

УДК 528+528.9 (072)

Печатается по решению предметно-методической комиссии колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий (протокол № 3 от 17 декабря 2020 г.)

Составитель А.А. Лазарева, А.А. Баянова

Рецензент - к.т.н., доцент кафедры землеустройства, кадастров и сельскохозяйственной мелиорации ФГБОУ ВО «Иркутского ГАУ им. Ежевского А.А.» Тулунова Е.С.

Методические указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине Основы геодезии и картографии для студентов очного, заочного и дистанционного образовательного обучения специальности 21.02.04 «Землеустройство» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, Колледж автомоб. транспорта и агротехнологий ; сост. А. А. Лазарева, А.А. Баянова., – Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2021. - 18 с.: ил. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине Основы геодезии и картографии для студентов 2 курса для специалистов обучающихся по направлениям: 21.02.04 – Землеустройство.

© Лазарева А.А., Баянова А.А. 2020
© Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные положения.....	4
1. Поверки и юстировки теодолита 2Т30.....	7
2. Определение среднеквадратической ошибки измеренного горизонтального угла.....	11
3. Поверка компенсатора нивелира в полевых условиях.....	12
4. Поверка главного геометрического уровня (нивелир Н-3 или Н-3К).....	13
5. Исследование коэффициента дальномера и асимметрии нитей (нивелир Н-3 или Н-3К).....	15
Список литературы.....	17

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель освоения дисциплины:

- формирование у студента четкое представление о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создании и корректировке топографических планов, отводе земельных участков и перенесении в натуру проектных данных, а также при использовании готовых планово-картографических материалов и др. топографической информации для решения различных инженерных задач.

Основные задачи освоения:

- развить четкое представление о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях;
- создавать и корректировать топографические планы, отводы земельных участков;
- переносить в натуру проектные данные;
- научить использовать готовых планово-картографических материалов и др. топографической информации для решения различных инженерных задач;
- решать инженерно-геодезические задачи.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть умениями и знаниями в целях приобретения следующих компетенций:

Код	Наименование компетенции (планируемые результаты освоения ОП)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенции
Общие компетенции		В области знания и понимания (А)
ОК 1	понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	Знать: системы координат и высот, применяемые в геодезии; виды масштабов; ориентирующие углы, длины линий местности и связь между ними; масштабный ряд, разграфку и номенклатуру топографических карт и планов; элементы содержания топографических карт и планов; особенности содержания сельскохозяйственных карт; способы изображения рельефа местности на топографических картах и планах; основные геодезические приборы, их устройство, поверки и порядок юстировки; основные способы измерения горизонтальных углов;
ОК 2	организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	
ОК 3	принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	
ОК 4	осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	
ОК 5	использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	
ОК 6	работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	

ОК 7	ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий	мерные приборы и методику измерения линий местности; методы и способы определения превышений
ОК 8	самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	
ОК 9	ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	
	Профессиональные компетенции	
ПК 1.1	выполнять полевые геодезические работы на производственном участке.	В области интеллектуальных навыков (В)
ПК 1.2	обрабатывать результаты полевых измерений	Уметь: пользоваться масштабом при измерении и откладывании отрезков на топографических картах и планах; определять по карте (плану) ориентирующие углы; решать задачи на зависимость между ориентирующими углами; определять номенклатуру листов топографических карт заданного масштаба; определять географические и прямоугольные координаты точек на карте и наносить точки на карту по заданным координатам; читать топографическую карту по условным знакам; определять по карте формы рельефа, решать задачи с горизонталями, составлять профиль местности в любом направлении; пользоваться геодезическими приборами; выполнять линейные измерения; выполнять основные поверки приборов и их юстировку; измерять горизонтальные и вертикальные углы; определять превышения и высоты точек;
ПК 1.3	составлять и оформлять планово-картографические материалы.	
ПК 1.4	проводить геодезические работы при съемке больших территорий.	
ПК 1.5	подготавливать материалы аэро- и космических съемок для использования при проведении изыскательских и землеустроительных работ.	
ПК 2.5	Осуществлять перенесение проектов землеустройства в натуру, для организации и устройства территорий различного назначения.	

Основная цель расчетно-графической работы – закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами на лекциях, и практических занятиях, а также в ходе самостоятельного изучения учебного материала с использованием топографических карт и планов.

Требования к оформлению работы. При наборе текста необходимо учитывать следующее: объем работы – не менее 20 с.; форматирование по ширине; поля: справа и слева - по 23 мм, остальные - по 20 мм; абзацный отступ – 12,5 мм; межстрочный интервал – одинарный; шрифт – TimesNewRoman; формулы должны быть набраны с помощью редактора формул MS Equation; таблицы и рисунки последовательно пронумерованы; иллюстрации оформляются размерами не менее 60×60 мм и не более 120×180 мм.

