



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Башкирский государственный аграрный университет»

Кафедра
кадастра недвижимости и геодезии

Б1.В.02 ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторному занятию №5
по теме «Обработка результатов теодолитной съемки и построение плана»

Направление подготовки (специальность)
35.03.01 Лесное дело

Профиль подготовки
Лесное хозяйство, охотничий сервис и туризм

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Уфа 2024

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета агротехнологий и лесного хозяйства (протокол №6 от 21 марта 2024 года).

Составители: канд. с.-х. наук, доцент М.Г. Ишбулатов,
канд. с.-х. наук, доцент И.С. Миннихметов

Ответственный за выпуск:
Заведующий кафедрой кадастра недвижимости и геодезии, канд. с.-х. наук, доцент М.Г. Ишбулатов

г. Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, кафедра кадастра недвижимости
и геодезии

Тема «ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ И ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА»

Цель работы: изучить методику обработки результатов теодолитной съемки и составить план.

Материалы и оборудования: учебники, практикум, тетрадь в клеточку, карандаши, линейки, калькулятор, транспортир, ватман формата А3, теодолит, штатив, 2 вешки, рулетка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Теодолитная съемка относится к горизонтальным (контурным) съемкам и производится для получения плана местности без рельефа. В результате полевых работ измеряют: правые по ходу горизонтальные углы; расстояния между точками хода; дирекционный угол начальной линии хода.

Одновременно производится съемка ситуации.

Координаты начальной точки определяются привязкой хода к пунктам государственной геодезической сети.

Используя эти данные как исходные для расчета, определяют координаты всех точек теодолитного хода и вычерчивают план местности.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Варианты заданий приведены в таблице 1—5 и рисунке 1.

Таблица 1 — Координату начальной точки

Варианты	00-19	20-39	40-59	60-79	80-99
X	700	750	800	850	900
Y	800	850	900	950	1000

Таблица 2 — Дирекционные углы линии 1-2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5°30'	16°08'	102°30'	135°59'	95°22'	246°16'	76°12'	60°31'	43°16'	36°39'
1	140°35'	18°31'	111°11'	9°03'	154°08'	18°16'	69°19'	146°29'	342°24'	159°15'
2	40°56'	189°25'	265°10'	48°49'	66°13'	16°50'	185°33'	209°11'	28°39'	75°42'
3	70°43'	186°38'	125°56'	53°34'	79°42'	65°09'	267°17'	297°34'	244°36'	86°53'
4	165°34'	317°48'	359°27'	63°55'	125°23'	113°26'	254°56'	222°38'	123°45'	352°16'
5	97°44'	233°56'	95°39'	35°35'	2°45'	68°35'	333°33'	99°59'	69°03'	14°23'
6	185°05'	183°56'	18°54'	168°40'	138°25'	56°39'	65°48'	199°22'	55°12'	211°18'
7	300°10'	63°42'	235°34'	355°01'	136°65'	86°36'	103°24'	69°06'	200°13'	79°46'
8	255°09'	201°49'	199°12'	86°12'	35°47'	199°49'	142°50'	32°43'	248°53'	326°21'
9	310°36'	64°41'	205°34'	13°55'	253°31'	346°10'	164°38'	342°52'	244°34'	33°33'

Таблица 3 — Съёмка луга полярным способом со станции в точке 1
(ориентир на точку 2)

Номера точек	Углы	Расстояния, м
а	00 00'	150,24
б	230 40'	180,52
в	650 20'	132,76
г	850 14'	102,68

Таблица 4 — Журнал теодолитной съёмки
Основной полигон

№ точек стояния	№ точек визирования	Отсчеты		Угол		Средний из углов		Угол наклона и длина
		°	'	°	'	°	'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 КП	6	261	24	85	14	85	14	447,22
	2	176	10					
1 КЛ	6	184	05	85	14			
	2	98	51					
2 КП	1	356	54					447,18
	3	213	46					
2 КЛ	1	64	38					
	3	281	30					
3 КП	2	271	54					448,01
	4	163	28					
3 КЛ	2	171	03					
	4	62	37					
4 КП	3	120	34					282,82
	5	4	00					
4 КЛ	3	83	28					
	5	326	54					
5 КП	4	264	26					316,26
	6	99	41					
5 КЛ	4	101	54					
	6	297	09					

продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 КП	5	215	56					360,62
	1	114	02					
6 КЛ	5	326	07					538,44
	1	224	13					
538,46								

Таблица 5 — Диагональный ход

№ точек стояния	№ точек визирования	Отсчеты		Угол		Средний из углов		Угол наклона и длина
		°	'	°	'	°	'	
3 КП	2	235	53					
	7	100	53					
3 КЛ	2	12	12					316,17
	7	327	12					
7 КП	3	358	46					316,23
	8	205	20					
7 КЛ	3	198	32					282,82
	8	45	06					
8 КП	7	321	11					282,78
	6	62	30					
8 КЛ	7	98	58					360,49
	6	200	17					
6 КП	8	158	45					360,51
	1	124	15					
6 КЛ	8	73	24					
	1	38	54					

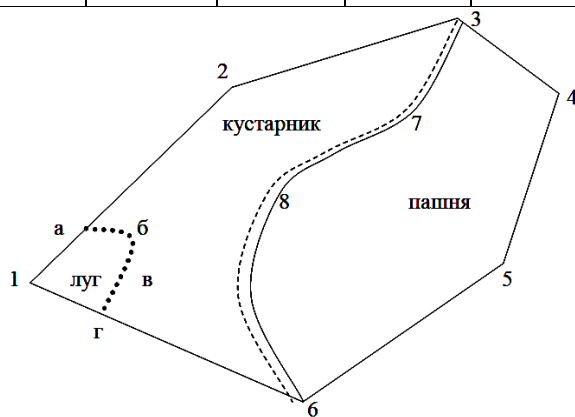


Рисунок 1 — Абрис

2 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

Вычисления рекомендуется проводить в программном обеспечении Microsoft Excel. Выполненные электронные варианты заданий прикрепить в <https://edu.bsau.ru/>.

2.1 Обработка полевого журнала

2.2.1 Вычисление горизонтальных углов

Измеренные углы вычисляют как разность отсчетов на предыдущую и последующую точки хода (при съемке по ходу часовой стрелки как разность «взгляд назад» минус «взгляд вперед»). Если отсчет на предыдущую точку меньше отсчета на последующую, то к первому («взгляд назад» 0 следует прибавить 360° . Расхождение между значениями одного и того же угла в полуприемах не должно превышать двойной точности теодолита. Из значений, полученных при КП и КЛ, находят среднее значение измеренного угла.

2.2.2 Вычисление горизонтальных проложений линий

Если угол наклона линии к местности не измерялся или менее 20° , то за окончательное значение ее длины принимают среднее арифметическое значение из результатов измерений в прямом и обратном направлениях. Если угол наклона к горизонту более 2° , то определяют горизонтальное проложение линии по формуле (1):

$$d = L \cdot \cos v, (1)$$

где, L — измеренное расстояние;
 v — угол наклона.

2.3 Оформление ведомости вычисления координат

Обработка материалов теодолитной съемки ведется в ведомости, форма которой приведена в таблице 7. В нее записывают: в графу 1 — номера точек полигона, в графу 2 — значения измеренных углов, в графу 5 — значение дирекционного угла α_{1-2} между точками 1 и 2, в графу 8 — горизонтальные проложения сторон теодолитного хода между соответствующими точками, в графах 15 и 16 — координаты точки 1. Вычисления производят в приведенной ниже последовательности.

2.4 Определение угловой невязки и ее распределение

Для проверки точности измеренных углов нужно вычислить величину угловой невязки (2):

$$f_\beta = \Sigma \beta_{\text{пр}} - \Sigma \beta_{\text{теор}}, (2)$$

где, $\Sigma \beta_{\text{пр}}$ — сумма измеренных внутренних углов;

$\Sigma\beta_{\text{теор}}$ – теоретическая сумма внутренних углов многоугольника, определяется по формуле (3):

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 1800 \cdot (n-2), \quad (3)$$

где, n – число углов в многоугольнике.

