

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет геодезии и картографии»  
(МИИГАиК)

Учебно-методическое пособие по дисциплине  
ГЕОДЕЗИЯ:  
методические указания по выполнению контрольной работы №2  
для студентов заочной формы обучения

по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Составитель: Алексашина Е.В., доцент кафедры геодезии, к.т.н.  
Клыпин И.А., доцент кафедры геодезии, к.т.н.

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе МИИГАиК  
решением Редакционно-издательского совета  
(протокол № \_\_ от «\_\_» февраля 2021 г.)*

Рецензенты: Литвиненко М.В., декан факультета дистанционных форм обучения  
МИИГАиК, д.п.н.  
Рогова Н.С., доцент кафедры инженерных изысканий и геоэкологии  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), к.т.н.

Москва, 2021 г.

## Содержание

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                                                                                  | 3  |
| Требования к знаниям, умениям, которые студент должен будет продемонстрировать по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы ..... | 3  |
| Условия допуска работы к защите .....                                                                                                                                           | 4  |
| Методические указания по выполнению контрольной работы №2 .....                                                                                                                 | 5  |
| 1. Измерение расстояний .....                                                                                                                                                   | 5  |
| 2. Съёмочное обоснование. Производство съёмок .....                                                                                                                             | 8  |
| Вопросы для самоконтроля .....                                                                                                                                                  | 10 |
| Задание для контрольной работы №2 .....                                                                                                                                         | 11 |
| Пример выполнения контрольной работы №2 .....                                                                                                                                   | 12 |
| Требования к оформлению контрольной работы №2 .....                                                                                                                             | 21 |
| Рекомендуемая литература .....                                                                                                                                                  | 23 |
| Приложение 1. Макет титульного листа контрольной работы .....                                                                                                                   | 24 |
| Приложение 2. Индивидуальные задания для контрольной работы №2 .....                                                                                                            | 25 |
| Приложение 3. Журнал тахеометрического хода .....                                                                                                                               | 30 |
| Приложение 4. Журнал тахеометрической съёмки .....                                                                                                                              | 34 |
| Приложение 5. Пример обработки страницы журнала тахеометрического хода .....                                                                                                    | 38 |
| Приложение 6. Ведомость вычисления отметок пунктов тахеометрического хода (пример) .....                                                                                        | 40 |
| Приложение 7. Ведомость вычисления координат пунктов тахеометрического хода (пример) .....                                                                                      | 41 |
| Приложение 8. Пример обработки страницы журнала тахеометрической съёмки .....                                                                                                   | 42 |
| Приложение 9. Образец зарамочного оформления топографического плана .....                                                                                                       | 44 |

## Введение

Настоящее учебно-методическое пособие содержит краткие сведения по измерению расстояний и производству топографической съёмки. Данные разделы продолжают изучение геодезии на I курсе согласно Рабочей программе данной дисциплины. Учебно-методическое пособие дополнено методическими указаниями по составлению топографического плана с подробным изложением последовательности действий, приведены ссылки на электронные ресурсы с рекомендуемой учебной литературой.

**Требования к знаниям, умениям, которые студент должен будет продемонстрировать по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы**

По результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения контрольной работы №2 студент должен:

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать</b>   | существующие и создаваемые системы координат для построения государственных геодезических сетей; сущность и значение геодезической информации                                                                                                                                             |
| <b>Уметь</b>   | обеспечивать единую систему координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности;<br>работать с компьютером как средством управления информацией                                                                                                  |
| <b>Владеть</b> | методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей и координатных построений специального назначения;<br>основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации |

## Условия допуска работы к защите

Порядок допуска к защите контрольной работы №2 во время очных занятий:

| <i>Результат проверки</i>                       | <i>Действия студента</i>                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Работа допущена к защите <b>без исправлений</b> | Студент приносит распечатанную или отсканированную работу на экзамен                                                                                                                                                       |
| Работа допущена к защите <b>с исправлениями</b> | Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент не присылает повторно работу на проверку, а приносит исправленную работу на очные занятия в распечатанном виде для защиты                             |
| Работа <b>не допущена</b> к защите              | Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент присылает работу на проверку <b>повторно</b> , до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями |

## Методические указания по выполнению контрольной работы №2

### 1. Измерение расстояний

На земной поверхности всегда измеряется наклонное расстояние  $D$  с целью вычисления горизонтального проложения  $S$  линии местности.

Измерение расстояний можно выполнить непосредственно или косвенно.

При непосредственном измерении расстояний подвесной мерный прибор (рулетка) укладывается в створе измеряемой линии и домеряется остаток. Лента рулетки может быть эластичной, пластиковой, фибerglassовой или стальной. Согласно ГОСТ 7502–98 номинальная длина рулоков промышленных 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 и 100 метров. Фактическая длина отличается от номинальной. Это отличие выявляется в процессе сравнения длины рулетки с эталоном и называется поправкой за компарирование. В паспорте прибора указывается номинальная длина  $l_0$  в метрах и поправка  $\Delta l$  в миллиметрах или уравнение длины рулетки в виде:

$$l = l_0 + \Delta l.$$

Створ линии местности — отвесная плоскость, проходящая через конечные закреплённые точки линии. Он задаётся на местности на глаз или с помощью визирной оси прибора и визирной цели (вехи). При длинах измеряемых линий, превышающих номинальную длину рулетки, фиксируются в створе ещё и промежуточные визирные цели. Это действие называется вешение линии.

Процесс измерений состоит в укладывании рулетки в створе измеряемой линии  $n$  раз и измерении длины остатка  $r$ , где  $r < l_0$ .

Наклонное расстояние

$$D = (l_0 + \Delta l)n + r.$$

Длина горизонтального проложения линии местности вычисляется

$$S = D \cdot \cos \nu,$$

где  $\nu$  — угол наклона линии местности.

Горизонтальное проложение при этом вычисляют до 0.01 м.

Точность измерения расстояния характеризуется относительной погрешностью и составляет 1:1000, 1:2000, 1:3000.

В случае косвенных измерений для определения наклонного расстояния используются дальномеры. По принципу действия различают оптические и электрооптические средства измерений. К оптическим средствам измерений относятся нитяные дальномеры в зрительных трубах с внутренним фокусированием. В

основу их работы положено решение равнобедренного треугольника, где косвенным результатом измерения является высота  $D_0$ , а прямым — основание  $l$  (рис. 6.1).

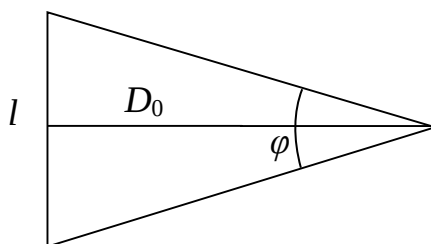


Рис. 6.1. Принцип измерения расстояния оптическим дальномером

При этом

$$D_0 = \frac{1}{2} l \cdot \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}.$$

При реализации данного решения в оптико-механических приборах вершина угла  $\varphi$  находится в фокальной плоскости зрительной трубы, а его величина конструктивно соответствует расстоянию между верхней и нижней нитями сетки и составляет  $34.38'$ . Отсюда константа

$$C = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = 99.9918$$

и называется коэффициент нитяного дальномера. При округлении до целого числа  $C$  равно 100.

Прямой результат измерения  $l$  производится по вертикальной рейке с сантиметровыми шашечными делениями. Для этого необходимо отсчитать количество сантиметровых делений рейки до 0.1 доли деления между нижней и верхней дальномерными нитями сетки ( $l$  называется дальномерный отсчёт, размерность — сантиметровые деления рейки, или сантиметры).

Наклонное расстояние  $D_0$  — это результат умножения коэффициента нитяного дальномера на дальномерный отсчёт. Размерность  $D_0$  — также сантиметры.

Из-за конструктивных особенностей в значение  $D_0$  необходимо вводить поправки.

К конструктивным особенностям относятся такие, как переменное фокусное расстояние зрительной трубы, несовпадение плоскости сетки нитей с осью вращения прибора и другие. Поправки определяются эмпирически путём измерения нитяным дальномером отрезков эталонной длины.

Обозначение поправки —  $P$ . Размерность — метры.

Наклонное расстояние с учётом поправки

$$D = 100l + P.$$

Длина горизонтального проложения линии местности

$$S = D \cdot \cos^2 \nu,$$

где  $\nu$  — угол наклона линии местности.

Горизонтальное проложение при этом вычисляют до 0.1 м.

Точность измерения расстояния характеризуется относительной погрешностью и составляет от 1:400 до 1:700.

К электрооптическим средствам измерений относятся светодальномеры. Их принцип действия заключается в измерении промежутка времени  $\tau$ , в течение которого световой поток проходит измеряемое расстояние  $D$  до отражателя и обратно:

$$D = \frac{v \cdot \tau}{2},$$

где  $v$  — скорость распространения света с учётом показателя преломления воздуха,

$\tau$  — время, измеряемое косвенным путем через разность фаз  $\Delta\psi$  на нескольких фиксированных частотах  $f$ . Разность фаз  $\Delta\psi$  представляется в виде

$$\Delta\psi = 2\pi N + \Delta N,$$

где  $N$  — число полных фазовых циклов,

$\Delta N$  — дробная часть фазового цикла.

Наклонное расстояние

$$D = \frac{c}{2f}(N + \Delta N).$$

Длина горизонтального проложения линии местности вычисляется

$$S = D \cdot \cos \nu,$$

где  $\nu$  — угол наклона линии местности.

Горизонтальное проложение при этом вычисляют до 0.01 м или до 0,001 м.

Точность измерения расстояния  $D$  в километрах характеризуется средней

квадратической погрешностью  $m_D$ , которая может быть выражена в виде уравнения регрессии

$$m_D = a_{MM} + b_{MM/KM} D_{KM}.$$

Замечание. Светодалномер как автономное средство измерений в настоящее время не используется, но принцип его работы лежит в основе работы таких средств измерений, как электронный тахеометр и лазерная рулетка.

## **2. Съёмочное обоснование. Производство съёмок**

Топографическая съёмка — вид геодезических работ, итогом которого является изображение участка местности. Различают горизонтальную съёмку и вертикальную. В первом случае подробно отображаются все элементы ситуации в соответствии с графической точностью масштаба съёмки. Во втором — показывается рельеф местности в соответствии с заданной высотой сечения рельефа. При создании топографической карты эти два вида съёмки выполняются одновременно. Производству съёмки предшествует создание съёмочного обоснования. Это совокупность закреплённых на местности пунктов с известными координатами  $X$ ,  $Y$ ,  $H$ . Такое обоснование называется планово-высотным. При известных значениях только координат  $X$ ,  $Y$  — плановым. Средства измерений: теодолит и рейка или электронный тахеометр и отражатель.

При изучении данного раздела выделяются две темы:

- 1) создание съёмочного обоснования и
- 2) производство теодолитной и тахеометрической съёмок.

### **2.1. Создание съёмочного обоснования**

Плановое обоснование создается проложением теодолитного хода. Планово-высотное обоснование строится проложением тахеометрического хода. Проложить ход — это значит построить на местности разомкнутый или замкнутый многоугольник, вершинами которого будут закреплённые на местности пункты. Цель проложения ходов — вычисление координат пунктов в исходной системе координат. Для этого на местности необходимо выполнить измерения соответствующих величин: горизонтальных углов и наклонных расстояний в теодолитном ходе (полярных координат пунктов), а в тахеометрическом — ещё и превышений способом тригонометрического нивелирования. В этой связи принято различать полевой и камеральный этапы при создании обоснования.

Подробности построения обоснования для производства топографической съёмки и ответы на вопросы для самопроверки изложены в [1].

## **2.2. *Производство теодолитной и тахеометрической съёмки***

В результате теодолитной съёмки получают контурный план местности. Тахеометрическую съёмку выполняют с применением преимущественно способа полярных координат. В результате тахеометрической съёмки получают как плановое положение контуров и предметов местности, так и рельеф. Различают полевой и камеральный этапы работ. При полевых работах измеряют в полярной системе координат положение характерных элементов ситуации, а также превышения способом тригонометрического нивелирования. На камеральном этапе строят изображение участка местности.

Общие сведения по производству теодолитной и тахеометрической съёмок изложены в [1]. При изучении темы следует обратить внимание на организацию работ и технические допуски, а также правила ведения абриса. Такие же вопросы следует изучить при рассмотрении раздела тахеометрической съёмки.

## **2.3. *Составление плана местности***

Составление плана по результатам теодолитной и тахеометрической съёмок изложено в Практикуме по геодезии [2].