Практическая работа №1 **«Поверки и юстировки теодолита 2Т-30»**

Все технические теодолиты изобретены по одной геометрической схеме, которая основана на принципе раздельного измерения вертикальных и горизонтальных углов. Для правильного измерения углов необходимо выполнять следующие условия:

- 1) вертикальная ось прибора должна быть отвесна;
- 2) плоскость лимба должна быть горизонтальна;
- 3) визирная (коллимационная) плоскость должна быть вертикальна.

Для того чтобы прибор можно было установить в рабочее положение, у него должны выполняться определенные геометрические условия, касающиеся взаимного расположения осей теодолита.

Цель работы: Выполнить поверки теодолита типа 2Т-30, 3Т-5.

Для достижения цели, необходимо решения следующих задач:

1. Провести поверку уровня при алидаде горизонтального круга.
2. Определить места нуля (МО).
3. Провести поверку:
 - а. горизонтальности оси вращения трубы;
 - б. сетки нитей;
 - в. оптического центрира;
 - г. поверка компенсатора.
4. Определить коллимационную ошибку.

1. Поверка уровня при алидаде горизонтального круга

Обычно при первой работе с прибором предварительно выполняют поверку цилиндрического уровня:

1. алидаду горизонтального круга ставим параллельно двум подъемным винтам и приводим пузырек уровня на середину

2. поворачиваем алидаду на 180° и проверяем положение пузырька (смещение на половину деления вправо)

3 половина деления является допустимым смещением, следовательно цилиндрический уровень не требует исправления.

2. Определение места нуля (МО)

МО – угол между горизонтальной плоскостью и визирной линией, когда зрительная труба находится в горизонтальном положении, а пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункте.

Таблица 1 – Вычисление МО и угла наклона ν

Точка стояния	Точки визирования	КЛ	КП	Место нуля МО	Значение Угла δ
А	В	КЛ	КП	$(КЛ-КП)/2$	$(КЛ+КП)/2$
1	2				
2	1				

Правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством МО, колебания которого в процессе измерений не должны превышать двойной точности отсчетного устройства.

$$МО1-МО2 \leq \pm 20''$$

Проверка горизонтальности оси вращения трубы

Условие: горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Выполнение: Для проверки этого условия теодолит устанавливают по уровню на расстоянии 10—20 м от стены.

Выбирают и отмечают на стене точку M под углом 25—30° к горизонту.

Наводят на эту точку зрительную трубу при круге лево и круге право проектируют точку M вниз отмечают точки m_1 и m_2 . Условие считается выполненным, если расстояние между точками m_1 и m_2 не превышает две ширины биссектора сетки нитей. Определяется по формуле (1):

$$i = \rho \frac{m_1 m_2}{2M_m}; \quad (1)$$

где $\rho=206265''$;

$m_1 m_2$ – где расстояние между точками;

M_m – расстояние между соответствующими точками.

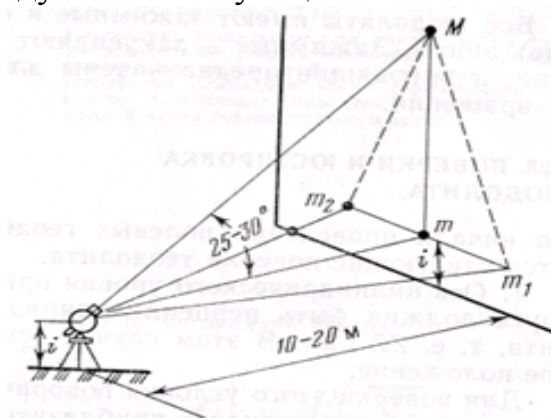


Рисунок 1 – Схема выполнения проверки горизонтальности оси вращения трубы

Значение наклона горизонтальной оси i не должно быть более 1'.

Если указанные условия не выполнены, то прибор ремонтируют в мастерской.

Проверка сети нитей

Условие: вертикальная нить сетки должна быть установлена отвесно, т. е. находиться в коллимационной плоскости.

Выполнение:

Теодолит устанавливают и приводят вертикальную ось в отвесное положение.

Зрительную трубу наводят на визирную цель и совмещают изображение цели с левым концом горизонтального штриха сетки нитей.

Затем, вращая прибор наводящим винтом алидады, следят, не сходит ли изображение цели с правого конца штриха сетки нитей.

