

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

Т.А. Анисимова (И.О.Ф)  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Исследование точностных характеристик построения ходов  
электронными тахеометрами в кадастровой деятельности

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–08.03.01.2017.382 ПЗ ВКР

Консультанты:

к.т.н., доцент

А.М. Костин  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель проекта

к.т.н., доцент

А.А. Ворошилов  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

к.т.н., доцент

А.А. Ворошилов  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта:

студент группы АС-411

А.А. Головкин  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

инженер

Д.А. Жилов  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

А.А. Ворошилов  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛИГОНОМЕТРИИ, ТЕОДОЛИТНЫХ И ТАХЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХОДОВ.....	12
1.1 Анализ требований геодезического обеспечения кадастровой деятельности.....	12
1.2 Требования к построению полигонометрии.....	17
1.3 Требования к точности построения теодолитных ходов.....	19
1.4 Требования к точности построения тахеометрических ходов.....	21
1.5 Выводы по Главе 1.....	23
ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ХОДОВ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ.....	25
2.1 Точностные характеристики современных тахеометров.....	25
2.2 Особенности производства измерений в ходах.....	26
2.3 Особенности обработки ходов.....	31
2.4 Выводы по Главе 2.....	34
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОДОВ, ПОСТРОЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ.....	36
3.1 Исследование основных источников погрешностей.....	36
3.2 Оценка точности местоположения пунктов для вытянутых и замкнутых ходов.....	44
3.3 Выводы по Главе 3.....	48
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОЛИГОНЕ ЮУРГУ.....	49
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ И КАДАСТРОВЫХ РАБОТ.....	54
ГЛАВА 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ.....	62
6.1 Безопасность жизнедеятельности.....	62

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

6.2 Безопасность при проведении камеральных работ.....	63
6.3 Безопасность при проведении полевых работ.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	72
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Технические характеристики электронных тахеометров различных фирм-производителей.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Схемы построений ходов электронными тахеометрами на полигоне ЮУрГУ.....	76

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время традиционные технологии геодезических работ изменились в соответствии с тем, что в производстве стали применяться электронные средства измерений, накладывающие технические и технологические особенности на геодезические построения. Одним из современных автоматизированных методов съёмочных работ при этом является электронная тахеометрия, обеспечивающая основные виды геодезических построений в кадастре.

Геодезические работы в кадастровой деятельности занимают значительное место. Их состав зависит от назначения, площади и типов земельных участков, наличия на них объектов капитального строительства, строений и т.д. Определяющим при ведении кадастра объектов недвижимости является использование термина "кадастровая съёмка". Кадастровая съёмка, как указано в проекте Федерального закона "О государственном кадастре недвижимости", выполняется с целью определения пространственно-площадных характеристик земельных участков и расположения объектов недвижимости. К сожалению, этот термин не вошёл в основную редакцию закона, хотя он широко используется на практике и самое главное отвечает сути проводимых работ. При кадастровой съёмке выполняется и межевание земель – комплекс работ по установлению, восстановлению и закреплению на местности границ земельного участка, определению его местоположения и площади. Кадастровую съёмку выполняют различными методами. Среди наземных методов преимущество отдаётся спутниковому (с применением спутниковых определений координат) и геодезическому (с применением электронных тахеометров с автоматической регистрацией информации).

Тематика данной работы является актуальной, так как к настоящему времени нормативная литература по рассматриваемым в работе ходам устарела, а детальные разработки по их построению с применением электронных тахеометров отсутствуют.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Целью данной работы является исследование точностных характеристик ходов, построенных электронными тахеометрами, а также эффективности их применения при производстве геодезических работ в кадастре.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующей нормативной литературы по ходам полигонометрии, теодолитным и тахеометрическим ходам и сопоставить их с требованиями кадастровых съёмки;

2. Изучить уровень современной тахеометрии на основе анализа технических характеристик приборов и рассмотреть особенности работы с электронными тахеометрами в кадастровой деятельности;

3. Выполнить предрасчёт точности передачи измерений в ходах, проложенных электронными тахеометрами с различными точностными характеристиками;

4. Разработать рекомендации по производству геодезических измерений и построений рассматриваемых ходов, в том числе в обеспечении кадастра.