Студент может закрепить знания, полученные при проработке рассматриваемой темы, выполняя контрольную работу №2.

## Вопросы для самоконтроля

### Измерение расстояний:

1. Как выполняются измерения расстояний с помощью рулетки? Какова точность этих измерений?
2. Как вычислить горизонтальное проложение линии, измеренной рулеткой?
3. Что такое коэффициент и поправка нитяных дальномеров?
4. Как вычислить горизонтальное проложение линии, измеренной нитяным дальномером?
5. Какова точность измерения расстояний нитяным дальномером и от чего она зависит?
6. Что лежит в основе измерения расстояний светодальномером?
7. Что является характеристикой точности измерения расстояний светодальномером?

### Съёмочное обоснование и производство съёмок:

1. Для каких целей прокладывают теодолитные и тахеометрические ходы?
2. Как осуществляется привязка теодолитных и тахеометрических ходов к пунктам государственной геодезической основы?
3. Каковы допустимые длины сторон в теодолитных и тахеометрических ходах и допустимые длины ходов?
4. В чем заключается отличие в порядке работы на станции при проложении теодолитного и тахеометрического ходов?
5. Какие полевые контроли измерений выполняются в теодолитном и тахеометрическом ходах?
6. Что такое невязка, какие виды невязок существуют в теодолитных и тахеометрических ходах? Как оценить допустимость невязки?
7. Для каких условий справедлива формула допустимой высотной невязки в тахеометрическом ходе

$$\text{доп. } f_h = \frac{0,04 \cdot [S]}{\sqrt{n_h}}.$$

8. Как проконтролировать вычисление исправленных приращений координат в замкнутых и разомкнутых теодолитных и тахеометрических ходах?
9. Как вычислить допустимую линейную невязку в тахеометрическом ходе?
10. По какой формуле вычисляют поправки в превышения между пунктами тахеометрического хода?
11. Какие виды работ включает прокладывание теодолитных и тахеометри-

ческих ходов?

12. В чем состоит сходство и различие теодолитной и тахеометрической съёмок?

13. Как ведется абрис при тахеометрической съёмке?

14. Каким образом можно построить координатную сетку?

15. Как контролируется качество построения координатной сетки?

16. Каков порядок работы на станции при производстве тахеометрической съёмки?

17. Какими способами выполняется теодолитная съёмка?

18. Как контролируется положение лимба прибора в процессе тахеометрической съёмки?

19. Как выбираются съёмочные пикеты при производстве тахеометрической съёмки?

## Задание для контрольной работы №2

Произвести вычислительную обработку результатов измерений, полученных при проложении тахеометрического хода и тахеометрической съёмке. Построить план местности в масштабе 1:1000 с сечением рельефа равным 1 м.

Проложен разомкнутый тахеометрический ход между исходными пунктами 4541 и 3177. Даны условные прямоугольные координаты и отметки этих пунктов, а также дирекционные углы исходных направлений 4540–4541 и 3177–3178 (Приложение 2). Результаты измерений, полученные при проложении тахеометрического хода, записаны в полевом журнале (Приложение 3). В журнале приняты следующие обозначения:

$i$  — высота прибора (в метрах),

$v$  — высота визирования (в метрах),

$P$  — отсчёт при круге право (в градусах и минутах),

$L$  — отсчёт при круге лево (в градусах и минутах),

$\beta$  — горизонтальный угол поворота, левый по ходу (в градусах и минутах),

$\alpha$  — дирекционный угол направления для стороны (в градусах и минутах),

$\nu$  — вертикальный угол наклона (в градусах и минутах),

$l$  — дальномерный отсчёт (в сантиметрах),

$D$  — наклонное расстояние (в метрах),

$S$  — горизонтальное проложение (в метрах),

$h$  — превышение (в метрах),

$H$  — высота точки (в метрах),

$MO$  — место нуля (в градусах и минутах),

$P$  — поправка в дальномерное расстояние (в метрах).

При проложении тахеометрического хода были измерены левые горизонтальные углы теодолитом 3Т5КП одним полным приёмом при ориентированном лимбе в каждом полуприёме.

Рейки использованы двухсторонние, трехметровые с сантиметровыми делениями.

Расстояния измерены нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях. Для контроля измерений были выполнены дальномерные отсчёты по чёрной и красной сторонам рек.

Вертикальные углы при проложении тахеометрического хода измерены при двух положениях круга.

После проложения тахеометрического хода была произведена тахеометрическая съёмка местности. Журнал результатов измерений и абрисы приведены в Приложении 4.

Вертикальные и горизонтальные углы при тахеометрической съёмке измерены при круге лево. Место нуля определено на каждой станции тахеометрического хода. Расстояния до съёмочных реечных точек измерены нитяным дальномером по чёрной стороне рек.

Исходные данные для обработки журнала измерений в тахеометрическом ходе выбираются из Приложения 5 по номеру шифра студента.

Например: шифр студента 34Г–97 — следовательно, номер варианта 97. Если номер шифра более 100, то для определения варианта необходимо из номера шифра вычесть 100: например: шифр 31Г–134 — следовательно, номер варианта 34.

## **Пример выполнения контрольной работы №2**

Последовательность выполнения контрольной работы №2, основные указания и справочные формулы приведены ниже.

### ***Обработка журнала тахеометрического хода***

1. Выписать в тетрадь результаты измерений (по форме журнала в Приложении 3) или скопировать и распечатать соответствующие страницы Приложения 3.

2. Вычислить углы поворота (до  $0,1'$ ) в полуприёмах (Л и П) как разность отсчётов по горизонтальному кругу при соответствующих установках (Л и П), выполнить контроль отсутствия грубых ошибок в измерениях горизонтальных углов, вычислить средние значения углов до  $0,1'$ .

3. Вычислить место нуля и углы наклона (до  $0,1'$ ), используя отсчёты по вертикальному кругу, по формулам

$$MO = \frac{\Lambda - \Pi}{2},$$

$$\nu = \frac{\Lambda + \Pi}{2}, \text{ или } \nu = \Lambda - MO, \text{ или } \nu = \Pi + MO.$$

Пример.  $\Lambda = +1^{\circ}19.1',$   
 $\Pi = +1^{\circ}19.5',$   
 $MO = \frac{1^{\circ}19.1' - 1^{\circ}19.5'}{2} = \frac{-0^{\circ}00.4'}{2} = -0'00.2',$   
 $\nu = \frac{1^{\circ}19.1' + 1^{\circ}19.5'}{2} = \frac{+2^{\circ}38.6'}{2} = +1'19.3'.$

4. Вычислить средние значения дальномерных отсчётов до 0,1 доли сантиметрового деления по формуле

$$l = \frac{l_{\text{ч.}} + l_{\text{к.}}}{2},$$

где  $l_{\text{ч.}}$  — дальномерный отсчёт, взятый по чёрной стороне рейки,  
 $l_{\text{к.}}$  — дальномерный отсчёт, взятый по красной стороне рейки.

Пример.  $l_{\text{ч.}} = 96,2 \text{ см},$   
 $l_{\text{к.}} = 96,1 \text{ см},$   
 $l = \frac{96,2 \text{ см} + 96,1 \text{ см}}{2} \approx 96,2 \text{ см}.$

5. Вычислить наклонные расстояния до 0,1 м, измеренные нитяным дальномером, по формуле:

$$D = 100 \cdot l + P,$$

где  $l$  — средний дальномерный отсчёт в сантиметровых делениях рейки,  
 $P$  — поправка в дальномерное расстояние, которая выбирается из индивидуальных заданий (Приложение 2) по расстоянию

$$D' = 100 \cdot l$$

с помощью интерполирования.

Пример.  $l = 172,3 \text{ см},$   
 $D' = (100 \times 172,3) \text{ см} = 17230 \text{ см} = 172,3 \text{ м},$

$$P_1 = -0,6 \text{ м при } D'_1 = 150 \text{ м,}$$

$$P_2 = -1,1 \text{ м при } D'_2 = 200 \text{ м,}$$

$$\Delta D'_{150 \rightarrow 172,3} = 172,3 \text{ м} - 150 \text{ м} = +22,3 \text{ м,}$$

$$\Delta P_{150 \rightarrow 200} = P_2 - P_1 = -1,1 \text{ м} - (-0,6 \text{ м}) = -0,5 \text{ м} —$$

составляем и решаем пропорцию:

|                                                   |                                                       |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| $\Delta P_{150 \rightarrow 200} = -0,5 \text{ м}$ | $\Delta D'_{150 \rightarrow 200} = +50 \text{ м}$     |
| $\Delta P_{150 \rightarrow 172,3} = x \text{ м}$  | $\Delta D'_{150 \rightarrow 172,3} = +22,3 \text{ м}$ |

$$\Delta P_{150 \rightarrow 172,3} = \frac{-0,5 \text{ м} \times (+22,3 \text{ м})}{50 \text{ м}} = -0,22 \text{ м} \approx -0,2 \text{ м,}$$

$$P = P_1 + \Delta P_{150 \rightarrow 172,3} = -0,6 \text{ м} + (-0,2 \text{ м}) = -0,8 \text{ м,}$$

$$D = D' + P = 172,3 \text{ м} + (-0,8 \text{ м}) = 171,5 \text{ м.}$$

6. Вычислить горизонтальные проложения линий (до 0,1 м) по формуле

$$S = D \cdot \cos^2 \nu.$$

Расхождения в горизонтальных проложениях, полученных в прямом и обратном направлениях, не должны превышать  $\frac{1}{200}$  от расстояния. Если расхождения не превышают допустимые, то вычисляют средние значения горизонтальных проложений линий для использования в дальнейших расчётах.

7. Вычислить превышения (до 0,01 м) по формуле

$$h = h' + i - \nu,$$

где

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin(2\nu) \quad \text{или} \quad h' = S \cdot \operatorname{tg} \nu.$$

Превышения, полученные по измерениям между одними и теми же пунктами, рассматриваются далее как превышения в прямом и обратном направлениях ( $h_{\text{пр.}}$  и  $h_{\text{обр.}}$ ).

8. Вычислить средние значения превышений  $h_{\text{ср.}}$  (до 0,01 м) по формуле

$$h_{\text{ср.}} = \frac{h_{\text{пр.}} - h_{\text{обр.}}}{2}.$$

Расхождение в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, по своему абсолютному значению не должно превышать 10 см для расстояний не более 250 м.

Пример обработки страницы журнала тахеометрического хода приведен в Приложении 5 (результаты вычислений даны в нём курсивом).

### ***Вычисление отметок пунктов тахеометрического хода***

1. Выписать средние значения превышений в ведомость вычисления отметок пунктов тахеометрического хода. Образец ведомости приведен в Приложении 6.

2. Вычислить невязку в превышениях  $f_h$  (до 0,01 м) в сумме превышений по ходу по формуле

$$f_h = \Sigma h_{\text{пр.}} - \Sigma h_{\text{теор.}}$$

при

$$\begin{aligned}\Sigma h_{\text{пр.}} &= [h_{\text{ср.}}], \\ \Sigma h_{\text{теор.}} &= H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}},\end{aligned}$$

где  $[h_{\text{ср.}}]$  — сумма средних превышений в метрах,

$H_{\text{нач.}}$  — отметка начального исходного пункта,

$H_{\text{кон.}}$  — отметка конечного исходного пункта.

3. Вычислить допустимое значение невязки (до 0,01 м) по формуле

$$\text{доп. } f_h = \frac{0,04 \cdot [S]}{\sqrt{n_h}},$$

где  $[S]$  — сумма средних горизонтальных проложений в метрах,

$n_h$  — общее число средних превышений в тахеометрическом ходе.

Допустимое значение невязки в превышениях по этой формуле получается в сантиметрах.

4. Выполнить контроль качества измерения превышений. Для этого необходимо проверить выполнение неравенства:

$$|f_h| \leq \text{доп. } f_h.$$

Невыполнение данного неравенства свидетельствует о наличии грубых ошибок или в измерении превышений, или их вычислении.

В случае его выполнения следует распределить невязку в превышениях по ходу путем вычисления поправок в измеренные превышения.

5. Вычислить поправки в превышения (до 0,01 м) по формуле

$$v_{h_i} = -\frac{f_h}{[S]} S_i.$$

6. Выполнить контроль вычисления поправок по правилу:

$$[v_{h_i}] = -f_h.$$

7. Вычислить исправленные превышения (до 0,01 м) по формуле

$$h_{\text{испр.},i} = h_i + v_{h_i}.$$

8. Выполнить контроль вычисления исправленных превышений по правилу:

$$[h_{\text{испр.},i}] = H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}$$

9. Вычислить отметки пунктов (до 0,01 м).