Если оно сходит более чем на три ширины штриха, то необходимо снять защитный колпачок сетки нитей, ослабить четыре крепежных винта окуляра и повернуть окуляр так, чтобы средний штрих сетки расположился горизонтально.

После этого окуляр закрепляют, а защитный колпачок устанавливают на место.

Проверка оптического центра

Оптический центр – часть теодолита, встроенная в алидаду горизонтального круга.

При центрировании алидаду теодолита при помощи цилиндрического уровня приводят в горизонтальное положение. При этом визирная ось центра $O'O''$ занимает горизонтальное положение, а луч $O'O$ располагается строго отвесно. Поле зрения центра видны изображения вершины угла точки O и креста нитей.

Передвигая подставку теодолита по головке штатива, добиваются совмещения креста сетки с изображением точки O . Средняя квадратическая погрешность центрирования оптическими центрами оценивается величиной порядка 0,5 мм.

Устанавливают теодолит на штативе и приводят его ось вращения в вертикальное положение с помощью выверенного цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга. Отмечают на листе бумаги, подложенном под штатив, проекцию середины кружка оптического центра.

Затем медленно вращают алидаду вокруг вертикальной оси и наблюдают за изображением точки.

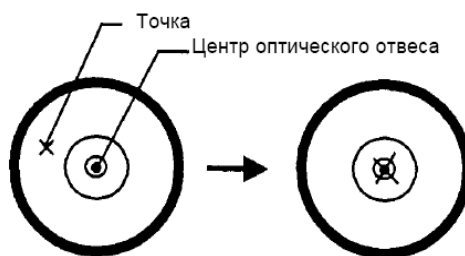


Рисунок 2 – Схема выполнения проверки оптического центра

Если в процессе вращения изображение точки остаётся на месте или смещается с центра кружка не более 0,5 мм, то условие считается выполненным. В противном случае отвинчивают два винта и отсоединяют крышку оптического центра от боковой крышки теодолита, обнажая головки юстировочных винтов.

Проверка компенсатора

Компенсатор отсчётной системы вертикального круга должен обеспечивать неизменность отсчёта по вертикальному кругу при наклоне оси вращения алидады в пределах, указанных для данного прибора

Выполнение:

1. Выбирают точку визирования.
2. Устанавливают теодолит, чтобы один из подъёмных винтов подставки был расположен в направлении этой точки.
3. Приводят пузырёк уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункт.
4. Наводят трубу на точку и берут отсчёт по вертикальному кругу.
5. Затем наведение трубы на точку и взятие отсчёта повторяют.
6. Поворачивают алидаду на 90° и подъёмным винтом подставки, расположенным по направлению на выбранную точку, наклоняют теодолит на 2 – 3 деления уровня.
7. Снова дважды наводят трубу на точку и берут отсчёты по вертикальному кругу.

Разность средних из двух отсчётов не должна превышать точности теодолита.

2. Определение коллимационной ошибки

Угол C отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы – коллимационная ошибка

Условие: Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к ее горизонтальной оси вращения

Выполнение: Выбирают удаленную хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят трубу на эту точку при двух положениях вертикального круга, берут отсчеты по лимбу горизонтального круга. Коллимационная ошибка находится по формуле (2):

$$C = (КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ); \quad (2)$$

Если значение превышает точность отчетного устройства, вычисляем исправленные показатели для горизонтального круга по формуле (3):

$$КЛ_{испр} = КЛ - C = КП_{приспр} + C, \quad (3)$$

C помощью наводящего винта алидады устанавливают их, в этом случае произойдет смещение перекрестия сетки нитей относительно наблюдаемой точки, ослабив предварительно вертикальную сетку нитей, боковыми винтами передвигают сетку до точного смещения перекрытия до изображения предмета, проверку выполняют до желаемого результата.

Практическая работа №2

«Определение среднеквадратической ошибки измеренного горизонтального угла» (теодолитом 2Т-30)

Цель работы – Определить среднеквадратическую ошибку измеренного угла (далее СКО).

Угол измеряется 12-ю приемами, со смещением лимба между полуприемами 15 градусов.

Порядок измерения горизонтального угла способом приемов:

1. В вершине измеряемого угла А устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение, а на правой *a* и левой *b* точках устанавливают вехи.

2. Выполняют два полуприема: при круге право (КП) и при круге лево (КЛ). (Положение, при котором вертикальный круг находится справа от наблюдателя, смотрящего в окуляр, «круг право»). Результаты измерений заносят в таблицу №2.