Предельно допустимое значение угловой невязки определяется по формуле (4):

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm(2 \dots 3) \cdot t \cdot \sqrt{n}, \quad (4)$$

где, t – точность теодолита.

При применении теодолита Т – 30 формула принимает вид (5):

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5' \cdot \sqrt{n}, \quad (5)$$

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком между измеренными углами. При относительном равенстве сторон хода угловая невязка f_{β} распределяется поровну между всеми углами. Если же длины сторон хода резко отличаются друг от друга, то в углы с короткими сторонами вводят несколько большие поправки, так как на результатах измерения таких углов сильнее сказываются неточности центрирования теодолита и визирных знаков. Абсолютная сумма поправок должна быть равна невязке. Поправки вписываются со своим знаком над значениями соответствующих измеренных углов.

2.5 Вычисление дирекционных углов и румбов

Дирекционные углы сторон теодолитного хода вычисляют по формуле (6):

$$\alpha_{(n)-(n+1)} = \alpha_{(n-1)-(n)} + 1800 - \beta_n, \quad (6)$$

где, $\alpha_{(n)-(n+1)}$ – дирекционный угол последующей линии;

$\alpha_{(n-1)-(n)}$ – дирекционный угол предыдущей стороны;

β_n – исправленный угол, лежащий вправо по ходу между стороной с известным дирекционным углом $\alpha_{(n-1)-(n)}$ и следующей стороной $(n)-(n+1)$.

Контролем вычислений для замкнутого полигона является получение в конце расчета дирекционного угла стороны 1-2, т.е. (7).

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{(k)-1} + 180^\circ - \beta_1, \quad (7)$$

где, $\alpha_{(k)-1}$ – дирекционный угол стороны, соединяющий конечную и первую точки замкнутого полигона.

Значения румбов линий находят на основании зависимостей, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 — Определение румбов линий

Дирекционные углы	Названия румбов	Формула для румба
$\alpha = 00 - 900$	СВ	$r = \alpha$
$\alpha = 900 - 1800$	ЮВ	$r = 1800 - \alpha$
$\alpha = 1800 - 2700$	ЮЗ	$r = \alpha - 1800$
$\alpha = 2700 - 3600$	СЗ	$r = 3600 - \alpha$

2.6 Вычисление координат точек теодолитного хода

Вычисление приращений координат производится по формулам (8):

$$\Delta X = d \cdot \cos r, \text{ и } \Delta Y = d \cdot \sin r, \quad (8)$$

где, d – горизонтальные проложения сторон теодолитного хода.

Значения приращений координат в теодолитном ходе вычисляют с округлением до сотых долей метра и записывают в графу 9 и 11.

Сумма приращений координат замкнутого полигона теоретически должна равняться нулю, т.е.

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор}} = 0; \quad \Sigma \Delta Y_{\text{теор}} = 0.$$

Из-за неизбежности случайных ошибок измерений это условие не всегда выполняется. Тогда величины вычисленных сумм ΔX и ΔY являются невязками по осям X и Y .

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч}}; \quad f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}}.$$

Абсолютную и относительную невязки определяют по формулам (9, 10):

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (9)$$

$$f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}}/P, \quad (10)$$

где, P – периметр теодолитного хода.

Полученная относительная невязка должна быть меньше $f_{\text{доп}} = 1/2000$. Если $f_{\text{отн}} < f_{\text{доп}}$, то измерения были сделаны с достаточной точностью и вычисления не содержат грубых ошибок. Тогда производится распределение невязок f_x и f_y на вычисленные значения ΔX и ΔY соответственно пропорционально величинам горизонтальных проложений сторон со знаком, обратным знакам невязки. Поправки записывают в графы 10 и 12, их суммы по абсолютной величине должны равняться величинам невязок. Исправленные приращения записывают в графы 13 и 14.

