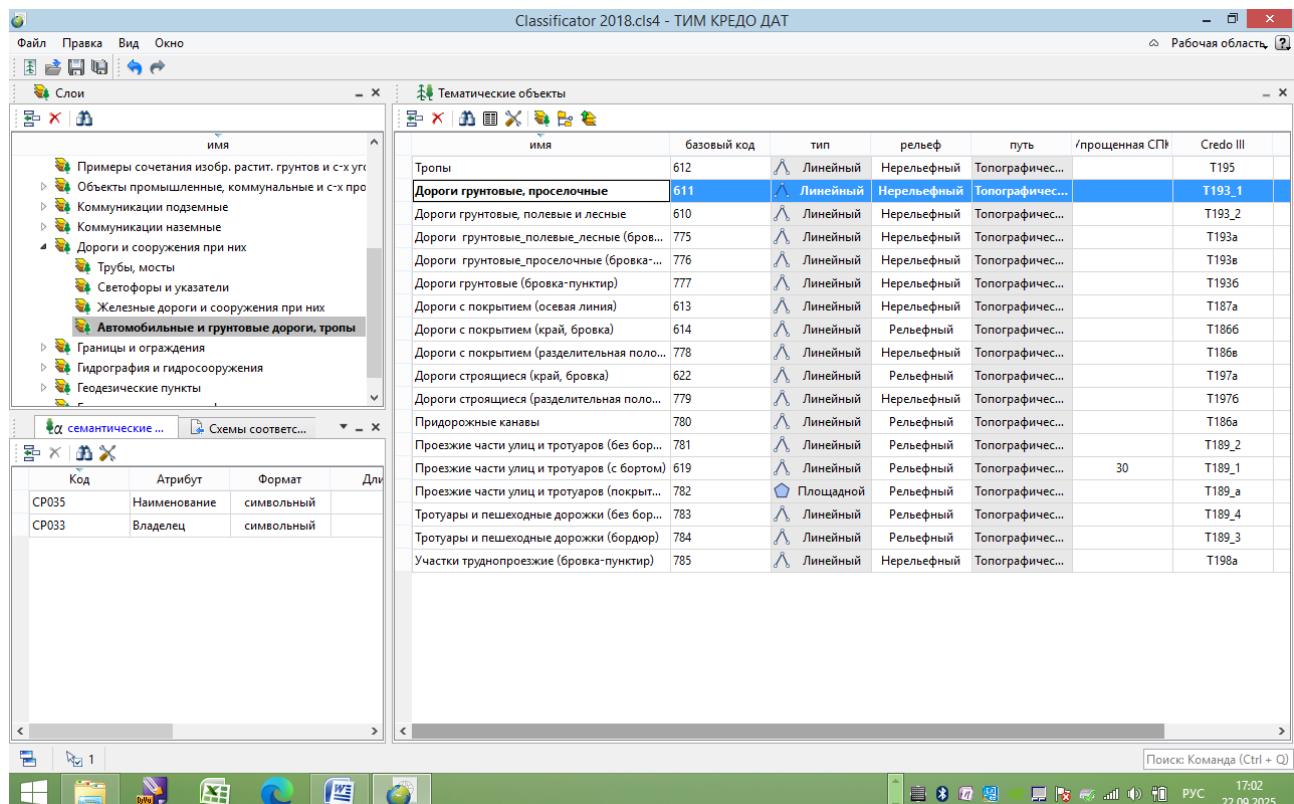


Рис. 14. Диалоговое окно классификатора

Поскольку в учебной лицензии «ТИМ КРЕДО ДАТ» классификатор содержит не все объекты, то если не был найден код топографического объекта в этом классификаторе, нужно поставить прочерк в столбце «Код» (см. табл. 24).

Содержание отчета

По завершении выполнения лабораторной работы каждый обучающийся представляет преподавателю отчет. Образец титульного листа и оглавления отчета соответственно представлены в прил. 1 и 4.

Таблица 24

Топографические объекты и коды

Номер	Тип объекта	Характеристика	Код
193.1	Дороги грунтовые	Проселочные	611
366	Контуры	Растительности	501
145	Участки	С изрытой поверхностью	501*
122.9	Пункты	Контрольно-распределительные	419
395	Кустарники	Заросли	524
474	Ограды	Металлическая высотой менее 1 м	714
122	Трубопроводы подземные	Трубопроводы, проложенные рядом в одной траншее	844
137	Линии связи и технических средств управления	Воздушные	802
122.7	Коверы	На нефтепроводах	418
114.3**	Столбы	Деревянные	348
390.1	Деревья отдельно стоящие	Широколиственные (бук, дуб, клен и т. п.)	542
390.2	Деревья отдельно стоящие	Мелколиственные (береза, ива, осина и т. п.)	557
390.6	Деревья отдельно стоящие	Сосны, кедры	558
-	Колодцы	В масштабе плана	-

Примечания: *) внутри контура дать пояснительный текст **) элемент условного знака.