Основная проблема, которая затрудняет в настоящее время выполнение кадастровых съёмки – это отсутствие современных руководств и инструкций по их выполнению, где регламентировалась бы методика работ, требования к приборам, длинам сторон ходов, допустимым невязкам. Поэтому совершенствование геодезического обеспечения кадастра объектов недвижимости остаётся одной из приоритетных задач в практической деятельности по его ведению.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛИГОНОМЕТРИИ, ТЕОДОЛИТНЫХ И ТАХЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХОДОВ

## 1.1 Анализ требований геодезического обеспечения кадастровой деятельности

Основные положения о кадастровой деятельности изложены в Федеральном законе №221-ФЗ от 24.07.2007 г. «О кадастровой деятельности» [1] (далее – Закон о кадастре). Согласно этому закону, «кадастровой деятельностью является выполнение работ в отношении недвижимого имущества в соответствии с установленными федеральным законом требованиями, в результате которых обеспечивается подготовка документов содержащих необходимые сведения для осуществления государственного кадастрового учёта».

Для формирования государственного кадастра и поддержания его на современном уровне информация об объектах недвижимости, их расположении, о границах земельных участков, площадях, инфраструктуре и технических характеристиках объектов, а также данные о прохождении Государственной границы, о границах субъектов РФ, муниципальных образований и населённых пунктов должны быть актуальными и максимально достоверными. Такую информацию получают по результатам геодезических и картографических работ, обеспечивающих необходимую точность.

Ни одна информация, содержащаяся в материалах кадастрового учёта объекта, не обладает той уникальностью, которой обладают геодезические данные об объекте. Только геодезические данные позволяют однозначно установить местоположение объекта, в каком бы месте земной поверхности он ни находился, его конфигурацию, ориентацию и занимаемую им площадь с той степенью точности, с какой эти данные об объекте получены в результате геодезических работ. Эти показатели точности регламентируются нормативно-техническими документами по производству таких работ и находятся в пределах нескольких сантиметров. Методы и требования к точности регламентируются Приказом Минэкономразвития РФ от 1 марта 2016 г. № 90 «Об утверждении требований к

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения».

Согласно основным положениям Закона о кадастре для координатного обеспечения государственного кадастра, государственного мониторинга земель, землеустройства и других мероприятий по управлению земельным фондом РФ создаётся опорная межевая сеть (ОМС), её создание является компетенцией Росреестра.

Нормативной базой проведения геодезических работ, в том числе в области кадастра, служат стандарты (ГОСТы и СП), утверждённые документы и инструкции.

В Инструкции по топографической съёмке [2] говорится, что: «средние погрешности (ошибки) в положении на плане предметов и контуров местности с чёткими очертаниями относительно ближайших точек съёмочного обоснования не должны превышать 0,5 мм»; «предельные погрешности положения пунктов плановой съёмочной сети, в том числе плановых опознаков, относительно пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм - на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью».

В Инструкции по межеванию земель [3] записано, что: «средняя квадратическая погрешность положения межевых знаков относительно пунктов ГГС, ОМС (ОМЗ) не более 0,1 мм».

В соответствии с Приказом Минэкономразвития Российской Федерации от 1 марта 2016 г. №90 [4] установлены требования к точности определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

При этом для оценки точности определения координат характерных точек определяется средняя квадратическая погрешность по следующей формуле:

$$M_t = \sqrt{m_0^2 + m_1^2}, \quad (1.1)$$

где:

$M_t$  – средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно ближайшего пункта опорной межевой сети;

$m_0$  – средняя квадратическая погрешность местоположения точки съёмочного обоснования относительно ближайшего пункта опорной межевой сети;

$m_1$  – средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно точки съёмочного обоснования, с которой производилось её определение.

Полученная в результате расчётов величина не должна превышать значений погрешностей определения местоположения характерных точек границ земельных участков, из установленных настоящим приказом (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Значения точности определения координат характерных точек границ земельных участков

№ п/п	Категория земель и разрешённое использование земельных участков	СКП местоположения характерных точек, не более, м
1	Земельные участки, отнесённые к землям населённых пунктов	0,10
2	Земельные участки, отнесённые к землям сельскохозяйственного назначения и предоставленные для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства	0,20



(Продолжение табл. 1.1)

3	Земельные участки, отнесённые к землям сельскохозяйственного назначения, за исключением земельных участков, указанных в пункте 2	2,50
4	Земельные участки, отнесённые к землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землям обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения	0,50
5	Земельные участки, отнесённые к землям особо охраняемых территорий и объектов	2,50
6	Земельные участки, отнесённые к землям лесного фонда, землям водного фонда и землям запаса	5,00
7	Земельные участки, не указанные в пунктах 1 – 6	2,50

Обеспечение точности и достоверности геодезических данных об объекте недвижимости – важнейшее условие качественного ведения кадастрового учёта. Однако состояние опорных геодезических сетей, являющихся основой кадастровой съёмки, в городах не всегда удовлетворяет современным требованиям кадастра в силу их недостаточной точности, утраты значительного числа центров пунктов, потери многих видимостей между пунктами, неоднородности построения, отсутствия совместного уравнивания и других причин.