Координаты точек вычисляют по формулам (11):

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{(n)-(n-1)}, \quad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{(n)-(n-1)}, \quad (11)$$

где, X_n, Y_n – координаты предыдущей точки,

X_{n+1}, Y_{n+1} – координаты последующей точки хода.

Вычисленные координаты записывают в графы 15 и 16 в строке напротив соответствующего номера точки. Контролем для замкнутого полигона является получение в конце расчета координат первой точки.

Таблица 7 — Ведомость вычисления координат

№ то- чек	Горизонтальные углы			Дирек- ционные углы	Румбы		Длины линий (гор. прол.)	Приращение координат						Координаты	
	изме- ренные	по- правки	исправ- ленные		назва- ние	значе- ние		вычис- ленные ΔX	по- правки к ΔX	вычис- ленные ΔY	по- правки к ΔY	исправленные		X	Y
												ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Основной полигон															
1	85°14'	0	85°14'	262°25'	ЮЗ	82°25'	447,20	-59,02	+0,01	-443,29	-0,02	-59,01	-443,31	1000	1000
2	143°08'	0	143°08'	299°17'	СЗ	60°43'	447,25	218,76	+0,01	-390,09	-0,02	218,77	-390,11	940,99	556,69
3	108°26'	-0°01'	108°25'	10°52'	СВ	10°52'	282,84	277,77	+0,01	53,32	-0,02	277,78	53,30	1159,76	166,58
4	116°34'	0	116°34'	74°18'	СВ	74°18'	316,25	85,58	+0,01	304,45	-0,02	85,59	304,43	1437,57	219,88
5	164°45'	0	164°45'	89°33'	СВ	89°33'	360,60	2,83	+0,02	360,59	-0,05	2,85	360,54	1523,13	524,31
6	101°54'	0	101°54'	167°39'	ЮВ	12°21'	538,45	-525,99	+0,01	115,17	-0,02	-525,98	115,15	1525,98	884,85
1														1000	1000

$$\Sigma \beta_{\text{пр}} = 720^\circ 01'$$

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 720^\circ$$

$$f_{\beta} = -0^\circ 01'$$

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 3,7'$$

$$P = 2392,59$$

$$f_x = -0,07 \quad f_y = 0,15$$

$$f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}}/P = 0,17/2392,59 = 0,000071$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(-0,07)^2 + 0,15^2} = 0,17$$

$$f_{\text{доп}} = 1/2000 = 0,0005 \quad 0,000071 < 0,0005$$

продолжение таблицы 7

№ то- чек	Горизонтальные углы			Дирек- ционные углы	Румбы		Длины линий (гор. прол.)	Приращение координат						Координаты	
	изме- ренные	по- правки	исправ- ленные		на-зва- ние	значе- ние		вычис- ленные ΔX	по- правки к ΔX	вычис- ленные ΔY	по- правки к ΔY	исправленные		X	Y
												ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Диагональный ход															
2				299°17'											
3	45°00'	0	45°00'	74°17'	СВ	74°17'	316,20	85,65	-0,03	304,38	+0,07	85,62	304,45	1159,76	166,58
7	153°26'	0	153°26'	100°51'	ЮВ	79°09'	282,80	-53,23	-0,03	277,74	+0,07	-53,26	277,81	1245,38	471,03
8	258°41'	-0001'	258°42'	22°09'	СВ	22°09'	360,50	333,90	-0,04	135,92	+0,09	333,86	136,01	1192,12	748,84
6	34°30'	0	34°30'	167°39'										1525,98	884,85
1															
<div> <div> $\Sigma \beta_{\text{пр}} = 491^{\circ}37'$ $\Sigma \beta_{\text{теор}} = 491^{\circ}38'$ </div> <div> $f_{\beta} = -0001'$ $f_{\text{доп}} = \pm 3,7'$ </div> <div> $f_x = \Sigma \Delta X - (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}) = 0,10$ $f_y = \Sigma \Delta Y - (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}) = -0,23$ </div> <div> $f_{\text{абс}} = 0,25$ $f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}}/P = 0,25/2392,59 = 0,0001$ 0,0001 < 0,0005 </div> </div>															