Пример вычисления отметок точек этого хода приведён в Приложении 6 (результаты вычислений даны в нём курсивом).

### ***Вычисление координат пунктов тахеометрического хода***

1. Выписать средние значения горизонтальных углов хода в ведомость вычисления координат пунктов тахеометрического хода. Образец ведомости приведён в Приложении 7.

2. Вычислить угловую невязку (до 0,1') по формуле

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{пр.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$$

при

$$\Sigma\beta_{\text{пр.}} = [\beta],$$

где  $[\beta]$  — сумма средних значений горизонтальных углов, и

$$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = \alpha_{\text{кон.}} - \alpha_{\text{нач.}} + 180^\circ \cdot n_\beta$$

где  $\alpha_{\text{нач.}}$  — дирекционный угол начального исходного направления,

$\alpha_{\text{кон.}}$  — дирекционный угол конечного исходного направления,

$n_{\beta}$  — число измеренных углов поворота, причём

$$n_{\beta} = n_h + 1.$$

3. Вычислить допустимое значение угловой невязки (до  $0,1'$ ) по формуле

$$\text{доп. } f_{\beta} = 1' \cdot \sqrt{n_{\beta}}.$$

4. Полученное значение невязки не должно превышать по своей абсолютной величине предельно допустимое значение, то есть

$$|f_{\beta}| \leq \text{доп. } f_{\beta}.$$

Невыполнение данного неравенства указывает на наличие грубых ошибок в измерении горизонтальных углов. При этом дальнейшая обработка результатов измерений не выполняется до устранения грубых ошибок.

5. Вычислить исправленные значения горизонтальных углов (до  $0,1'$ ), при этом полученная угловая невязка распределяется с обратным знаком поровну во все измеренные углы, то есть

$$\beta_{\text{испр.},i} = \beta_i + \frac{-f_{\beta}}{n_{\beta}}.$$

6. Вычислить с контролем по значению исходного конечного дирекционного угла дирекционные углы сторон тахеометрического хода по исправленным значениям горизонтальных углов согласно формуле, связывающей дирекционные углы предыдущей и последующей линий:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_{\text{испр.},i} - 180^{\circ}.$$

7. Выписать в ведомость вычисления координат пунктов тахеометрического хода средние значения горизонтальных проложений и найти их сумму.

8. Вычислить приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  (до  $0,1$  м) по формулам

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha,$$

$$\Delta y = S \cdot \sin \alpha.$$

9. Вычислить невязки в сумме приращений координат  $f_{\Delta x}$  и  $f_{\Delta y}$  и линей-

ную невязку хода  $f_S$  (до 0,1 м) по формулам

$$f_{\Delta x} = \Sigma \Delta x_{\text{пр.}} - \Sigma \Delta x_{\text{теор.}}$$

при

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta x_{\text{пр.}} &= [\Delta x], \\ \Sigma \Delta x_{\text{теор.}} &= X_{\text{кон.}} - X_{\text{нач.}},\end{aligned}$$

где  $[\Delta x]$  — сумма приращений координат  $\Delta x$ ,  
 $X_{\text{нач.}}$  — координата  $X$  начального опорного пункта,  
 $X_{\text{кон.}}$  — координата  $Y$  конечного опорного пункта,

$$f_{\Delta y} = \Sigma \Delta y_{\text{пр.}} - \Sigma \Delta y_{\text{теор.}}$$

при

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta y_{\text{пр.}} &= [\Delta y], \\ \Sigma \Delta y_{\text{теор.}} &= Y_{\text{кон.}} - Y_{\text{нач.}},\end{aligned}$$

где  $[\Delta y]$  — сумма приращений координат  $\Delta y$ ,  
 $Y_{\text{нач.}}$  — координата  $X$  начального опорного пункта,  
 $Y_{\text{кон.}}$  — координата  $Y$  конечного опорного пункта, и

$$f_S = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}.$$

10. Вычислить допустимую линейную невязку (с точностью до 0,1 м) по формуле

$$\text{доп. } f_S = \frac{[S]}{400 \cdot \sqrt{n_S}},$$

где  $n_S$  — общее число средних горизонтальных проложений в тахеометрическом ходе.

11. Вычислить относительную линейную невязку и сравнить её с допустимой:

$$\frac{f_S}{[S]} \leq \frac{1}{400},$$

12. Вычислить с контролем поправки в приращения координат по формулам

$$\begin{aligned}v_{\Delta x_i} &= -\frac{f_{\Delta x}}{[S]} S_i, \\v_{\Delta y_i} &= -\frac{f_{\Delta y}}{[S]} S_i.\end{aligned}$$

Контроль:

$$\begin{aligned}[v_{\Delta x_i}] &= -f_{\Delta x}; \\[v_{\Delta y_i}] &= -f_{\Delta y}.\end{aligned}$$

Поправки вычисляются только в том случае, если полученное значение линейной невязки не превышает по своей абсолютной величине предельно допустимое значение, то есть

$$|f_S| \leq \text{доп. } f_S.$$

13. Вычислить с контролем исправленные приращения координат по формулам

$$\begin{aligned}\Delta x_{\text{испр.},i} &= \Delta x_i + v_{\Delta x_i}, \\ \Delta y_{\text{испр.},i} &= \Delta y_i + v_{\Delta y_i}.\end{aligned}$$

Контроль:

$$\begin{aligned}[\Delta x_{\text{испр.},i}] &= X_{\text{кон.}} - X_{\text{нач.}} \\ [\Delta y_{\text{испр.},i}] &= Y_{\text{кон.}} - Y_{\text{нач.}}\end{aligned}$$

14. Вычислить координаты пунктов тахеометрического хода по исправленным приращениям координат:

$$\begin{aligned}X_i &= X_{i-1} + \Delta x_{\text{испр.},i}, \\ Y_i &= Y_{i-1} + \Delta y_{\text{испр.},i}.\end{aligned}$$

Пример вычисления координат пунктов тахеометрического хода приведён в Приложении 7 (результаты вычислений даны в нём курсивом).

## Обработка журнала тахеометрической съёмки

1. Отсчёты при выполнении полевых измерений в процессе производства тахеометрической съёмки приведены в Приложении 4. Для дальнейшей обработки их необходимо перенести в выполняемую контрольную работу одним из доступных способов: 1) скопировать и распечатать или 2) выписать вручную — в обоих случаях сохраняя форму журнала из Приложения 4. При выборе первого способа допускается заполнение журнала в текстовом редакторе или в табличном процессоре с последующим представлением полученных результатов в электронном или в распечатанном виде.

2. Выписать результаты измерений, полученные при съёмке, для каждой станции (по форме журнала в Приложении 4) или скопировать и распечатать соответствующие страницы Приложения 4.

3. Вычислить значение места нуля на станции (до  $0,1'$ ) аналогично тому, как это делалось при обработке журнала тахеометрического хода.

4. Вычислить для каждого пикета углы наклона по определённому на каждой станции месту нуля (до  $0,1'$ ) по формуле, использовавшейся для этой цели при обработке журнала тахеометрического хода.

5. Вычислить для каждого пикета наклонные расстояния  $D$  и горизонтальные проложения  $S$  от станции (до  $0,1$  м) точно так, как это делалось при обработке журнала тахеометрического хода.

6. Вычислить превышения  $h$  (до  $0,01$  м) между станцией и соответствующим пикетом, используя формулы из обработки журнала тахеометрического хода.

7. Выписать отметки станций из ведомости вычисления отметок пунктов тахеометрического хода.

8. Вычислить отметки пикетов (до  $0,1$  м).

Пример обработки страницы журнала тахеометрической съёмки приведён в Приложении 8 (результаты вычислений даны в нём курсивом).

## *Последовательность действий при составлении плана*

По условиям контрольной работы № 2 план составляют в масштабе  $1:1000$  с сечением рельефа равным  $1$  м.

1. На листе белой бумаги формата А3 (или А1) с помощью простого карандаша со степенью твёрдости 3Т (3Н) или 4Т (4Н) построить координатную сетку со сторонами квадратов  $10 \times 10$  см. В [2] рассмотрен порядок действий при построении с использованием линейки Дробышева. При её отсутствии координатную сетку можно построить способом диагоналей [5]. Для этого на листе проводятся две диагонали максимальной длины. От точки пересечения диагоналей откладываются отрезки равной максимальной длины по всем четырём полудиagonalям. Таким образом, получаются четыре вершины координатной сетки, фикси-

рующие четыре стороны. Затем по каждой из сторон откладываются отрезки длиной 10 см, что лучше делать с помощью циркуля-измерителя, обеспечивающего графическую точность построений 0,1 мм. Концы этих отрезков соединяются тонкими линиями. Таким образом, получается сетка квадратов 50x50 см (для формата A1) или 30x40 см (для формата A3). Графический контроль: длины всех диагоналей должны быть равны между собой (допуск 0,5 мм на максимальное расхождение).

2. Далее, ориентируясь на полученные ранее результаты вычисления прямоугольных координат пунктов тахеометрического хода, необходимо выполнить оцифровку горизонтальных (ось абсцисс) и вертикальных (ось ординат) линий в соответствии с масштабом 1:1000 (координаты линий сетки кратны 100 м) с таким расчётом, чтобы при нанесении на план тахеометрический ход располагался примерно посередине листа.

3. Нанести с помощью численного масштаба пункты тахеометрического хода по значениям координатам. (Предполагается использование линейки с миллиметровыми делениями.) Выполнить контроль по полученным длинам сторон и дирекционным углам, которые должны совпасть с вычисленными в пределах 1,5 мм в масштабе плана (1,5 м) и  $1,5^\circ$  соответственно.

4. Нанести с помощью транспортира и любого вида масштаба пикеты по измеренным горизонтальным углам и вычисленным горизонтальным проложениям, взятым из соответствующего журнала, подписать у пикетов их отметки, вычисленные в том же журнале.

5. Провести горизонтали способом графического интерполирования по направлениям ската, указанным на абрисах в журнале тахеометрической съёмки одинарными стрелками [2].

6. Нанести ситуацию в соответствии с Условными знаками масштаба 1:1000 [3].

7. Вычертить план тушью в соответствии с [3].

8. Выполнить тушью зарамочное оформление по образцу в Приложении 9.

## **Требования к оформлению контрольной работы №2**

Контрольная работа №2 состоит из расчётной и графической части. Расчётная часть (журналы и ведомости) может быть представлена как в рукописном, так и в электронном виде. Страницы журналов с результатами измерений допускается сканировать и распечатывать, при этом нечётная и чётная страницы учебно-методического пособия печатаются на одном листе. При работе в системе дистанционного обучения страницы журналов и расчётные ведомости представляются исключительно в электронном виде как оформленные листы электронной таблицы или оформленных в текстовом редакторе таблиц, допускаются также сканы и фотографии, организованные в единый PDF-файл. Расчётная часть контрольной

работы также должна быть снабжена титульной страницей, которая должна быть оформлена в соответствии с макетом, представленным в Приложении 1.

Топографический план участка тахеометрической съёмки выполняется **исключительно на бумажном носителе**. Для допуска к защите топографический план размещается в системе дистанционного обучения в виде цветного изображения, предпочтительно отсканированного (допускается фотография без существенных искажений: снимать строго вертикально) с разрешением не менее 300 dpi. Непосредственно для защиты студент заочной формы обучения обязательно приносит выполненный на бумажном носителе (не распечатку) топографический план на занятия в сессию.

## Рекомендуемая литература

### **основная:**

1) Кузнецов, П. Н. Геодезия. Часть I: учебник для вузов / П. Н. Кузнецов. — М.: Академический Проект, 2010. — 256 с. — Текст: электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/20570> (дата обращения: 28.02.2021).

2) Баканова, В.В. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов / В.В. Баканова, Я.Я. Карклин, Г.К. Павлова, М.С. Черемисин. — М.: Недра, 1983. — 456 с. — Текст: электронный // Облако Mail.ru: [электронный ресурс]. — URL: <https://cloud.mail.ru/public/kVt1/t5soep2FC> (дата обращения: 28.02.2021).

3) Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: ФГУП «Картгеоиздат», 2005. — 287 с. — Текст: электронный // Информационно-справочная система GOSTRF.COM: [электронный ресурс]. — URL: <https://www.gostrf.com/normadata/1/4293850/4293850682.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

4) Маслов, А. В. Геодезия: учебное пособие для вузов / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. — М: Колосс, 2008. — 598 с. — Текст электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/5174> (дата обращения: 28.02.2021).