Для определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений, объектов незавершённого строительства на земельных участках могут применяться следующие методы:

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

- геодезический – с определением координат из геодезических построений и измерений соответствующей точности;
- спутниковый – с определением координат по навигационным спутниковым системам;
- фотограмметрический – с определением координат по снимкам и другим фотограмметрическим произведениям;
- картометрический – с определением координат по топографическим картам и планам.

Наиболее объективным и точным к настоящему времени остаётся геодезический метод, основанный на определении координат точек границ и контуров относительно построенных геодезических сетей и точек съёмочного обоснования. При этом съёмочное обоснование может создаваться спутниковым методом или путём проложения различных ходов.

Определение координат межевых знаков и объектов недвижимости в пределах земельных участков осуществляется преимущественно полярным способом с точек теодолитных ходов, которые в большинстве случаев являются вынужденно изогнутыми. А это, как известно, уменьшает точность элементов теодолитных ходов. Среди мер, направленных на повышение точности теодолитных ходов, следует рассматривать следующие:

- проложение ходов по трёхштативной системе;
- введение ограничений на длины сторон и ходов;
- включение в ход одного или более пунктов с известными координатами или направлений с известными дирекционными углами;
- проложение ходов по способу главных направлений с сокращением при этом числа углов, участвующих в передаче дирекционного угла, и увеличением длин сторон.

## 1.2 Требования к построению полигонометрии

Полигонометрия является наиболее распространённым видом построения инженерно-геодезических опорных сетей.

В зависимости от площади объекта, его формы, обеспеченности исходными пунктами полигонометрию проектируют в виде одиночных ходов, опирающихся на исходные пункты высшего класса (разряда), систем ходов с узловыми точками или систем замкнутых полигонов. Проложение висячих ходов, опирающихся на один исходный пункт, не допускается.

Основные требования к построению ходов полигонометрии приведены в Инструкции по топографической съёмке в масштабах 1:5000 – 1:500. Наиболее широко применяемые в практике инженерно-геодезических работ полигонометрические сети состоят из ходов 4 класса, 1 и 2 разрядов. Приведём основные характеристики полигонометрии согласно [2] (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Требования к построению ходов полигонометрии

Показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода, км:			
отдельного	15	5	3
между исходной и узловой точкой	10	3	2
между узловыми точками	7	2	1,5
Предельный параметр полигона, км	30	15	9
Длины сторон хода, км:			
наибольшая	2,00	0,80	0,35
наименьшая	0,25	0,12	0,08
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная погрешность хода, не более	1:25000	1:10000	1:5000

(Продолжение табл. 1.2)

СКП измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), угловые секунды, не более	3	5	10
Угловая невязка хода или полигона, угловые секунды, не более, где $n$ – число углов в ходе	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$

В соответствии с инструкцией измерение углов на пунктах производится способом измерения отдельного угла или способом круговых приёмов, как правило, по трёхштативной системе оптическими теодолитами Т1, Т2 и Т5 с точностью центрирования 1мм. Допуски на расхождение значений угла из двух полуприёмов составляют:

- для теодолитов Т1 – 6”;
- для теодолитов Т2 – 8”;
- для теодолитов Т1 – 0,2’(12”).

В настоящее время в кадастровых работах линейно-угловые измерения проводятся электронными тахеометрами. Расстояния при этом измеряются на отражатель, учитывая постоянную поправку отражателя. Измерение расстояний сопровождается измерением угла наклона, что позволяет по реализованному в приборе методу тригонометрического нивелирования определять превышения точек, а, следовательно, и их отметки. Поэтому не имеет смысла проведение требуемого по Инструкции отдельного нивелирования IV класса или технического нивелирования. Тригонометрическое нивелирование, реализованное в тахеометре, учитывает высоту прибора над станцией, а также высоту визирной цели над точкой, при этом на больших расстояниях учитывается дополнительно кривизна Земли и вертикальная рефракция.