Таблица 2 – Промежуточные результаты определения СКО

№ приема	Измеренные значения β_i (г.м.с.)	Среднее значение $\bar{\beta}$ (г.м.с.)	Поправка $v_i = \bar{\beta} - \beta_i$ (сек)	v_i^2
1		$\bar{\beta} = \frac{[\beta_i]}{n}$		
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Σ				

Среднеквадратическую ошибку измеренного угла определяют по формуле (4):

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[v_i^2]}{n-1}} \quad (4)$$

Примечания:

1. Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита - 1'.

2. В случае если отсчет на правую (заднюю) точку меньше отсчета на левую (переднюю) точку, то при вычислении угла к нему прибавляют 360°.

3. измерение левого по ходу горизонтального угла производится в той же последовательности, левый по ходу угол в рассчитывается как разность отсчетов на левую (переднюю) и правую (заднюю) точки, $\beta = v - a$.

4. Все вычисления в полевом журнале вплоть до вывода среднего значения угла выполняются до снятия теодолита со станции.

Практическая работа №3

«Проверка компенсатора нивелира в полевых условиях»

Цель работы – провести проверку компенсатора нивелира НЗ, НЗ-К.

В полевых условиях погрешности работы компенсатора проверяют следующим образом:

1. Нивелир устанавливают в середине створа между двумя рейками, установленными по уровню. Определяют превышения между рейками, при этом наблюдения выполняются сериями, общее число которых должно быть не менее 5. Перед взятием отсчетов по рейкам нивелир наклоняют подъемными винтами по схеме, приведенной на рисунке 5.

Для высокоточных нивелиров проверку выполняют при расстояниях между рейками 10, 50, 100 м; для точных нивелиров - 100 и 200 м; для технических - 200 м.

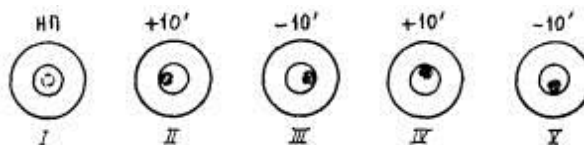


Рисунок 5 – Схема наклонов нивелира

При обработке результатов измерений вычисляют превышения между рейками при соответствующих положениях уровня в серии наблюдений и среднее значение превышений, кроме этого вычисляют разности Δh превышений относительно положения уровня в нуль-пункте.

Значения Δh не должны быть более 0,5 мм для высокоточных нивелиров и 3,0 и 5,0 мм для точных и технических нивелиров соответственно.

Дата:

Время:

$t =$

Нивелир _____

№ _____

$S =$ _____ м

Таблица 4 – Результаты проверки компенсатора нивелира

№ серии измерений	Превышение, мм				
	при положении пузырька уровню в нуль-пункте	при продольном наклоне		при поперечном наклоне	
		+10'	-10'	+10'	-10'
1					
2					
3					
Ср.					
Δh , мм	-				

Практическая работа №4

«Проверка главного геометрического уровня (нивелир Н-3 или Н-3К)»

Цель работы – проверка главного геометрического уровня (нивелир Н-3 или Н-3К).

Ход работы:

1. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Проверка выполняется путём измерения одного и того же превышения дважды: из середины и с неравными расстояниями до реек. На расстоянии 75-100 метров друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (рис. 3).

В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и приводят пузырек цилиндрического уровня в нульпункт. Если визирная ось трубы не параллельна оси уровня и потому наклонена на угол i , то вместо верных отчетов Δa и Δb будут прочтены отсчеты a_1 и b_1 .

Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчётах будут одинаковыми, $a=b$. Вычисленное при этом превышение будет равно (5):

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b. \quad (5)$$

Следовательно, превышение, вычисленное по измерениям из середины – верное. (Рис. 3).

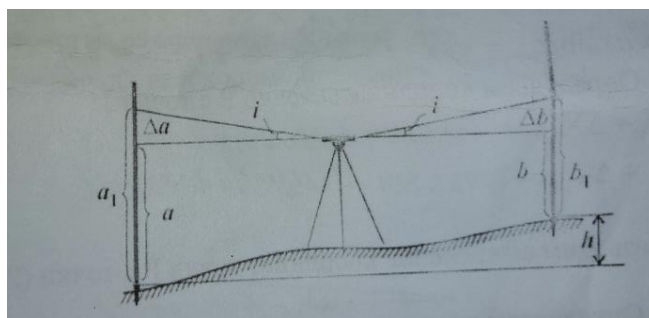


Рисунок 3 – Проверка цилиндрического уровня измерения (методом из середины)

2. Проверка цилиндрического уровня.

Нивелир переносится и устанавливают на расстоянии 2-3 м от одной из реек (Рис.4). Берут отчет b_2 по ближней рейке. Ввиду малости расстояний до рейки погрешность в отчете b_2 , вызванная наклоном луча визирования, мала. Поэтому отчет b_2 считают безошибочным (Рис.4).