5) Кравченко, О. В. Лекция 14. Построение плана теодолитной съёмки // ЭУМК по дисциплине "Инженерная геодезия" кафедры лесоустройства Белорусского государственного технологического университета: [электронный ресурс]. — URL: <https://lu.belstu.by/wp-content/uchebnaya-rabota/dnevnoe/lh/inzhenernaya-geodeziya/lekciya-14-ing-geod.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

### **дополнительная:**

6) Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и её применение: учебное пособие для вузов / В. Е. Дементьев. — М.: Академический проект, 2008. — 591 с. — Текст: электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/22231> (дата обращения: 28.02.2021).

7) Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: Недра, 1982. — 160 с. — Текст: электронный // Информационная система МЕГАНОРМ: [электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293842/4293842648.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

**Приложение 1. Макет титульного листа контрольной работы**

**«Московский государственный университет  
геодезии и картографии»**

**ФАКУЛЬТЕТ ДИСТАНЦИОННЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ**

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2**  
*по геодезии*

*студента заочного отделения ФДФО*

*направления подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование*

---

*фамилия*

---

*имя*

---

*отчество*

**Шифр:** \_\_\_\_\_

**Домашний адрес (индекс), мобильный телефон:**

---

---

---

20\_\_ год

## Приложение 2. Индивидуальные задания для контрольной работы №2

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| №  | $\alpha_{4540 \rightarrow 4541}$ | $X_{4541}$ | $Y_{4541}$ | $H_{4541}$ | $X_{3177}$ | $Y_{3177}$ | $H_{3177}$ | $\alpha_{3177 \rightarrow 3178}$ |
|----|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|
|    | ° ' "                            | М          | М          | М          | М          | М          | М          | ° ' "                            |
| 1  | 21 45,2                          | 1447,2     | 1606,2     | 146,57     | 1220,7     | 1790,6     | 142,67     | 351 28,6                         |
| 2  | 41 50,4                          | 1758,5     | 1550,0     | 156,03     | 1482,4     | 1645,4     | 152,16     | 11 34,1                          |
| 3  | 10 45,3                          | 1496,5     | 1194,7     | 147,39     | 1309,3     | 1419,0     | 143,49     | 340 28,6                         |
| 4  | 76 50,9                          | 1430,8     | 1538,1     | 155,45     | 1149,9     | 1457,8     | 151,54     | 46 34,6                          |
| 5  | 319 43,9                         | 1379,0     | 1043,3     | 154,02     | 1435,6     | 1329,9     | 150,09     | 289 27,6                         |
| 6  | 71 51,7                          | 1487,8     | 1294,9     | 156,47     | 1201,0     | 1239,3     | 152,54     | 41 35,0                          |
| 7  | 23 45,4                          | 1589,4     | 1248,8     | 149,27     | 1356,5     | 1425,2     | 145,39     | 353 28,5                         |
| 8  | 109 49,1                         | 1503,7     | 1356,5     | 156,36     | 1311,8     | 1136,2     | 152,45     | 79 33,0                          |
| 9  | 21 46,0                          | 1477,9     | 1284,0     | 145,44     | 1251,2     | 1468,4     | 141,53     | 351 29,9                         |
| 10 | 100 51,1                         | 1583,4     | 1667,7     | 161,94     | 1359,5     | 1480,1     | 158,04     | 70 34,6                          |
| 11 | 322 43,6                         | 1235,7     | 1234,3     | 151,41     | 1277,2     | 1523,5     | 147,51     | 292 27,2                         |
| 12 | 33 53,9                          | 1526,1     | 1303,5     | 160,28     | 1265,8     | 1436,1     | 156,34     | 3 37,5                           |
| 13 | 357 47,8                         | 1455,4     | 1365,2     | 145,92     | 1323,3     | 1625,7     | 142,00     | 327 31,0                         |
| 14 | 60 50,5                          | 1613,6     | 1677,3     | 158,07     | 1321,5     | 1677,6     | 154,2      | 30 34,1                          |
| 15 | 319 46,4                         | 1465,8     | 1266,3     | 144,62     | 1522,2     | 1552,9     | 140,73     | 289 30,0                         |
| 16 | 41 50,4                          | 1548,5     | 1546,7     | 158,00     | 1272,4     | 1642,1     | 154,13     | 11 33,9                          |
| 17 | 21 46,8                          | 1321,1     | 1373,9     | 144,78     | 1094,4     | 1558,2     | 140,90     | 351 29,7                         |
| 18 | 56 55,0                          | 1479,2     | 1642,6     | 158,04     | 1187,8     | 1662,9     | 154,15     | 26 38,5                          |
| 19 | 334 46,3                         | 1259,3     | 1455,1     | 153,25     | 1239,6     | 1746,6     | 149,39     | 304 30,0                         |
| 20 | 48 52,9                          | 1463,4     | 1494,2     | 160,93     | 1177,7     | 1555,1     | 157,02     | 18 36,2                          |
| 21 | 22 47,1                          | 1474,6     | 1535,5     | 150,94     | 1244,8     | 1715,8     | 147,00     | 352 30,5                         |
| 22 | 35 50,4                          | 1317,0     | 1571,9     | 156,97     | 1052,4     | 1695,6     | 153,09     | 5 34,3                           |
| 23 | 327 44,2                         | 1206,6     | 1167,0     | 154,46     | 1222,7     | 1458,6     | 150,53     | 297 28,2                         |
| 24 | 90 55,0                          | 1572,3     | 1473,8     | 160,82     | 1319,4     | 1327,7     | 156,88     | 60 38,1                          |
| 25 | 336 46,0                         | 1479,0     | 1096,7     | 147,39     | 1449,1     | 1387,3     | 143,51     | 306 30,1                         |
| 26 | 97 53,6                          | 1639,8     | 1693,2     | 164,34     | 1406,5     | 1517,4     | 160,39     | 67 37,4                          |
| 27 | 350 48,5                         | 1688,5     | 1472,1     | 146,89     | 1589,0     | 1746,7     | 143,01     | 320 32,5                         |
| 28 | 71 53,6                          | 1758,5     | 1683,3     | 162,58     | 1471,7     | 1627,6     | 158,69     | 41 37,1                          |
| 29 | 351 45,2                         | 1672,3     | 1362,9     | 145,29     | 1568,3     | 1635,8     | 141,34     | 321 28,7                         |
| 30 | 87 52,8                          | 1551,8     | 1556,4     | 159,22     | 1291,5     | 1423,9     | 155,37     | 57 36,3                          |
| 31 | 312 45,7                         | 1306,7     | 1405,0     | 150,55     | 1397,6     | 1682,6     | 146,65     | 282 29,3                         |
| 32 | 70 50,0                          | 1596,5     | 1722,9     | 162,58     | 1308,8     | 1672,5     | 158,63     | 40 33,5                          |
| 33 | 2 46,0                           | 1601,2     | 1182,9     | 148,98     | 1446,9     | 1430,9     | 145,10     | 332 30,5                         |

## Приложение 2 (продолжение)

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| №  | $\alpha_{4540 \rightarrow 4541}$ | $X_{4541}$ | $Y_{4541}$ | $H_{4541}$ | $X_{3177}$ | $Y_{3177}$ | $H_{3177}$ | $\alpha_{3177 \rightarrow 3178}$ |
|----|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|
|    | ° ' "                            | М          | М          | М          | М          | М          | М          | ° ' "                            |
| 34 | 59 50,1                          | 1328,8     | 1404,6     | 156,05     | 1036,7     | 1410,0     | 152,10     | 29 33,9                          |
| 35 | 314 49,4                         | 1531,6     | 1166,5     | 152,17     | 1612,4     | 1447,2     | 148,23     | 284 32,9                         |
| 36 | 320 06,9                         | 1258,7     | 1528,4     | 159,07     | 1313,4     | 1815,3     | 155,17     | 289 50,3                         |
| 37 | 306 21,5                         | 1763,7     | 1692,5     | 156,69     | 1885,0     | 1958,3     | 152,82     | 276 05,2                         |
| 38 | 186 26,5                         | 1586,9     | 1385,7     | 158,36     | 1756,7     | 1148,0     | 154,46     | 156 09,8                         |
| 39 | 25 20,3                          | 1469,9     | 1596,4     | 161,09     | 1232,2     | 1766,3     | 157,18     | 355 04,0                         |
| 40 | 257 37,3                         | 1306,8     | 1574,0     | 162,82     | 1586,6     | 1658,0     | 158,89     | 227 21,0                         |
| 41 | 148 27,7                         | 1528,2     | 1454,3     | 161,90     | 1515,9     | 1162,4     | 157,97     | 118 11,0                         |
| 42 | 293 46,7                         | 1512,3     | 1365,8     | 151,08     | 1688,7     | 1598,8     | 147,20     | 263 29,8                         |
| 43 | 306 52,9                         | 1458,9     | 1426,8     | 141,39     | 1577,7     | 1693,7     | 137,48     | 276 36,8                         |
| 44 | 174 41,6                         | 1687,2     | 1707,9     | 157,41     | 1805,1     | 1440,5     | 153,50     | 144 25,5                         |
| 45 | 192 03,0                         | 1790,1     | 1642,2     | 140,58     | 1982,4     | 1422,3     | 136,68     | 161 46,5                         |
| 46 | 117 44,4                         | 1260,8     | 1663,0     | 161,89     | 1101,0     | 1418,4     | 157,99     | 87 28,0                          |
| 47 | 339 53,8                         | 1309,3     | 1482,7     | 146,23     | 1263,6     | 1771,3     | 142,29     | 309 37,4                         |
| 48 | 208 43,6                         | 1443,6     | 1749,2     | 151,38     | 1690,8     | 1593,7     | 147,46     | 178 26,8                         |
| 49 | 161 49,6                         | 1496,9     | 1611,1     | 146,25     | 1552,3     | 1324,3     | 142,38     | 131 33,2                         |
| 50 | 275 03,6                         | 1695,6     | 1749,3     | 140,86     | 1937,3     | 1913,3     | 136,97     | 244 47,2                         |
| 51 | 182 03,4                         | 1460,7     | 1480,2     | 159,43     | 1611,8     | 1230,2     | 155,56     | 151 46,9                         |
| 52 | 190 54,7                         | 1529,5     | 1373,3     | 164,89     | 1717,4     | 1149,5     | 161,01     | 160 37,6                         |
| 53 | 93 11,9                          | 1486,8     | 1718,7     | 140,15     | 1239,9     | 1562,6     | 136,26     | 62 55,4                          |
| 54 | 255 48,3                         | 1603,0     | 1468,1     | 164,99     | 1885,3     | 1543,2     | 161,13     | 225 32,0                         |
| 55 | 166 47,6                         | 1478,9     | 1552,7     | 148,50     | 1558,8     | 1271,7     | 144,59     | 136 30,9                         |
| 56 | 163 27,5                         | 1392,8     | 1707,4     | 159,74     | 1456,3     | 1422,3     | 155,80     | 133 10,9                         |
| 57 | 351 25,6                         | 1672,8     | 1408,1     | 162,95     | 1570,4     | 1681,6     | 159,07     | 321 09,5                         |
| 58 | 95 12,9                          | 1550,7     | 1437,1     | 149,01     | 1309,5     | 1272,4     | 145,08     | 64 56,9                          |
| 59 | 143 31,0                         | 1620,6     | 1322,1     | 149,30     | 1583,0     | 1032,5     | 145,36     | 113 14,1                         |
| 60 | 292 03,1                         | 1365,5     | 1458,4     | 153,00     | 1548,7     | 1685,9     | 149,12     | 261 47,2                         |
| 61 | 315 24,7                         | 1503,4     | 1611,4     | 161,89     | 1581,3     | 1892,9     | 157,94     | 285 08,5                         |
| 62 | 1 50,4                           | 1470,4     | 1699,2     | 157,36     | 1320,2     | 1949,7     | 153,48     | 331 34,4                         |
| 63 | 82 59,6                          | 1246,3     | 1438,8     | 148,34     | 975,6      | 1328,9     | 144,45     | 52 43,1                          |
| 64 | 283 26,2                         | 1320,0     | 1558,8     | 144,05     | 1535,2     | 1756,2     | 140,10     | 253 09,7                         |
| 65 | 343 55,3                         | 1509,4     | 1308,1     | 150,51     | 1443,6     | 1592,6     | 146,66     | 313 38,8                         |
| 66 | 185 30,0                         | 1441,9     | 1333,8     | 158,54     | 1607,8     | 1093,3     | 154,64     | 155 13,6                         |
| 67 | 140 04,2                         | 1512,6     | 1750,2     | 163,71     | 1457,7     | 1463,3     | 159,76     | 109 47,7                         |