Следует подчеркнуть, что точность определений в кадастровых работах характеризуется средней квадратической погрешностью местоположения характерной точки границы земельного участка. Поэтому относительная погрешность хода в построении полигонометрии, регламентируемая Инструкцией [2], становится неинформативной и требует современного пересмотра.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

При этом, если рассчитать среднюю квадратическую погрешность местоположения точки по приведённым характеристикам в табл.1.2. для отдельных ходов полигонометрии длиной до 3 км и с относительной погрешностью не более 1:5000 и для ходов длиной до 5 км с относительной погрешностью не более 1:10000 СКП местоположения пункта меняет своё значение в интервале 0,2...0,6м. Но, согласно табл.1.1, на городских землях нормативное значение СКП составляет 0,1м. Значит, ходы, имеющие выше приведённые характеристики в соответствии с Инструкцией, имеют ограниченное применение для межевания земель.

### 1.3 Требования к точности построения теодолитных ходов

Теодолитным ходом называют систему закреплённых в натуре точек, координаты которых определены из измерения горизонтальных углов  $\beta$  и расстояний  $D$ .

Вершины углов теодолитного хода закрепляют временными и постоянными знаками. Измерения в ходах проводятся относительно опорных пунктов триангуляции, полигонометрии, спутниковых определений. Качество проложенного теодолитного хода определяется путём сопоставления фактических ошибок (невязок) с допустимыми.

В соответствии с Инструкцией [2], углы в данных ходах измеряются теодолитами 30-ти секундной точности одним полным приёмом. Центрирование прибора и марок осуществляется с точностью до 3мм. Измерение длин сторон в ходах по Инструкции допускается оптическими дальномерами и мерными лентами.

Теодолитные ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1: 3000, 1: 2000, 1: 1000.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Таблица 1.3 – Допустимые длины теодолитных ходов между  
исходными пунктами

Масштаб	$m_s = 0,2\text{мм}$		$m_s = 0,3\text{мм}$		
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
	Допустимые длины ходов между исходными пунктами, км				
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3	–	–

Съёмочная геодезическая сеть (съёмочное обоснование) создаётся с целью сгущения геодезической плановой и высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съёмки. Для передачи координат на точки теодолитных ходов производят привязку их к геодезическим пунктам более высокого класса. Привязка состоит в том, что определяют положение хотя бы одной точки хода относительно точек более высокого класса: измеряют между ними расстояние и два примычных угла.

Предельные погрешности пунктов плановой съёмочной сети относительно ГГС и ГСС не должны превышать в масштабе плана:

- 0,2мм на открытой местности и на застроенной территории;
- 0,3мм на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

Длины сторон в теодолитных ходах по Инструкции [2] на застроенных территориях составляют 20...350м; на незастроенных территориях – 40...350м.

Теодолитные ходы имеют привязку к масштабам съёмки (см. табл. 1.3), которые не всегда нужны в кадастровых работах. Основным критерий точности здесь так же, как и в полигонометрии, относительная невязка хода. Но как было отмечено в подразделе 1.2, точность определений в кадастровых работах

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

характеризуется средней квадратической погрешностью местоположения характерной точки границы земельного участка. Но даже рассчитав СКП для отдельных теодолитных ходов, предназначенных для обоснования съёмки масштаба 1:2000, мы увидим, что полученное значение превышает 0,5м. Но на землях населённых пунктах нормативное значение СКП положения пункта составляет 0,1м (табл. 1.1). Поэтому на теодолитные ходы, регламентируемые Инструкцией [2], в кадастровой деятельности так же, как и на отдельные ходы полигонометрии, накладывается ограничение в их применении.

Ещё следует отметить, что данные ходы не рассматриваются применительно к электронным тахеометрам. Согласно требованиям в качестве геодезического оборудования для проведения измерений в данных ходах применяются теодолиты, которые уже давно сняты с производства. Поэтому точностные характеристики, приведённые в Инструкции [2], к теодолитным ходам требуют также современной адаптации под новое геодезическое оборудование.

#### 1.4 Требования к точности построения тахеометрических ходов

В основе тахеометрии лежит идея получения положения точки местности в плане и по высоте одним визированием трубы прибора. Это достигается тем, что положение снимаемой точки определяют полярным способом при одном наведении зрительной трубы на рейку (отражатель), получая расстояние (по дальномеру) от прибора до цели, направляющий горизонтальный и вертикальный угол (угол наклона, зенитное расстояние) или превышение снимаемой точки над станцией прибора.

Тахеометрический ход – это замкнутый или разомкнутый многоугольник, в котором измерены все стороны, горизонтальные и вертикальные углы. По измеренным сторонам и углам после их соответствующей обработки получают дополнительные точки с известными координатами и высотами. Приборами для проложения тахеометрических ходов служат теодолиты или специальные приборы – тахеометры.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тахеометрические ходы, опирающиеся на пункты сетей сгущения и главной геодезической основы, являются съёмочным обоснованием.