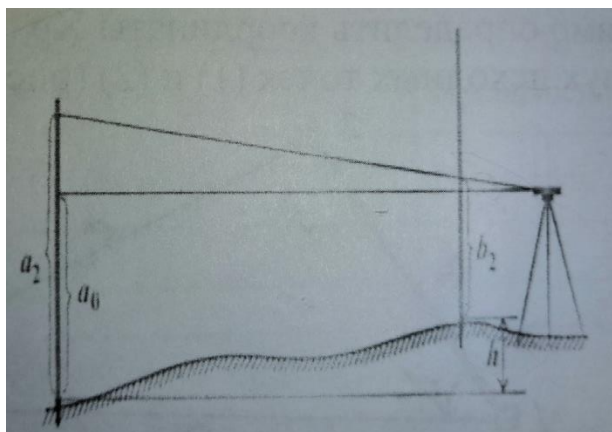


Рисунок 4 – Проверка цилиндрического уровня (Измерения с неравными расстояниями до реек)

Проверка цилиндрического уровня. Измерения с неравными расстояниями до реек. Вычисляют отчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален: $a_0 = b_2 + h$. Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отчет a_2 . Сравнивают вычисления и фактический a_2 отчеты различаются меньше, чем на 5 мм, то считают, ось цилиндрического уровня НН (Рис. 5) параллельно визирной оси ZZ. Если вычисленный и фактический отчеты различаются больше, чем на 5 мм, то положения цилиндрического уровня необходимо исправить.

Для этого элевационным винтом наводят средний штрих сетки нитей на отчет a_0 по дальней рейке. При этом пузырек цилиндрического уровня уйдет из нульпункта. Вертикальными испарительными винтами приводят пузырек цилиндрического в нульпункт, совмещая изображения концов половинок пузырька в поле зрения трубы. Результаты измерений заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Ведомость результатов нивелирования (нивелир Н-3)

Номер станции	Пикеты	Отсчеты, мм		Превышения h, мм		Δh , мм
		Задний a	Передний b	Вычисленное	Среднее	

Практическая работа №5

«Исследование коэффициента дальномера и асимметрии нитей (нивелир Н-3 или Н-3К)»

Цель работы – исследовать коэффициент дальномера и асимметрии нитей нивелира.

Коэффициент дальномера и асимметрию сетки нитей определяют перед выездом на полевые работы. Для определения коэффициента выбирают ровный участок с уклоном менее $0,5^\circ$, удобную для измерения расстояний рулеткой. Результаты заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента дальномера

Расстояние, мм. (L)	Отсчет по верхнему штриху	Отсчет по нижнему штриху	Разность, мм. (l)	Коэффициент дальномера (L/l)	Δ (K _{ср} -K)	Δ^2
2000						
3000						
4000						
5000						
6000						
7000						
8000						
9000						
10000						
11000						
12000						
13000						
				K _{ср} =		Σ =

Коэффициент дальномера вычислили по формуле (6):

$$K = (L - C) / (l)_{ср}, \quad (6)$$

где C – постоянная дальномера, взятая из описания нивелира;

L – длина базиса, мм;

(l)_{ср} – среднее из разности отсчетов по нижнему и верхнему дальномерным штрихам, мм.

Коэффициент K не должен отличаться от 100 более чем на 1%.

Одновременно находим асимметрию нитей (в %) по формуле (7):

$$a = \frac{2[(c - v)_{ср} - (n - c)_{ср}]}{(n - v)_{ср}} 100, \quad (7)$$

где c, v, n – отсчеты по соответствующим штрихам сетки нитей.

Таблица 5 – Определение асимметрии нитей нивелира

Положение нитей	Отсчет по нитям (в,с,н)	с-в н-с	Разность, а	Сумма, l
			аср=	lср=

Список литературы

1. Баянова А.А. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов очного обучения по Основам метрологии, стандартизации, сертификации и геодезического инструментоведения : направление подгот. 21.03.02 - Землеустройство и кадастры / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского ; сост.: А. А. Баянова, А. А. Лазарева. - Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2019. - 32 с.. - Текст : электронный

2. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / С.И. Чекалин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Гаудеамус, 2016. — 320 с. — 978-5-8291-1333-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60031.html>.

3. Инженерная геодезия [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 104 с. — 978-5-9585-0687-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62898.html>.

Лазарева Алианна Александровна

**Методические рекомендации
для выполнения расчетно-графической работы по
дисциплине
Основы геодезии и картографии**

ФГБОУ ВО ИрГАУ
664038, п. Молодежный гл. корпус Иркутского ГАУ