## Приложение 2 (продолжение)

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| №   | $\alpha_{4540 \rightarrow 4541}$ | $X_{4541}$ | $Y_{4541}$ | $H_{4541}$ | $X_{3177}$ | $Y_{3177}$ | $H_{3177}$ | $\alpha_{3177 \rightarrow 3178}$ |
|-----|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|
|     | ° ' "                            | М          | М          | М          | М          | М          | М          | ° ' "                            |
| 68  | 307 57,8                         | 1460,6     | 1475,7     | 160,09     | 1574,3     | 1744,8     | 156,21     | 277 42,3                         |
| 69  | 70 47,4                          | 1454,0     | 1707,2     | 157,03     | 1166,2     | 1657,0     | 153,08     | 40 31,2                          |
| 70  | 84 47,3                          | 1556,3     | 1336,0     | 164,50     | 1289,3     | 1217,7     | 160,56     | 54 30,8                          |
| 71  | 273 21,5                         | 1748,6     | 1715,8     | 160,68     | 1995,0     | 1872,6     | 156,78     | 243 04,9                         |
| 72  | 331 29,4                         | 1527,3     | 1541,5     | 147,35     | 1524,3     | 1833,6     | 143,48     | 301 13,1                         |
| 73  | 121 02,9                         | 1724,9     | 1592,2     | 141,56     | 1579,5     | 1338,8     | 137,66     | 90 46,2                          |
| 74  | 207 21,4                         | 1575,2     | 1480,3     | 155,56     | 1818,7     | 1318,9     | 151,65     | 177 05,1                         |
| 75  | 135 06,8                         | 1444,4     | 1317,0     | 146,06     | 1364,9     | 1035,9     | 142,13     | 104 50,5                         |
| 76  | 357 15,7                         | 1205,2     | 1498,6     | 158,67     | 1075,4     | 1760,3     | 154,74     | 326 59,0                         |
| 77  | 235 00,5                         | 1236,1     | 1359,2     | 162,45     | 1526,8     | 1329,2     | 158,57     | 204 43,6                         |
| 78  | 39 50,7                          | 1705,4     | 1581,6     | 160,57     | 1432,7     | 1686,5     | 156,66     | 9 34,6                           |
| 79  | 102 13,8                         | 1344,2     | 1740,1     | 159,34     | 1124,8     | 1547,1     | 155,43     | 71 57,7                          |
| 80  | 194 32,7                         | 1287,1     | 1339,6     | 155,97     | 1488,7     | 1128,3     | 152,07     | 164 16,2                         |
| 81  | 254 55,4                         | 1536,2     | 1484,3     | 158,93     | 1819,7     | 1555,1     | 155,03     | 224 39,0                         |
| 82  | 8 34,7                           | 1345,2     | 1387,8     | 150,70     | 1166,6     | 1619,0     | 146,76     | 338 18,3                         |
| 83  | 230 06,0                         | 1706,7     | 1413,1     | 152,16     | 1993,6     | 1358,4     | 148,24     | 199 49,2                         |
| 84  | 351 48,3                         | 1750,9     | 1417,6     | 147,37     | 1646,6     | 1690,5     | 143,50     | 321 31,9                         |
| 85  | 200 34,7                         | 1752,2     | 1733,6     | 162,94     | 1974,9     | 1544,6     | 159,05     | 170 18,3                         |
| 86  | 124 59,2                         | 1545,8     | 1793,3     | 157,31     | 1418,1     | 1530,6     | 153,44     | 94 42,7                          |
| 87  | 253 33,9                         | 1278,4     | 1577,6     | 146,98     | 1563,5     | 1641,7     | 143,10     | 223 16,8                         |
| 88  | 59 02,1                          | 1318,7     | 1331,8     | 155,96     | 1026,7     | 1341,3     | 152,07     | 28 45,6                          |
| 89  | 324 43,2                         | 1535,1     | 1357,6     | 159,98     | 1566,6     | 1648,1     | 156,12     | 294 26,9                         |
| 90  | 81 13,9                          | 1692,9     | 1313,6     | 140,31     | 1419,0     | 1212,2     | 136,40     | 50 57,2                          |
| 91  | 119 46,3                         | 1616,0     | 1482,9     | 163,82     | 1465,0     | 1232,9     | 159,88     | 89 29,7                          |
| 92  | 169 49,8                         | 1651,4     | 1633,3     | 162,63     | 1746,2     | 1357,1     | 158,75     | 139 33,7                         |
| 93  | 228 43,9                         | 1659,3     | 1375,4     | 158,67     | 1944,8     | 1313,9     | 154,74     | 198 27,9                         |
| 94  | 334 20,7                         | 1547,0     | 1456,1     | 143,94     | 1529,4     | 1747,6     | 140,00     | 304 03,8                         |
| 95  | 110 04,0                         | 1553,9     | 1467,1     | 162,53     | 1362,9     | 1246,0     | 158,65     | 79 48,1                          |
| 96  | 278 38,6                         | 1789,1     | 1575,9     | 154,46     | 2020,1     | 1754,8     | 150,51     | 248 22,4                         |
| 97  | 297 02,7                         | 1405,4     | 1382,6     | 145,91     | 1568,1     | 1625,2     | 142,03     | 266 46,7                         |
| 98  | 92 38,9                          | 1539,6     | 1704,2     | 160,00     | 1291,2     | 1550,5     | 156,11     | 62 22,4                          |
| 99  | 81 14,9                          | 1345,4     | 1306,7     | 157,44     | 1071,6     | 1205,1     | 153,49     | 50 58,4                          |
| 100 | 248 17,1                         | 1591,1     | 1474,9     | 143,10     | 1880,8     | 1512,4     | 139,25     | 218 00,6                         |

## Приложение 2 (продолжение)

### ПОПРАВКИ В РАССТОЯНИЯ, ИЗМЕРЕННЫЕ НИТЯНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ

| №  | P (м) |       |       |       | №  | P (м) |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
|    | 50 м  | 100 м | 150 м | 200 м |    | 50 м  | 100 м | 150 м | 200 м |
| 1  | −0,2  | −0,1  | −0,3  | −0,1  | 26 | +0,3  | +0,1  | −0,1  | −0,2  |
| 2  | −0,3  | −0,4  | +0,4  | −0,1  | 27 | +0,2  | +0,3  | +0,1  | +0,2  |
| 3  | +0,2  | +0,2  | +0,0  | −0,3  | 28 | +0,0  | +0,0  | +0,3  | −0,1  |
| 4  | −0,4  | +0,0  | +0,3  | −0,3  | 29 | −0,2  | +0,0  | +0,2  | +0,3  |
| 5  | +0,4  | +0,4  | −0,3  | −0,1  | 30 | −0,4  | −0,1  | −0,1  | +0,4  |
| 6  | +0,0  | +0,2  | −0,2  | −0,1  | 31 | +0,0  | +0,1  | +0,0  | −0,4  |
| 7  | −0,4  | −0,1  | +0,1  | −0,1  | 32 | +0,1  | +0,3  | −0,3  | −0,2  |
| 8  | −0,1  | −0,3  | +0,2  | −0,2  | 33 | +0,1  | +0,1  | +0,4  | +0,1  |
| 9  | +0,1  | +0,3  | +0,3  | −0,1  | 34 | −0,4  | −0,3  | −0,3  | −0,1  |
| 10 | +0,0  | +0,5  | −0,3  | +0,0  | 35 | +0,1  | −0,3  | −0,4  | +0,3  |
| 11 | +0,4  | +0,1  | +0,2  | −0,1  | 36 | −0,2  | −0,2  | −0,5  | −0,3  |
| 12 | +0,0  | +0,0  | +0,2  | +0,2  | 37 | −0,3  | −0,1  | +0,2  | −0,1  |
| 13 | −0,2  | −0,3  | −0,1  | +0,2  | 38 | −0,3  | −0,4  | −0,2  | +0,0  |
| 14 | +0,1  | +0,1  | +0,5  | −0,2  | 39 | +0,5  | −0,3  | −0,4  | −0,3  |
| 15 | −0,1  | +0,2  | −0,2  | +0,3  | 40 | −0,4  | −0,3  | −0,3  | +0,0  |
| 16 | +0,1  | −0,3  | −0,3  | −0,3  | 41 | −0,5  | −0,1  | +0,4  | −0,4  |
| 17 | −0,4  | +0,0  | −0,3  | +0,5  | 42 | −0,4  | +0,4  | −0,3  | +0,2  |
| 18 | +0,3  | +0,2  | +0,0  | +0,4  | 43 | −0,1  | −0,4  | +0,2  | +0,1  |
| 19 | −0,2  | +0,3  | +0,2  | −0,5  | 44 | −0,3  | +0,0  | +0,2  | +0,4  |
| 20 | +0,3  | −0,1  | +0,5  | +0,3  | 45 | +0,1  | −0,1  | +0,5  | −0,2  |
| 21 | +0,3  | +0,2  | +0,2  | +0,0  | 46 | +0,4  | −0,2  | +0,0  | −0,5  |
| 22 | −0,5  | −0,3  | +0,2  | +0,3  | 47 | +0,4  | +0,0  | −0,3  | −0,2  |
| 23 | +0,0  | −0,4  | +0,1  | +0,0  | 48 | −0,4  | +0,2  | +0,1  | +0,4  |
| 24 | +0,1  | −0,1  | +0,5  | −0,2  | 49 | −0,4  | −0,1  | −0,2  | +0,4  |
| 25 | +0,4  | +0,2  | −0,4  | +0,2  | 50 | −0,4  | −0,5  | −0,1  | +0,1  |

## Приложение 2 (продолжение)

### ПОПРАВКИ В РАССТОЯНИЯ, ИЗМЕРЕННЫЕ НИТЯНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ

| №  | P (м) |       |       |       | №   | P (м) |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
|    | 50 м  | 100 м | 150 м | 200 м |     | 50 м  | 100 м | 150 м | 200 м |
| 51 | +0,3  | +0,2  | +0,0  | +0,4  | 76  | −0,4  | +0,1  | −0,4  | +0,0  |
| 52 | −0,2  | −0,5  | +0,5  | +0,0  | 77  | +0,3  | +0,0  | +0,2  | +0,2  |
| 53 | +0,4  | −0,2  | +0,2  | −0,2  | 78  | +0,4  | +0,3  | −0,2  | +0,3  |
| 54 | +0,0  | +0,2  | +0,0  | +0,5  | 79  | −0,2  | −0,2  | +0,1  | +0,0  |
| 55 | −0,3  | −0,1  | −0,5  | −0,2  | 80  | +0,2  | −0,2  | +0,3  | +0,3  |
| 56 | +0,2  | +0,3  | +0,0  | +0,0  | 81  | +0,4  | −0,3  | −0,1  | +0,1  |
| 57 | +0,0  | +0,3  | +0,2  | +0,0  | 82  | −0,1  | +0,3  | −0,1  | −0,3  |
| 58 | −0,3  | +0,3  | +0,2  | +0,0  | 83  | +0,3  | +0,2  | +0,3  | +0,1  |
| 59 | −0,2  | +0,4  | −0,1  | +0,2  | 84  | +0,2  | +0,4  | −0,1  | +0,5  |
| 60 | +0,0  | −0,2  | −0,4  | +0,2  | 85  | +0,2  | +0,4  | −0,3  | −0,2  |
| 61 | +0,1  | +0,2  | −0,2  | +0,1  | 86  | +0,1  | +0,4  | −0,4  | +0,0  |
| 62 | −0,4  | +0,0  | −0,4  | +0,3  | 87  | −0,4  | +0,1  | −0,1  | +0,4  |
| 63 | +0,0  | −0,3  | −0,3  | −0,2  | 88  | +0,4  | +0,1  | +0,2  | −0,1  |
| 64 | −0,2  | +0,1  | −0,2  | +0,2  | 89  | −0,2  | +0,3  | −0,2  | −0,2  |
| 65 | +0,4  | +0,3  | +0,0  | −0,2  | 90  | −0,3  | −0,3  | −0,2  | +0,2  |
| 66 | +0,3  | +0,2  | +0,3  | −0,4  | 91  | +0,4  | −0,2  | −0,3  | +0,1  |
| 67 | +0,0  | −0,1  | +0,1  | +0,1  | 92  | +0,0  | +0,1  | +0,2  | −0,4  |
| 68 | −0,2  | +0,3  | +0,1  | +0,5  | 93  | +0,1  | −0,2  | +0,3  | −0,3  |
| 69 | +0,4  | +0,1  | +0,2  | +0,1  | 94  | −0,2  | +0,0  | +0,5  | −0,2  |
| 70 | +0,4  | −0,2  | −0,3  | +0,1  | 95  | +0,4  | +0,2  | +0,1  | +0,1  |
| 71 | −0,1  | +0,2  | +0,2  | −0,3  | 96  | +0,0  | +0,5  | −0,4  | +0,4  |
| 72 | +0,1  | +0,1  | +0,4  | −0,2  | 97  | −0,2  | +0,0  | +0,3  | −0,2  |
| 73 | +0,2  | +0,1  | +0,3  | −0,5  | 98  | −0,2  | +0,1  | −0,2  | +0,4  |
| 74 | −0,2  | +0,0  | +0,4  | +0,0  | 99  | +0,0  | −0,3  | +0,3  | −0,2  |
| 75 | +0,5  | +0,0  | −0,4  | −0,2  | 100 | +0,3  | +0,2  | +0,0  | −0,1  |