Координаты и высоты пунктов тахеометрического хода вычисляются в требуемой системе координат и высот. С этой целью тахеометрический ход привязывают к пунктам опорной геодезической сети или съёмочного обоснования. Ход, привязанный к опорной сети одним концом, называется висячим. Висячие ходы прокладывать не разрешается.

До начала работ геодезическая основа, включая пункты сетей съёмочного обоснования, должна быть доведена до плотности, обеспечивающей возможность проложения тахеометрических ходов с соблюдением технических требований, приведённых в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технические требования к проложению тахеометрических ходов

Масштаб съёмки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1200	300	6
1: 2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

По Инструкции [2] углы измеряются полным приёмом, где колебание между полуприёмами не должно превышать 30”.

Угловые невязки в тахеометрических ходах не должны превышать при измерении углов:

$$f_{\beta} = \pm 0,5' \sqrt{n}, \quad (1.2)$$



Допустимые линейные невязки вычисляются по следующей формуле:

$$f_s = \frac{S}{400\sqrt{n}}, \quad (1.3)$$

где:

$S$  — длина хода, м;

$n$  — число линий в ходе.

Высотная невязка:

$$f_h = 0,004 \frac{S}{\sqrt{n}} [\text{мм}]. \quad (1.4)$$

Данные ходы так же, как и выше упомянутые в разделах 1.2 и 1.3, не рассматриваются относительно электронных тахеометров. А точностные характеристики измерения расстояний установлены относительно устаревших сейчас приборов. К тому же, как и в теодолитных ходах, точностные характеристики зависят от масштаба съёмки, что в кадастре не всегда нужно.

### 1.5 Выводы по Главе 1

На основании анализа существующей в настоящее время документации можно сделать вывод, что совершенствование геодезического обеспечения кадастра объектов недвижимости является актуальным. Вряд ли при выполнении кадастровой съёмки в настоящее время можно руководствоваться пусть и действующей, но устаревшей Инструкцией по топографической съёмке, тем более что её основные требования не соответствуют требованиям документов, регламентирующих геодезические работы в области кадастра.

Так для отдельных ходов полигонометрии длиной до 3 км и с относительной погрешностью не более 1:5000 и для ходов длиной до 5 км с относительной погрешностью не более 1:10000 СКП местоположения пункта меняет своё значение в интервале 0,2...0,6м, а для теодолитных ходов, предназначенных для обоснования съёмки масштаба 1:2000, СКП положения пункта хода превышает 0,5м. Но на землях населённых пунктах нормативное значение СКП положения

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

пункта составляет 0,1м (табл. 1.1). Значит, ходы, регламентируемые Инструкцией [2], имеют ограниченное применение для межевания земель.

Также с отсутствием высокоточной крупномасштабной картографической основы кадастра связаны «непостоянство и изменчивость» границ кадастровых кварталов, так как эти границы устанавливались по картографическим материалам низкой точности или вообще в их отсутствие.

Помимо этого приведённые в Инструкции ограничения на длины сторон хода полигонометрии, длины теодолитных и тахеометрических ходов, а также некоторые другие параметры должны быть откорректированы под современное оборудование, в частности электронные тахеометры.

Поэтому к числу положений, требующих уточнения, а также обновления и корректировки относятся и вопросы геодезического обеспечения кадастровой деятельности, в частности, точностные характеристики предоставляемых данных об объектах ГКН, полученных в результате использования современного геодезического оборудования.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

## ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ХОДОВ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

### 2.1 Точностные характеристики современных тахеометров

За последние десять лет электронный тахеометр стал универсальным и незаменимым геодезическим прибором. В него интегрирован микропроцессор, с помощью которого значительно расширился спектр решаемых практических задач. С помощью тахеометра можно выполнять как простые полевые съёмочные работы, так и работы инженерного класса, проводя дополнительные расчёты с использованием специализированных прикладных программ. Существуют роботизированные тахеометры, которые оснащаются специальными сервоприводами. В таких тахеометрах реализована функция автоматического слежения за отражателем. Управляя прибором с контроллера, который связывается с тахеометром посредством беспроводного соединения Bluetooth, оператор может выполнять работы самостоятельно, не прибегая к помощи дополнительных сотрудников.



Рисунок 1 – Роботизированный тахеометр TRIMBLE S8

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Современные тахеометры оснащены электронными уровнями и автоматическими компенсаторами (системы слежения за вертикальностью тахеометра). Компенсатор – это устройство, которое позволяет определить угловое отклонение тахеометра по осям от положения горизонта. Компенсаторы бывают одноосевые и двухосевые, т.е. показывающие отклонение по одной оси или сразу по двум. Таким образом, компенсатор это устройство, которое не даст геодезисту проводить ошибочные измерения в случае, когда по каким-либо причинам уровни тахеометра ушли за пределы диапазона работы компенсатора [5].