Отчет оформляется в текстовом редакторе типа Word. В первом разделе нужно привести копию абриса и копию экрана рабочего стола «КРЕДО ДАТ 3.0» при открытой вкладке **Измерения (Станции)**.

Во втором разделе отчета должна быть приведена таблица кодов типов топографических объектов, отображенных на фрагменте растрового плана масштаба 1 : 500.

В третьем разделе привести ответы на контрольные вопросы в виде электронной копии рукописного текста.

Контрольные вопросы

1. В каком порядке выполняют автоматизированную тахеометрическую съемку?
2. Как выполнить контроль ориентировки прибора на станции?
3. Какие системы полевого кодирования реализованы в программных модулях «ТИМ КРЕДО»?
4. Где располагается признак-1 в кодовой строке?
5. Где располагается признак-2 в кодовой строке?
6. Какие элементы в кодовой строке могут отсутствовать?
7. Что определяют признаки 1 и 2?
8. Как выполнить полевое кодирование одного типа топографических объектов?
9. В каком поле GTS-236N формируется кодовая строка?
10. Как выполнить экспорт данных с GTS-236N в персональный компьютер?
11. Как выполнить импорт тахеометрической съемки, представленной в текстовом файле, в «КРЕДО ДАТ 3.0»?
12. Правильно ли сформированы кодовые строки: а) 42618; б) 2221104; 22214; 22218; 222114; в) 7151110; 71510; 71510; 7151140; г) 59314; д) 7571114; 75710; 75700; 7571134. Если нет, тогда где допущены ошибки?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебно-методическом пособии представлена методическая основа проведения технологической поверки геодезических приборов и измерений в нивелирном ходе III класса, городской полигонометрии и на станции автоматизированной тахеометрической съемки.

Отличительной чертой учебно-методического пособия является разделение лабораторных работ на совместную деятельность и индивидуальную.

Особенность работы заключается во введении одной из систем полевого кодирования топографической информации в учебный процесс.

Краткость и доступность изложения материала позволяет обучающимся легко освоить методику технологической поверки геодезических приборов и измерений и самостоятельно выполнить лабораторные работы.

В итоге обучающиеся будут способны выполнять измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств.

Учебно-методическое пособие содержит материалы, необходимые обучающимся при выполнении лабораторных работ, самостоятельной работы, при подготовке к коллоквиуму и экзамену по дисциплине «Геодезия».

Полученные практические навыки будут востребованы в профессиональной деятельности обучающихся.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калюжин В. А. Геодезия. Полевые работы : учебно-методическое пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 110 с.
2. ГОСТ Р 51606–2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. – Введ. 2001–01–01. – М. : Издательство стандартов, 2000. – 12 с.
3. ГОСТ 11897–95. Штативы для геодезических приборов. Общие технические требования и методы испытаний. – М. : Издательство стандартов, 2001. – 9 с.
4. ГКИНП (ГНТА) 03-010–02. Инструкция по нивелированию I, II, III, и IV классов. – М. : ЦНИИГАиК, 2003. – 135 с.
5. ГКИНП (ГНТА) 17-195–99. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М. : ЦНИИГАиК, 1999. – 32 с.
6. ГКИНП-02-033–79. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500. – М. : Недра, 1982. – 159 с.
7. ГКИНП (ОНТА) 01-271–03. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. – М. : ЦНИИГАиК, 2003. – 66 с.
8. ДАТ – Обработка полевых инженерно-геодезических данных. Руководство пользователя к версии 5.0. – Минск : Кредо-Диалог, 2018. – 253 с.
9. Калюжин В. А., Ильин А. А. Метрология, стандартизация и сертификация в геодезии и кадастре. Проверка геодезических приборов : метод. указания по выполнению практических работ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – 32 с.
10. Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500. – М. : Картгеоцентр, 2005. – 287 с.
11. Credo-Dat – Система камеральной обработки инженерно-геодезических работ. Справочное руководство к версии 3.0. В 15 т. Т 13. – Минск : Кредо-Диалог, 2001. – 236 с.

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГИТ)

Кафедра геоматики
и инфраструктуры недвижимости

ОТЧЕТ по лабораторной работе № *Тема лабораторной работы*

Выполнил:
обучающийся
группы Б3-2
ФИО обучающегося

Проверил:
В. А. Калюжин

Новосибирск – 2025

**ОБРАЗЕЦ ОГЛАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1 И 2**

ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ
- 2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ
- 3 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

**ОБРАЗЕЦ ОГЛАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3 И 4**

ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ**
- 2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**
- 3 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