### Приложение 3. Журнал тахеометрического хода

Дата \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Погода \_\_\_\_\_

Наблюдал \_\_\_\_\_

Записывал и вычислял \_\_\_\_\_

| № станции,<br><i>i</i> (м) | № визирных<br>пунктов | Горизонтальный<br>круг |           | Угол<br>поворота  | № визирных<br>пунктов, <i>v</i> (м) | Вертикальный |         |           |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|-------------------|-------------------------------------|--------------|---------|-----------|
|                            |                       | Л<br>П                 | Отсчёты   | Л<br>средний<br>П |                                     | Л<br>П       | Отсчёты |           |
|                            |                       |                        | °   '   " | °   '   "         |                                     |              | ±       | °   '   " |
| 4541<br>1,40               | 4540                  | Л                      | 0 01,3    |                   |                                     |              |         |           |
|                            | 700                   |                        | 313 50,8  |                   |                                     |              |         |           |
|                            | 4540                  |                        | 180 01,5  |                   | 700                                 | Л            | –       | 0 48,8    |
|                            | 700                   | П                      | 133 50,9  |                   | 1,40                                | П            | –       | 0 48,4    |
|                            |                       |                        |           |                   |                                     |              |         |           |
|                            |                       |                        |           |                   |                                     |              |         |           |
| 700<br>1,34                | 4541                  | Л                      | 0 03,0    |                   | 4541                                | Л            | +       | 0 49,0    |
|                            | 701                   |                        | 184 20,6  |                   | 1,34                                | П            | +       | 0 48,2    |
|                            | 4541                  |                        | 180 03,4  |                   | 701                                 | Л            | –       | 1 10,4    |
|                            | 701                   | П                      | 4 20,4    |                   | 1,34                                | П            | –       | 1 10,6    |
|                            |                       |                        |           |                   |                                     |              |         |           |
|                            |                       |                        |           |                   |                                     |              |         |           |

Проверил \_\_\_\_\_

$$MO = \frac{\Lambda - \Pi}{2}; \quad \nu = \frac{\Lambda + \Pi}{2} = \Lambda - MO = \Pi + MO$$

$$l = \frac{l_{\text{ч.}} + l_{\text{к.}}}{2}; \quad D = 100 \cdot l + P; \quad S = D \cdot \cos^2 \nu$$

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin(2\nu) = S \cdot \operatorname{tg} \nu; \quad h = h' + i - \nu = h' + \Delta; \quad \Delta = i - \nu$$

| Круг          |             | Отсчёты по<br>дальномеру                  | Расстояния        | Превышения              |   |                                                           |   |
|---------------|-------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------|---|-----------------------------------------------------------|---|
| $MO$<br>$\nu$ |             | $l_{\text{ч.}}$<br>$l_{\text{к.}}$<br>$l$ | $P$<br>$D$<br>$S$ | $h'$<br>$\Delta$<br>$h$ |   | $h_{\text{пр.}}$<br>$h_{\text{обр.}}$<br>$h_{\text{ср.}}$ |   |
| $\pm$         | $\circ$ $'$ | м                                         | м                 | $\pm$                   | м | $\pm$                                                     | м |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 113,3                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 113,2                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 113,0                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 113,3                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 131,4                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 132,0                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |

### Приложение 3 (продолжение)

Дата \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Погода \_\_\_\_\_

Наблюдал \_\_\_\_\_

Записывал и вычислял \_\_\_\_\_

| № станции,<br><i>i</i> (м) | № визирных<br>пунктов | Горизонтальный<br>круг |          | Угол<br>поворота  | № визирных<br>пунктов, <i>ϕ</i> (м) | Вертикальный |         |          |            |            |   |   |        |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------|-------------------|-------------------------------------|--------------|---------|----------|------------|------------|---|---|--------|
|                            |                       | Л<br>П                 | Отсчёты  | Л<br>средний<br>П |                                     | Л<br>П       | Отсчёты |          |            |            |   |   |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |          | °   '   '' | °   '   '' |   |   |        |
| 701<br>1,36                | 700                   | Л                      | 0 02,8   |                   | 700                                 | Л            | +       | 1 27,3   |            |            |   |   |        |
|                            | 3177                  |                        | 110 08,0 |                   |                                     |              | 2,00    | П        | +          | 1 27,1     |   |   |        |
|                            | 700                   |                        |          |                   |                                     |              |         | 180 02,7 |            | 3177       | Л | + | 0 14,8 |
|                            | 3177                  | 290 08,1               |          | 1,36              | П                                   | +            | 0 15,0  |          |            |            |   |   |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |          |            |            |   |   |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |          |            |            |   |   |        |
| 3177<br>1,39               | 701                   | Л                      | 0 03,7   |                   | 701                                 | Л            | –       | 0 14,6   |            |            |   |   |        |
|                            | 3178                  |                        | 81 35,4  |                   |                                     |              | 1,39    | П        | –          | 0 15,0     |   |   |        |
|                            | 701                   |                        |          |                   |                                     |              |         | 180 03,7 |            |            |   |   |        |
|                            | 3178                  | 261 35,3               |          |                   |                                     |              |         |          |            |            |   |   |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |          |            |            |   |   |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |          |            |            |   |   |        |

Проверил \_\_\_\_\_

$$MO = \frac{\Lambda - \Pi}{2}; \quad \nu = \frac{\Lambda + \Pi}{2} = \Lambda - MO = \Pi + MO$$

$$l = \frac{l_{\text{ч.}} + l_{\text{к.}}}{2}; \quad D = 100 \cdot l + P; \quad S = D \cdot \cos^2 \nu$$

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin(2\nu) = S \cdot \operatorname{tg} \nu; \quad h = h' + i - \nu = h' + \Delta; \quad \Delta = i - \nu$$

| Круг          |             | Отсчёты по<br>дальномеру                  | Расстояния        | Превышения              |   |                                                           |   |
|---------------|-------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------|---|-----------------------------------------------------------|---|
| $MO$<br>$\nu$ |             | $l_{\text{ч.}}$<br>$l_{\text{к.}}$<br>$l$ | $P$<br>$D$<br>$S$ | $h'$<br>$\Delta$<br>$h$ |   | $h_{\text{пр.}}$<br>$h_{\text{обр.}}$<br>$h_{\text{ср.}}$ |   |
| $\pm$         | $\circ$ $'$ | м                                         | м                 | $\pm$                   | м | $\pm$                                                     | м |
|               |             | 131,5                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 131,9                                     |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 92,4                                      |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 92,4                                      |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 92,6                                      |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             | 92,5                                      |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |
|               |             |                                           |                   |                         |   |                                                           |   |

# Приложение 4. Журнал тахеометрической съёмки

Запись пикетов

Ст. 700

Дата \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Наблюдал \_\_\_\_\_

Записывал и вычислял \_\_\_\_\_

$i = 1,34$   $H_{ст.} =$  \_\_\_\_\_

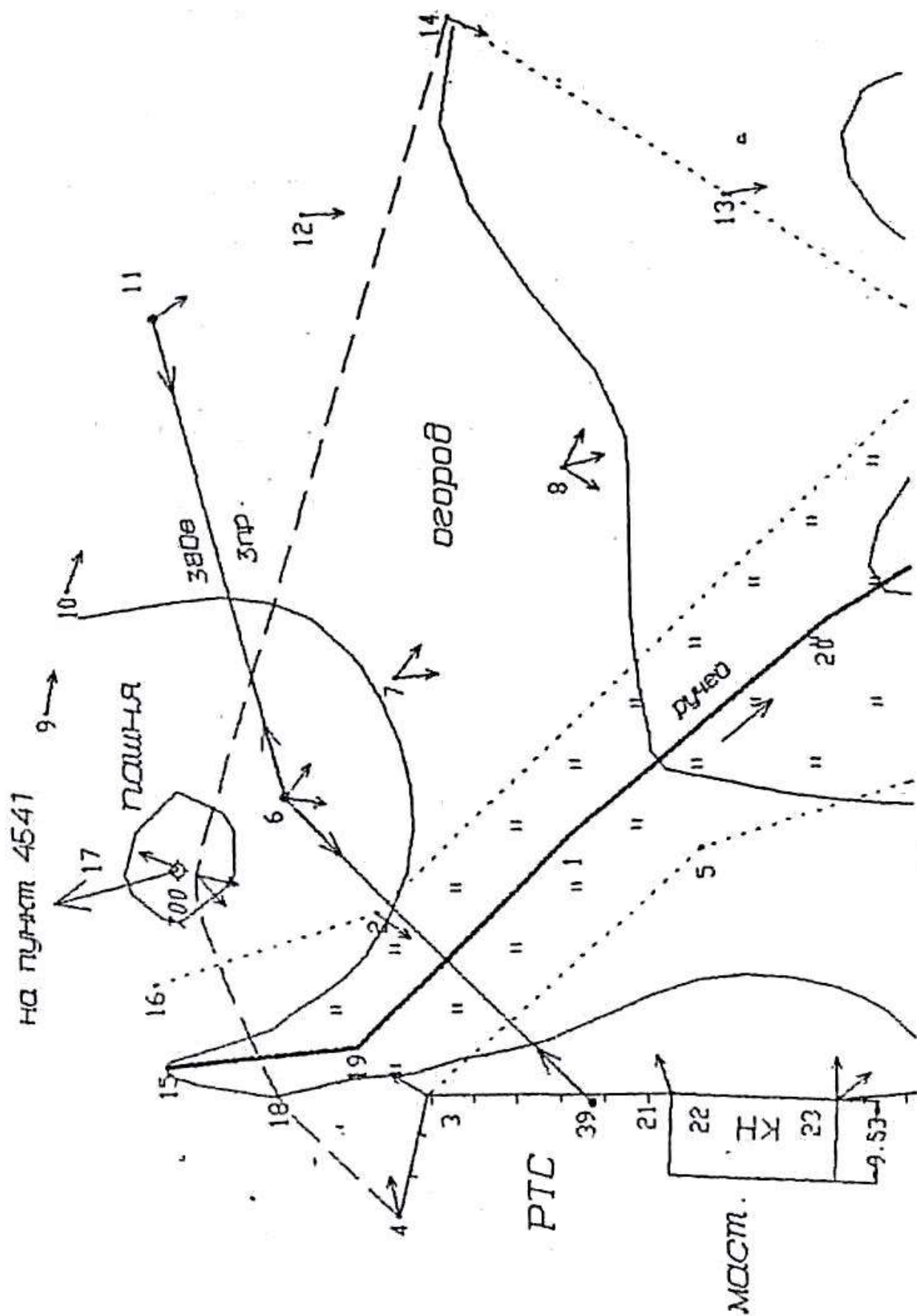
$L = +3^{\circ}06'$   $MO =$  \_\_\_\_\_

$I = +3^{\circ}06'$  \_\_\_\_\_

| №<br>пикетов | Горизон-<br>тальный<br>круг | Верти-<br>кальный<br>круг | $\nu$ | $l$   | $D$ | $S$ | $h'$ | $\Delta$ | $h$ | $H$ |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|-----|-----|------|----------|-----|-----|
|              | ° '                         | ° '                       | ° '   | см    | М   | м   | м    | м        | м   | м   |
|              | круг лево                   |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
| 4541         | 0 00                        |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
| 1            | 190 10                      | -2 15                     |       | 45,8  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 2            | 206 43                      | -2 37                     |       | 24,1  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 3            | 236 36                      | -1 27                     |       | 39,3  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 4            | 251 59                      | -0 28                     |       | 48,0  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 5            | 192 30                      | -1 41                     |       | 61,2  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 6            | 161 45                      | -1 53                     |       | 15,1  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 7            | 154 13                      | -2 11                     |       | 33,9  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 8            | 149 02                      | -1 40                     |       | 65,0  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 9            | 64 40                       | -1 12                     |       | 23,8  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 10           | 83 06                       | -2 18                     |       | 34,9  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 11           | 102 25                      | -1 42                     |       | 63,9  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 12           | 116 07                      | -1 33                     |       | 77,3  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 13           | 144 16                      | -1 38                     |       | 101,3 |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 14           | 122 59                      | -1 12                     |       | 104,0 |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 15           | 288 04                      | -3 00                     |       | 22,9  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 16           | 296 47                      | -3 22                     |       | 13,6  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 17           | 33 24                       | -2 08                     |       | 10,7  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 18           | 260 34                      | -2 23                     |       | 26,7  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 19           | 238 59                      | -2 54                     |       | 29,6  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 20           | 173 59                      | -2 11                     |       | 81,0  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 21           | 219 06                      | -0 38                     |       | 63,1  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 4541         | 0 00                        |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |

Проверил \_\_\_\_\_

# Абрис



Абрис составил \_\_\_\_\_

# Приложение 4 (продолжение)

Запись пикетов

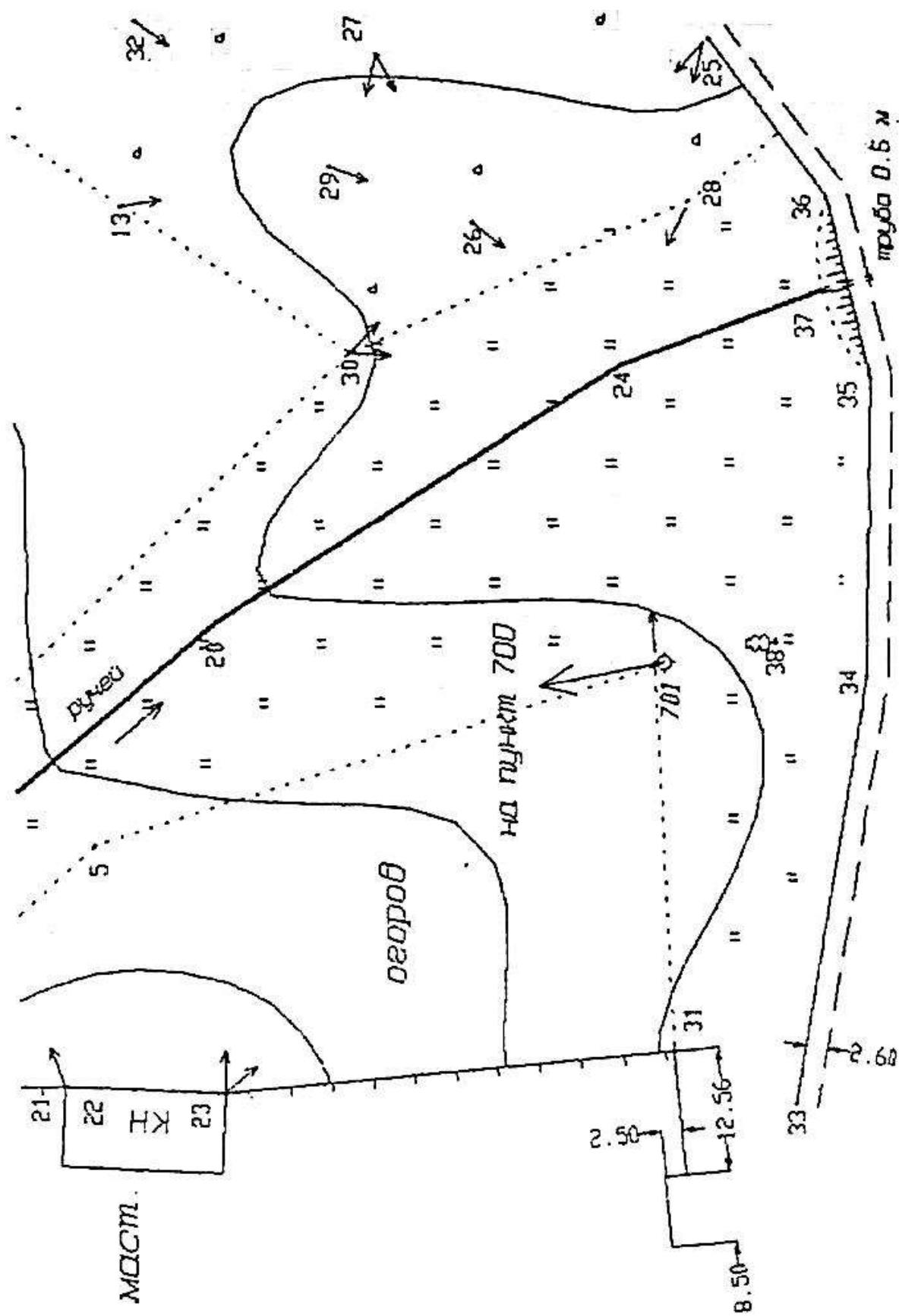
Ст. 701

Дата \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  $i = 1,36$   $H_{ст.} =$  \_\_\_\_\_  
 Наблюдал \_\_\_\_\_  $L = -1^{\circ}37'$   $MO =$  \_\_\_\_\_  
 Записывал и вычислял \_\_\_\_\_  $\Pi = +1^{\circ}36'$

| №<br>пикетов | Горизон-<br>тальный<br>круг | Верти-<br>кальный<br>круг | $\nu$ | $l$   | $D$ | $S$ | $h'$ | $\Delta$ | $h$ | $H$ |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|-----|-----|------|----------|-----|-----|
|              | ° '                         | ° '                       | ° '   | см    | м   | м   | м    | м        | м   | м   |
|              | круг лево                   |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
| 700          | 0 00                        |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
| 22           | 335 42                      | +1 55                     |       | 87,7  |     |     |      | -0,64    |     |     |
| 23           | 326 33                      | +2 13                     |       | 73,7  |     |     |      | -0,64    |     |     |
| 24           | 92 27                       | -0 34                     |       | 35,6  |     |     |      | -0,64    |     |     |
| 25           | 104 45                      | 0 00                      |       | 74,3  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 26           | 77 01                       | -0 36                     |       | 57,0  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 27           | 77 54                       | +0 11                     |       | 91,4  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 28           | 103 33                      | -0 31                     |       | 54,8  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 29           | 66 19                       | -0 19                     |       | 71,2  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 30           | 54 50                       | -0 06                     |       | 52,5  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 31           | 279 16                      | -0 22                     |       | 45,8  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 32           | 61 36                       | -0 11                     |       | 115,2 |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 33           | 263 46                      | -0 38                     |       | 54,3  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 34           | 194 18                      | -1 24                     |       | 24,4  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 35           | 136 55                      | -0 49                     |       | 41,9  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 36           | 120 01                      | -0 35                     |       | 58,7  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 37           | 123 53                      | -1 25                     |       | 48,1  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 38           | 180 32                      | -1 42                     |       | 13,4  |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 39           | 338 20                      | +1 41                     |       | 96,0  |     |     |      | -0,64    |     |     |
| 40           | 48 07                       | +0 22                     |       | 122,5 |     |     |      | 0,00     |     |     |
| 700          | 0 00                        |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
|              |                             |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |
|              |                             |                           |       |       |     |     |      |          |     |     |

Проверил \_\_\_\_\_

# Абрис



Абрис составил \_\_\_\_\_

# Приложение 5. Пример обработки страницы журнала тахеометрического хода

Дата 7 августа 2018 г.

Погода переменная облачность

Наблюдал Эрлих

Записывал и вычислял Рогожина

| № станции,<br><i>i</i> (м) | № визирных<br>пунктов | Горизонтальный<br>круг |          | Угол<br>поворота  | № визирных<br>пунктов, <i>v</i> (м) | Вертикальный |         |        |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------|-------------------|-------------------------------------|--------------|---------|--------|
|                            |                       | Л                      | Отсчёты  | Л<br>средний<br>П |                                     | Л            | Отсчёты |        |
|                            |                       | П                      | ° ' "    | ° ' "             |                                     | П            | ±       | ° ' "  |
| ПП40<br>1,46               | ПП41                  | Л                      | 0 00,4   | 286 00,4          | I                                   |              |         |        |
|                            | I                     |                        | 286 00,8 |                   |                                     |              |         |        |
|                            | ПП41                  |                        | 181 15,4 |                   |                                     | Л            | +       | 2 02,2 |
|                            | I                     | П                      | 107 15,8 | 286 00,4          | 1,50                                | П            | +       | 2 02,4 |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |        |
| I<br>1,49                  | ПП40                  | Л                      | 0 01,5   | 205 34,7          | ПП40                                | Л            | –       | 1 51,0 |
|                            | II                    |                        | 205 36,2 |                   |                                     | П            | –       | 1 51,6 |
|                            | ПП40                  |                        | 181 15,2 |                   |                                     | Л            | +       | 0 14,8 |
|                            | II                    | П                      | 26 49,7  | 205 34,5          | 2,00                                | П            | +       | 0 14,4 |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |        |
|                            |                       |                        |          |                   |                                     |              |         |        |

Проверил Давлетова

$$MO = \frac{\Lambda - \Pi}{2}; \quad \nu = \frac{\Lambda + \Pi}{2} = \Lambda - MO = \Pi + MO$$

$$l = \frac{l_{\text{ч.}} + l_{\text{к.}}}{2}; \quad D = 100 \cdot l + P; \quad S = D \cdot \cos^2 \nu$$

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin(2\nu) = S \cdot \operatorname{tg} \nu; \quad h = h' + i - \nu = h' + \Delta; \quad \Delta = i - \nu$$

| Круг          |                | Отсчёты по<br>дальномеру                  | Расстояния        | Превышения              |      |                                                           |      |
|---------------|----------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------|------|-----------------------------------------------------------|------|
| $MO$<br>$\nu$ |                | $l_{\text{ч.}}$<br>$l_{\text{к.}}$<br>$l$ | $P$<br>$D$<br>$S$ | $h'$<br>$\Delta$<br>$h$ |      | $h_{\text{пр.}}$<br>$h_{\text{обр.}}$<br>$h_{\text{ср.}}$ |      |
| $\pm$         | $^{\circ}$ $'$ | м                                         | м                 | $\pm$                   | м    | $\pm$                                                     | м    |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |
| –             | 0 00,1         | 156,5                                     | – 0,2             | +                       | 5,55 | +                                                         | 5,51 |
| +             | 2 02,3         | 156,1                                     | 156,1             | –                       | 0,04 | –                                                         | 5,55 |
|               |                | 156,3                                     | 155,9             | +                       | 5,51 | +                                                         | 5,53 |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |
| +             | 0 00,3         | 155,8                                     | – 0,2             | –                       | 5,04 |                                                           |      |
| –             | 1 51,3         | 156,2                                     | 155,8             | –                       | 0,51 |                                                           |      |
|               |                | 156,0                                     | 155,6             | –                       | 5,55 |                                                           |      |
| +             | 0 00,2         | 188,3                                     | – 0,1             | +                       | 0,80 | +                                                         | 0,29 |
| +             | 0 14,6         | 188,9                                     | 188,5             | –                       | 0,51 | –                                                         | 0,23 |
|               |                | 188,6                                     | 188,5             | +                       | 0,29 | +                                                         | 0,26 |
|               |                |                                           |                   |                         |      |                                                           |      |

**Приложение 6. Ведомость вычисления отметок пунктов тахеометрического  
хода (пример)**

| Названия<br>пунктов     | $S$ (м) | $h_{\text{ср.}}$ (м) | $H$ (м)       |
|-------------------------|---------|----------------------|---------------|
| ПП40                    |         | $-1$                 | <b>125,43</b> |
| I                       | 155,8   | +5,53                |               |
|                         |         | $-2$                 | <i>130,95</i> |
| II                      | 188,3   | +0,26                |               |
|                         |         | $-2$                 | <i>131,19</i> |
| III                     | 158,5   | +4,12                |               |
|                         |         | $-2$                 | <i>135,29</i> |
| ПП92                    | 166,1   | $-1,11$              | <b>134,16</b> |
| $\Sigma_{\text{пр.}}$   | 668,6   | +8,80                |               |
| $\Sigma_{\text{теор.}}$ |         | +8,73                |               |
| $f_h$                   |         | +0,07                |               |
| доп. $f_h$              |         | 0,13                 |               |