Отличительной особенностью современных тахеометров также является встроенный лазерный отвес (центрир).

Ведущими производителями электронных тахеометрических систем являются Spectra Precision (Швеция/Германия), Leica (Швейцария), Sokkia, Topcon, Nikon, Pentax (Япония), выпускающие около 100 различных моделей и модификаций электронных тахеометров, рассматривая последние как геодезические системы первичного значения, функциональные возможности которых могут дополняться возможностями спутниковых приёмников.

Рассмотрим технические характеристики наиболее популярных моделей современных тахеометров (см. Приложение А).

## 2.2 Особенности производства измерений в ходах

Работы на объекте начинают с получения технического задания, анализа топографо-геодезической изученности территории, определения системы координат, требуемой точности работ. Проводится рекогносцировка и обследование пунктов ОГС, составляется проект работ. Определяется ПО, на основе которого будет проводиться обработка результатов. Составляется каталог координат существующих пунктов ОГС.

Подготовка тахеометра к работе включает:

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

- проверки и юстировки прибора, оптического центрира для отражателя, уровня на вехе для призмы;
- комплектование оборудования в зависимости от длин линий, применяемых отражателей и вида работ;
- зарядку аккумуляторов;
- в режиме памяти выбор файлов исходных данных и файлов для записи результатов измерений;
- ввод каталога координат с компьютера в файл исходных данных памяти тахеометра;
- очистку рабочих файлов от старой информации.

Если обработка будет выполняться после полевых измерений, то каталог исходных пунктов можно ввести при обработке и в тахеометр не вводить.

Работу на станции начинают с установки и приведения прибора в рабочее положение. Для этого штатив над точкой ставят по отвесу, вдавливают его ножки, регулируя их высоту, чтобы головка штатива была горизонтальной. Тахеометр ставят на штатив, закрепляют станковым винтом. Проводят окончательное центрирование и горизонтирование прибора с помощью встроенного оптического центрира, подъёмных винтов, уровня. Измеряют высоту тахеометра от марки центра пункта до метки высоты прибора. Она должна измеряться до миллиметра, поэтому используют выдвижную веху с миллиметровыми делениями. Её вставляют в отверстие в подставке (предварительно вынув тахеометр из подставки) до упора в марку, измеряют высоту верха подставки и к ней прибавляют стандартную высоту прибора.

При прокладке ходов полигонометрии используют трёхштативную систему, если это позволяют подставки (трегеры) под отражатель, входящие в комплект прибора (Рис.2). В этом случае штативы устанавливают над точкой начального ориентирования (пункт ОГС) и над следующей за станцией точкой хода. Подставки центрируют и горизонтируют по оптическому центриру. Отражатели направляют на тахеометр, измеряют высоту до центра отражателя.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27



Рисунок 2 – Трегер с оптическим центриром ADA AJ13-B1

При трёхштативной системе основание прибора вынимают из подставки и ставят вместо него визирную марку с отражателем, а прибор — в подставку бывшей передней точки хода. Штатив с задней точки переносят вперёд на следующую за новой станцией переднюю точку. При отсутствии трёхштативного комплекта центрирование всех точек новой станции проводят вновь. При прокладке хода горизонтальные углы измеряют все правые или левые по ходу. Из построения хода электронным тахеометром определяются не только координаты, но и отметки пунктов методом тригонометрического нивелирования [6].

Съёмку электронным тахеометром можно проводить с точки свободной станции, если с неё есть прямая видимость на два и более пункта ОГС. В этом случае координаты станции определяются из обратной линейно-угловой засечки. Режим обратной засечки предусмотрен во всех моделях электронных тахеометров. Определения выполняются и обратной угловой засечкой, при этом наблюдаться должны три и более исходных пункта. Из засечки определяется также отметка станции.

Точность определения координат из обратной засечки зависит от геометрии построения, а при плохой геометрии засечки решение задачи может оказаться практически невозможным. Таким является настолько близкое расположение двух исходных точек, что горизонтальный угол между направлениями на них

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

будет недопустимо мал. В этом случае необходимо использовать другие или дополнительные исходные пункты. Неблагоприятной также является геометрия угловой засечки, если станция и три известных пункта лежат на одной окружности. После измерений на исходные пункты засечки можно выполнять тахеометрическую съёмку пикетов [7].