2.7 Обработка диагонального хода

Соответствующие графы ведомости вычисления координат точек диагонального хода вносят номера точек, углы и горизонтальные проложения сторон диагонального хода. Из ведомости координат основного хода переписываются начальный и конечный дирекционные углы, а так же координаты начальной и конечной точек. Вычисления ведут по аналогии с основным полигоном. Различия в вычислениях заключаются в следующем:

1) Теоретическая сумма углов диагонального хода определяется по формуле (12):

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач.}} - \alpha_{\text{кон}} + 1800 \cdot n, \quad (12)$$

где, $\alpha_{\text{нач.}}$ и $\alpha_{\text{кон}}$ – соответственно начальный и конечный дирекционные углы;
 n – число измеренных углов.

2) Теоретическую сумму приращений вычисляют по следующим формулам (13, 14):

$$\Sigma\Delta X_{\text{теор}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}, \quad (13)$$

$$\Sigma\Delta Y_{\text{теор}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}, \quad (14)$$

где, $X_{\text{нач}}$, $Y_{\text{нач}}$ и $X_{\text{кон}}$, $Y_{\text{кон}}$ – координаты начальной и конечной точек соответственно.

3) Невязки приращений координат определяют по формулам (15, 16):

$$f_x = \Sigma\Delta X_{\text{выч}} - \Sigma\Delta X_{\text{теор}}, \quad (15)$$

$$f_y = \Sigma\Delta Y_{\text{выч}} - \Sigma\Delta Y_{\text{теор}}. \quad (16)$$

3 ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА

3.1 Построение координатной сетки

. Для составления плана сначала необходимо построить координатную сетку. Сетка строится в виде системы квадратов. Сначала через лист бумаги проводят две диагонали и от точки их пересечения откладывают измерителем по направлению к каждой вершине листа одинаковые отрезки. Полученные точки на диагоналях соединяют и получают прямоугольник (рисунок 2).

На сторонах прямоугольника измерителем откладывают отрезки, кратные 200 м в соответствующем масштабе. Полученные точки на противоположных сторонах попарно соединяют и получают координатную сетку.

3.2 Нанесение точек хода и ситуации на план

Ось X направляется от юга к северу, а ось Y – от запада к востоку. Затем по значениям абсцисс и ординат на координатной сетке отмечают положения точек теодолитного хода. Контролем правильности построения точек будут служить горизонтальные проложения и румбы линий.

3.3 Оформление плана

План составляется по данным абрисов съемки. Местные предметы и характерные точки контуров наносят в соответствии с результатами и способами съемки. Замкнутый теодолитный ход показывают сплошной линией, а точки диагонального хода не соединяют. Все надписи делают параллельно горизонтальной линии сетки.