Вычислял Меженова

Приложение 7. Ведомость вычисления координат пунктов тахеометрического хода (пример)

| Названия<br>пунктов     | Измеренные<br>углы $\beta$ | Дирекционные<br>углы $\alpha$ | Горизонтальные<br>проложения $S$ | Приращения координат |            | Координаты    |               |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------|---------------|---------------|
|                         | °   '   ''                 | °   '   ''                    | м                                | $\Delta x$           | $\Delta y$ | X             | Y             |
|                         |                            |                               |                                  | м                    | м          | м             | м             |
| ПП41                    |                            |                               |                                  |                      |            |               |               |
|                         | +0,1                       | <b>100 26,4</b>               |                                  |                      |            |               |               |
| ПП40                    | 286 00,4                   |                               |                                  | +0,1                 | 0,0        | <b>4128,2</b> | <b>2356,9</b> |
|                         | +0,2                       | 206 26,9                      | 155,8                            | -139,5               | -69,4      |               |               |
| I                       | 205 34,6                   |                               |                                  | +0,1                 | -0,1       | 3988,8        | 2287,5        |
|                         | +0,1                       | 232 01,7                      | 188,3                            | -115,9               | -148,4     |               |               |
| II                      | 55 49,8                    |                               |                                  | +0,1                 | -0,1       | 3873,0        | 2139,0        |
|                         | +0,2                       | 107 51,6                      | 158,4                            | -48,6                | +150,8     |               |               |
| III                     | 242 38,8                   |                               |                                  | +0,1                 | -0,1       | 3824,5        | 2289,7        |
|                         | +0,1                       | 170 30,6                      | 166,1                            | -163,8               | +27,4      |               |               |
| ПП92                    | 163 44,1                   |                               |                                  |                      |            | <b>3660,8</b> | <b>2317,0</b> |
|                         |                            | <b>154 14,8</b>               |                                  |                      |            |               |               |
| ПП91                    |                            |                               |                                  |                      |            |               |               |
| $\Sigma_{\text{пр.}}$   | 953 47,7                   |                               | 668,6                            | -467,8               | -39,6      |               |               |
| $\Sigma_{\text{теор.}}$ | 953 48,4                   |                               |                                  | -467,4               | -39,9      |               |               |
| $f$                     | -0,7                       |                               | 0,5                              | -0,4                 | +0,3       |               |               |
| $\frac{f}{\Sigma}$      |                            |                               | $\frac{1}{1300}$                 |                      |            |               |               |
| доп. $f$                | +2,2                       |                               | 0,8                              |                      |            |               |               |
| доп. $\frac{f}{\Sigma}$ |                            |                               | $\frac{1}{800}$                  |                      |            |               |               |

Вычислял Короткова

## Приложение 8. Пример обработки страницы журнала тахеометрической съёмки

Запись пикетов

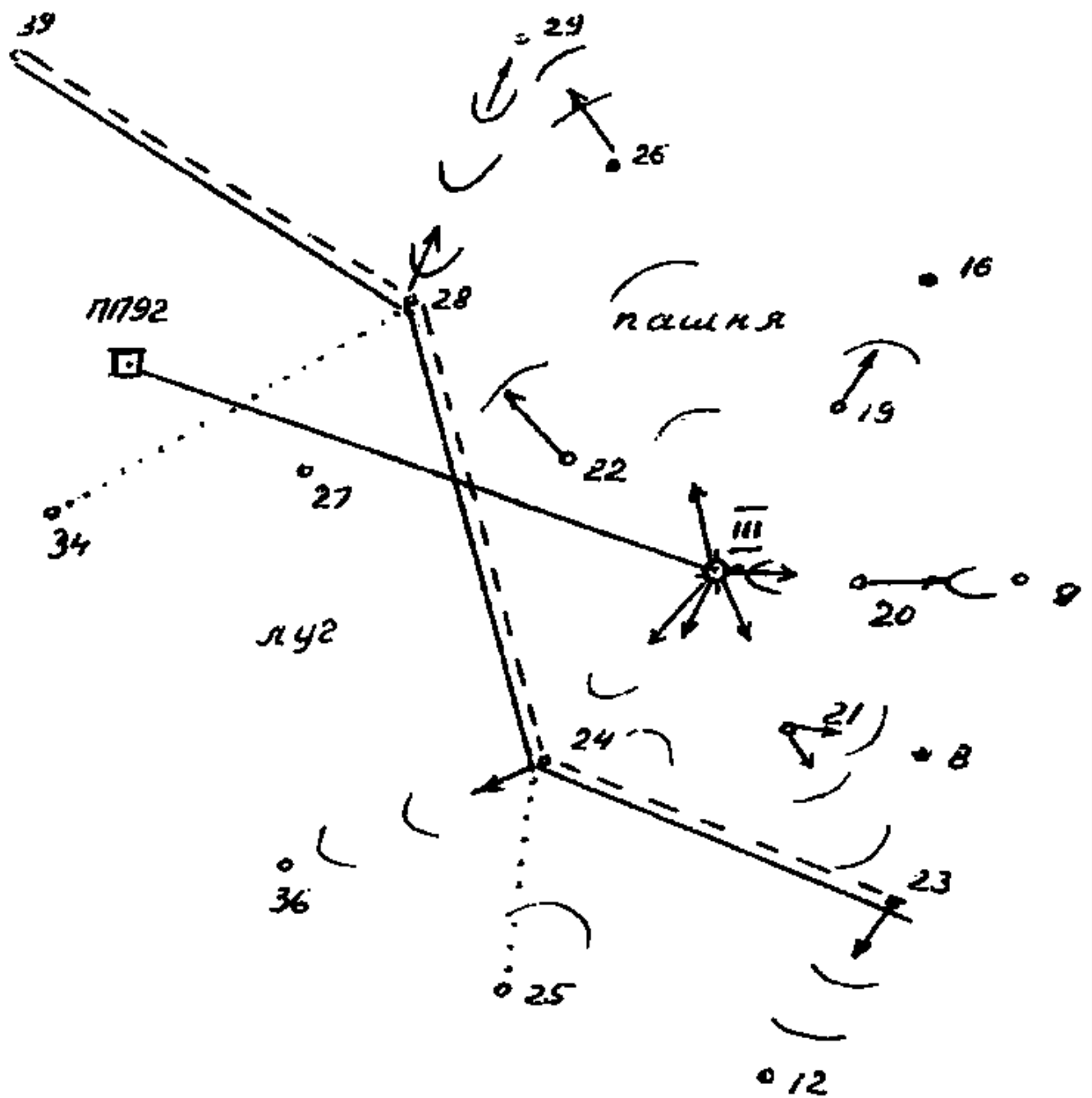
Ст. III

|                                    |                                         |
|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Дата <u>27 июля</u> <u>2015</u> г. | $i = 1,44$ $H_{ст.} = 135,29$           |
| Наблюдал <u>Давлетова</u>          | $L = +0^{\circ}12'$ $MO = 0^{\circ}00'$ |
| Записывал и вычислял <u>Эрлих</u>  | $\Pi = +0^{\circ}12'$                   |

| №<br>пикетов | Горизон-<br>тальный<br>круг | Верти-<br>кальный<br>круг | $\nu$ | $l$   | $D$   | $S$   | $h'$  | $\Delta$ | $h$   | $H$    |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|--------|
|              | ° '                         | ° '                       | ° '   | см    | м     | м     | м     | м        | м     | м      |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              | круг лево                   |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
| ПП92         | 0 00                        |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
| 19           | 121 00                      | -0 21                     | -0 21 | 55,7  | 55,3  | 55,3  | -0,33 | 0        | -0,33 | 134,96 |
| 20           | 160 15                      | -0 33                     | -0 33 | 35,7  | 35,3  | 35,3  | -0,34 | 0        | -0,34 | 134,95 |
| 21           | 215 59                      | -0 19                     | -0 19 | 61,3  | 60,9  | 60,9  | -0,34 | 0        | -0,34 | 134,95 |
| 22           | 15 01                       | -0 42                     | -0 42 | 44,0  | 43,6  | 43,6  | -0,53 | 0        | -0,53 | 134,76 |
| 23           | 234 31                      | -0 19                     | -0 19 | 121,4 | 121,0 | 121,0 | -0,67 | -1,56    | -2,23 | 133,06 |
| 24           | 308 32                      | -1 41                     | -1 41 | 86,5  | 86,2  | 86,1  | -2,53 | 0        | -2,53 | 132,76 |
| 25           | 278 19                      | -1 42                     | -1 42 | 151,4 | 151,2 | 151,1 | -4,48 | -1,56    | -6,04 | 129,25 |
| 26           | 56 18                       | -1 52                     | -1 52 | 96,5  | 96,2  | 96,1  | -3,13 | 0        | -3,13 | 132,16 |
| ПП92         | 0 00                        |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |
|              |                             |                           |       |       |       |       |       |          |       |        |

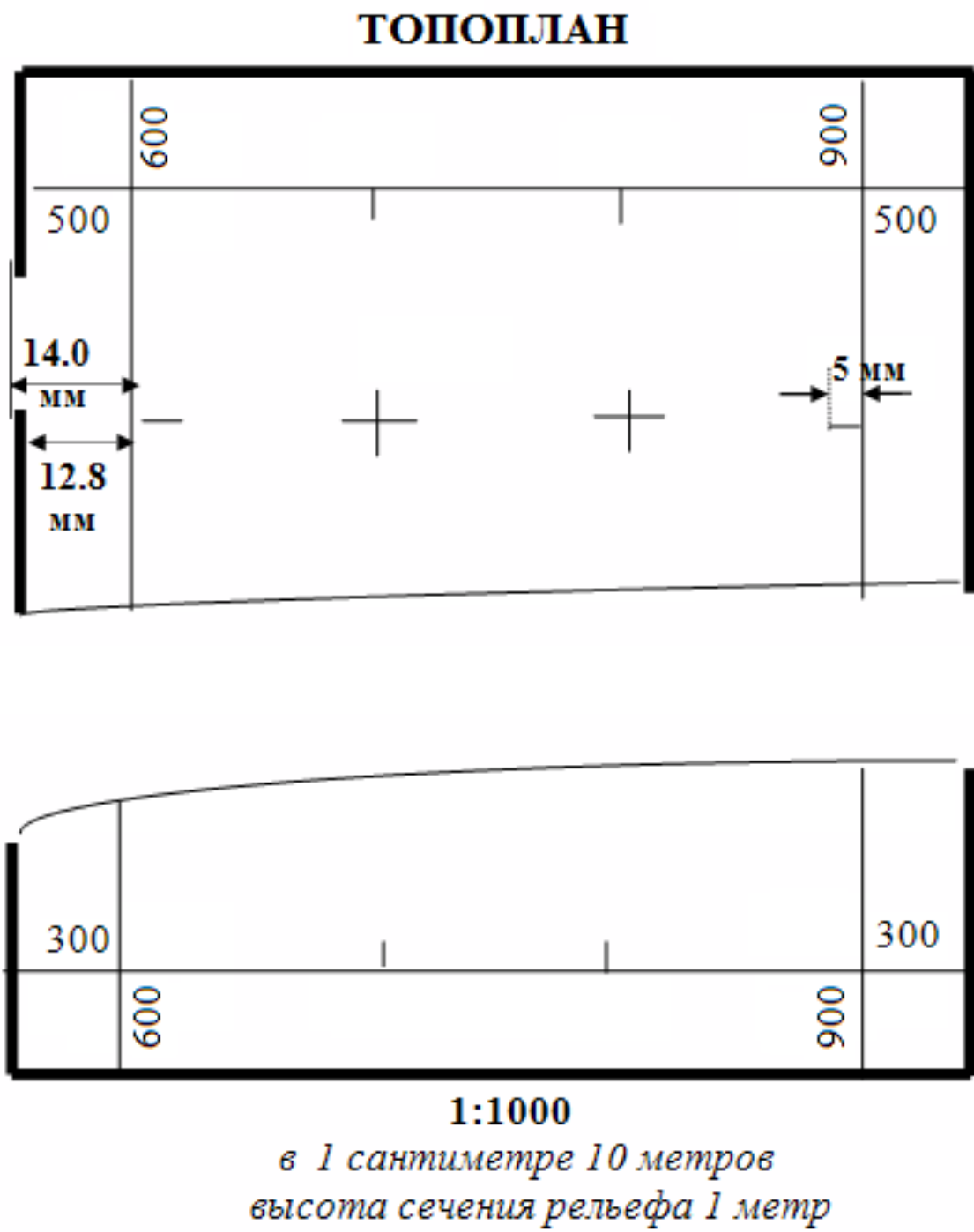
Проверил Белоногова

# Абрис



Абрис составил Рогожина

Приложение 9. Образец зарамочного оформления топографического плана



Исполнитель

Дата

Подпись