**ОБРАЗЕЦ ОГЛАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5**

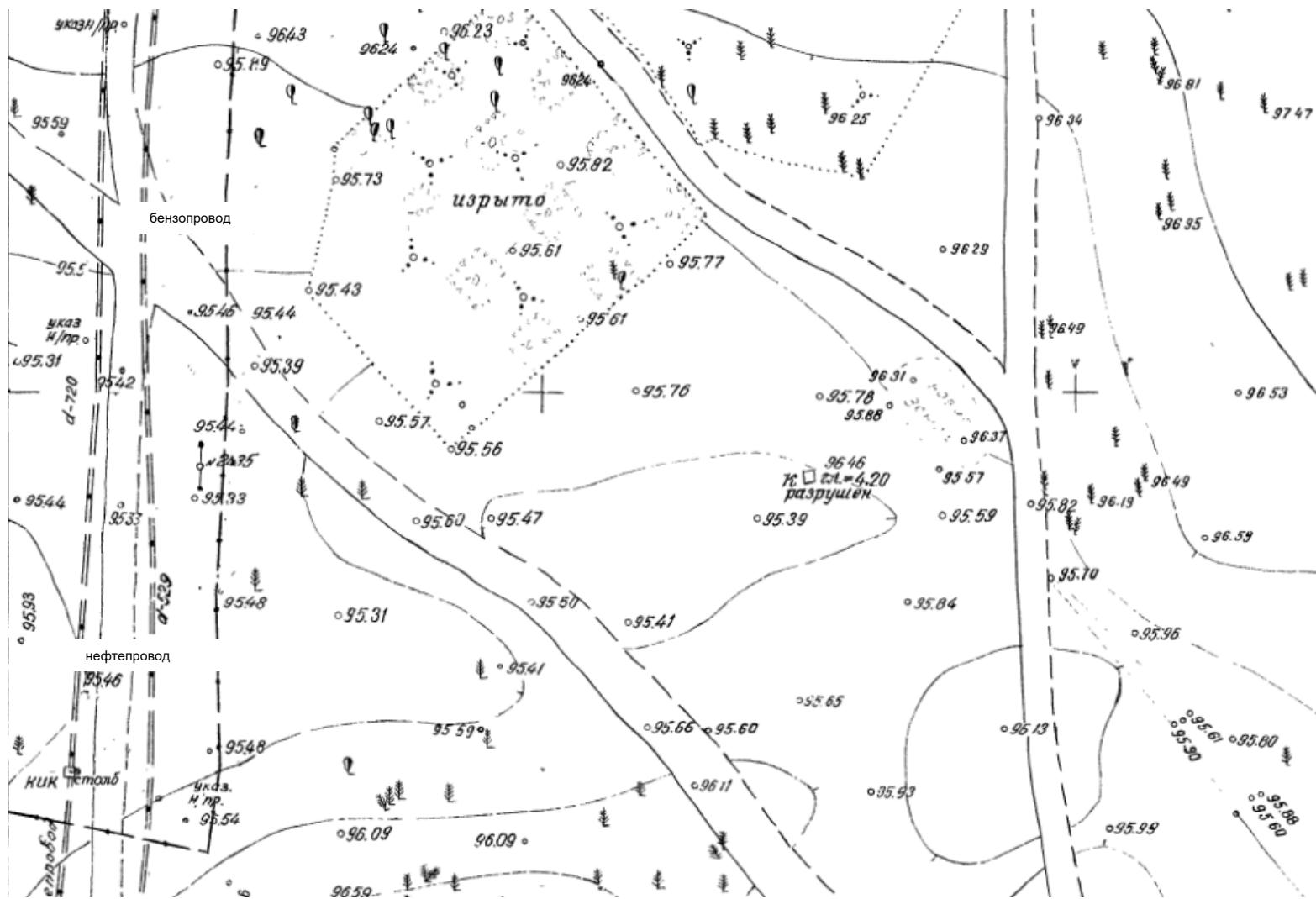
ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ
- 2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ
- 3 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

КОДЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

№	Код	Наименование
1	110	Пункт геодезической сети сгущения
2	121	Съемочные точки временные
3	220	Контур здания
4	221	Строящиеся здания
5	222	Разрушенные здания
6	330	Опоры железобетонные
7	348	Опоры деревянные
8	340	Опоры металлические
9	366	ЛЭП низковольтная
10	374	Водопровод
11	408	Колодец смотровой на теплотрассе
12	402	Колодец на водопроводе
13	426	Фонтан
14	424	Колодцы и скважины с ручным насосом
15	472	Канализация ливневая
16	553	Дерево отдельное фруктовое
17	554	Дерево отдельное лиственное
18	555	Дерево отдельное хвойное
19	502	Контур растительности
20	517	Кустарник, заросли
21	593	Кусты отдельно стоящие
22	613	Ось шоссе
23	614	Край шоссе
24	619	Проезжие части улиц, тротуары
25	610	Дороги проселочные (ось)
26	612	Тропы
27	704	Забор деревянный
28	715	Ограды металлические высотой более 1 м
29	759	Границы землепользования
30	757	Границы городских земель

ФРАГМЕНТ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА МАСШТАБА 1 : 500



Учебное издание

Калюжин Виктор Анатольевич

**НИВЕЛИРОВАНИЕ,
ГОРОДСКАЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЯ
И ЦИФРОВАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Редактор *О. В. Георгиевская*

Компьютерная верстка *Я. А. Лесных*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 25.12.2025. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 4,65. Тираж 130 экз. Заказ 183.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Издательско-полиграфический центр СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.