Для съёмки, прокладки теодолитного хода, построений засечками призму отражателя можно устанавливать на веху (Рисунок 3), которая в отвесное положение приводится по круглому уровню. Для привязки к пунктам ОГС ось вехи отражателя устанавливают над центром марки пункта. Если проводится только угловая (азимутальная) привязка к пункту ОГС, то достаточно поставить на веху визирную марку без отражателя. Её можно использовать в безотражательном режиме для измерения коротких расстояний.



Рисунок 3 – Веха Leica GLS11:

1 – базовая часть вехи; 2 – кнопка-фиксатор; 3 – место взятия отсчёта по шкале верхней выдвижной части вехи; 4 – выдвижная часть вехи; 5 – держатель для установки отражателя; 6 – корпус зажимного устройства вехи; 7 – установочный круглый уровень

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Вместе с тем установка визирной марки с отражателем на веху может привести к погрешностям центрирования. В момент визирования и измерения горизонтального направления, расстояния к таким погрешностям приведёт небольшое смещение верха вехи, если её удерживает в отвесном положении реечник. Поэтому при повышенных требованиях к точности веху с отражателем (или визирной маркой) рекомендуется закреплять для выполнения наблюдений триподом или биподом (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Веха GLS11 с отражателем, установленная в биподе GSR111:

1 – ножки бипода; 2 – веха; 3 – визирная марка с отражателем



### 2.3 Особенности обработки ходов

Электронным тахеометром выполняются различные виды работ по назначению, сложности построений, требованию к точности, типу конечной продукции. Поэтому математическая обработка может отличаться по объёму и применяемому модулю ПО в каждом конкретном случае. Но в целом можно выделить три основных этапа обработки:

- первичная обработка результатов непосредственных измерений на основе встроенного ПО тахеометра;
- передача информации с тахеометра на компьютер;
- окончательная обработка результатов измерений с использованием универсальных программных пакетов с выдачей требуемой информации, в том числе в графическом виде.

Первичная обработка измерения углов и расстояний тахеометром выполняется автоматически после входа в соответствующий режим меню или режим работы прибора и сопровождает измерения. Встроенное ПО входит в техническое оснащение электронного тахеометра и обеспечивает ввод информации, настройку (установки) прибора, вычисление элементов привязки, определение координат и других геодезических величин, решение прикладных задач, настройку интерфейса. Оно же осуществляет управление отдельными операциями и работой прибора в целом, обеспечивая высокопродуктивный удобный уровень работы с ним. В некоторых случаях первичной обработки измерений, выполняемой тахеометром, достаточно, особенно при определении координат отдельных точек в режиме реального времени. Определение координат полярной и обратной засечками выполняют все модели тахеометров непосредственно на станции. При этом обратная линейно-угловая засечка решается в тахеометре SET путём уравнивания по методу наименьших квадратов с оценкой точности определения координат, используя до десяти приближений, пока разности координат в последовательных итерациях не будут меньше 0,5 мм. Дополнительная обработка таких определений чаще всего не требуется [7].

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Однако математическая обработка ходов и других сложных построений, а также обработка и нанесение на план материалов съёмки должны выполняться по специальным программам. В настоящее время для этого используются универсальные программные пакеты и комплексы. Для обработки в них информация полевых измерений передаётся с электронного тахеометра в компьютер.

Для передачи информации используется интерфейсный кабель, который входит в комплект тахеометра. Он присоединяется к интерфейсному порту тахеометра и к последовательному порту компьютера. При подключении кабеля электронный тахеометр и компьютер должны быть выключены. Загружается программа передачи данных. Дальнейшие действия зависят от типа тахеометра и используемой программы [8].

Обмен информацией «тахеометр — компьютер» и обратно выполняют с помощью индивидуальных программ передачи данных, прилагаемых к комплекту прибора, или универсальных программ, используемых для обработки. Так, в тахеометре типа ЗТа5 применяют ГЕО КОД 2000 СТАРТ, в тахеометре TS3300 ПО Topography, MS-Windows™, в тахеометрах SET030 – PROLINK и MAPSUITE+.

Из универсальных программ для обработки данных по построению ОГС и сетей съёмочного обоснования в РФ применяется модуль CREDO DAT.

CREDO DAT включает четыре основных этапа камеральных работ: ввод данных; обработку данных; экспорт данных и выпуск выходной документации. Ввод данных может осуществляться с электронных тахеометров, контроллеров, с рукописных полевых журналов, растровых файлов картографических материалов. Методика работы с программой достаточно проста. После загрузки программы выполняется настройка, вводятся в окне запроса имя (название) объекта и основные характеристики: наименование, организация, населённый пункт, название площадки, система высот, система координат, класс плановой сети и другие. Для редактирования данных, выявления и локализации грубых ошибок, определения весовых коэффициентов указываются СКП плановых измерений,

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

допустимые высотные невязки, доверительные интервалы. Указывается название геодезического прибора, а также единицы измерений, формула вертикального угла.