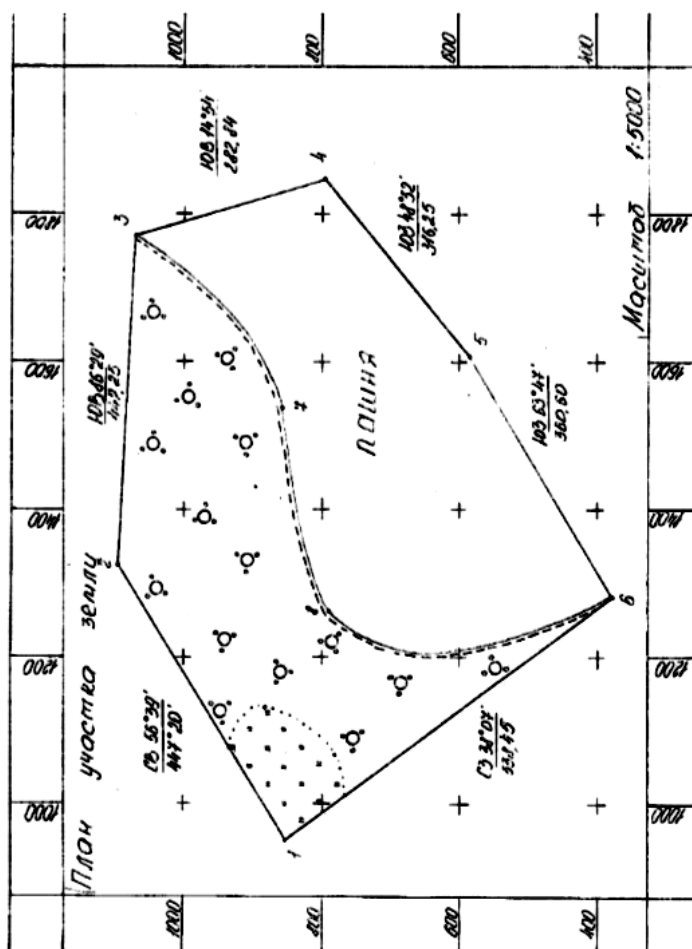


Рисунок 2 — План теодолитной съемки

ЗАДАНИЕ

Задание 1. По вариантам выполнить камеральную обработку результатов теодолитной съемки и составить план участка (таблица 1—5, рисунок1).

Вычисления рекомендуется проводить в программном обеспечении Microsoft Excel. Выполненные электронные варианты заданий прикрепить в <https://edu.bsau.ru/>.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какая последовательность действий при обработке полевых материалов теодолитной съемки?
- 2 Как вычисляется угловая невязка разомкнутого теодолитного хода?
- 3 Как вычисляется угловая невязка в замкнутом полигоне?
- 4 Как вычислить дирекционные углы в ходе, учитывая поправки в измеренные углы?
- 5 Как составляется и оформляется план теодолитной съемки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Банкрутенко, А. В. Практикум по геодезии : учебное пособие / А. В. Банкрутенко, Н. С. Елисеева. — Омск : Омский ГАУ, 2023. — 93 с. — ISBN 978-5-907507-53-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/326468>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2 Гиршберг, М. А. Геодезия : учебник / М.А. Гиршберг. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 384 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-018677-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2023171>. — Режим доступа: по подписке.
- 3 Голованов, В. А. Маркшейдерские и геодезические приборы [Текст] : учебное пособие / В. А. Голованов. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2020. - 137 с.
- 4 Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение [Текст] / В. Е. Дементьев, Д. В. Дементьев, А. Г. Парамонов. - Орел : Изд-во Картуш, 2019. - 499 с.
- 5 Дьяков, Б. Н. Геодезия : учебник для вузов / Б. Н. Дьяков. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-9235-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189342>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 6 Кошкина, Л. Б. Геодезия : учебно-методическое пособие / Л. Б. Кошкина. — Пермь : ПНИПУ, 2021. — 112 с. — ISBN 978-5-398-02496-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/239798> (дата обращения: 05.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 7 Кравченко, Ю. А. Геодезия : учебник / Ю.А. Кравченко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 344 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook_5900a29b032774.83960082. - ISBN 978-5-16-012662-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1862649>. — Режим доступа: по подписке.
- 8 Кравченко, Ю. А. Геодезия: классическая и современная : учебник / Ю.А. Кравченко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 775 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1096088. - ISBN 978-5-16-016317-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1096088>. — Режим доступа: по подписке.
- 9 Маслов, А. В. Геодезия [Текст] : учебник для студ. вузов / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : КолосС, 2008. - 598 с.
- 10 Хисамов, Р. Р. Геодезия при ведении строительных работ [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по направлению 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование / Р. Р. Хисамов, М. Г. Ишбулатов, Э. И. Галеев ; Министерство сельского хозяйства Республики

Башкортостан, Башкирский государственный аграрный университет. - Уфа : Башкирский ГАУ, 2021. - 136 с. - Библиогр.: с. 134-135. - ISBN 978-5-7456-0740-0 Лицензионный договор № 32/2021 от 16.06.2021 г. — Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/130637.pdf>.