Ввод данных начинают с каталога исходных пунктов, используемых в построении. Далее используются файлы результатов измерений, полученные с тахеометра. Выполняется табличное редактирование данных. Например, при обработке хода появляется таблица с названием пунктов, горизонтальными углами, расстояниями, вертикальными углами или превышениями, а также графическое изображение введённого хода.

Работа программы включает предварительную обработку данных, анализ построения и уравнивание сети. Предварительная обработка ведёт подготовку данных к уравниванию. Вычисляются горизонтальные проложения и превышения, вводятся различные поправки (если это не было сделано в приборе): за кривизну Земли и вертикальную рефракцию, за редукцию направлений и линий на поверхность относимости и в плоскость проекции Гаусса — Крюгера. Имеется возможность поверхность относимости и плоскость проекции выбирать или настраивать в соответствии с МСК. В результате предварительной обработки формируется ведомость приведённых направлений, горизонтальных проложений и превышений.

Анализ построения выполняется программой отдельно для плановых и высотных измерений. Реализован алгоритм L -анализа, позволяющий выявить, локализовать грубые ошибки в углах, линиях, превышениях. Если их нет, выдаётся информация: «Грубых ошибок не обнаружено».

Уравнивание сети выполняется программой параметрическим способом по методу наименьших квадратов. По результатам уравнивания выполняется полная оценка точности. Выдаются уравненные координаты определяемых пунктов сети с развёрнутой оценкой их точности, включая эллипсы погрешностей их положения. Отдельно уравниваются высотные геодезические построения. Они представляют собой при измерениях электронным тахеометром ходы и другие схемы тригонометрического нивелирования. По результатам уравнивания

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

формируются каталоги координат и высот пунктов геодезического построения, ведомости оценки точности плановых и высотных определений. Имеется возможность настройки выходных документов под стандарты предприятий с использованием «Генератора отчётов».

Результаты математической обработки можно экспортировать в подсистемы CREDO TER, CREDO MIX, для формирования цифровой модели местности и построения плана.

Модуль CREDO DAT выполняет также обработку полученных с тахеометра материалов тахеометрической съёмки с формированием топографических объектов и их атрибутов по данным полевого кодирования. В «компоновщике чертежей» оформляются планшеты топографических планов масштабов 1:500—1:5000 с зарамочным оформлением.

## 2.4 Выводы по Главе 2

Одним из главных достоинств использования электронных тахеометров является отсутствие необходимости ведения специального журнала для записи расстояний и углов, как при работе с теодолитом. Номера пикетов, расстояния и углы сохраняются автоматически в памяти инструмента, и при изменении места его расположения необходимо будет только внести сведения о новой станции и пронумеровать пикет, после чего при нажатии специальной кнопки тахеометр сам произведёт все измерения.

Также тахеометр позволяет производить расчёт горизонтального положения автоматически – дисплей устройства показывает горизонтальные и вертикальные углы, наклонное расстояние, превышение и горизонтальное положение, а режимы отображения информации могут быть изменены при первой же необходимости.

Электронный тахеометр обладает функцией «выноса в натуру», то есть установку устройства на место с уже определёнными координатами, после чего он «ориентируется» посредством задания дирекционного угла или координат

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

точки ориентирования, вводятся данные о точке выноса, и прибор показывает расстояние до объекта и угол, на который его следует развернуть.

Существуют тахеометры и для особых погодных условий, например, адаптированные для проведения замеров в зонах особо пониженных температур.

Процесс измерений электронными тахеометрами в несколько раз ускорился, так как одновременно измеряются наклонные расстояния, углы наклона линии визирования и горизонтальные углы. При этом направления измеряемых линий и углов совпадают, что дополнительно повышает точность построения ходов.

Высокая точность измерения углов и расстояний тахеометром позволяет значительно снизить погрешности измерений по сравнению с классическими построениями ходов, рассмотренных в Инструкции [2], а запись результатов в файлы – исключить ошибки ручного ведения полевых журналов.

В ПО тахеометров имеются модули обработки построений в виде ходов, что позволяет получать координаты пунктов быстро и непосредственно на объекте недвижимости.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

## ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОДОВ, ПОСТРОЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

### 3.1 Исследование основных источников погрешностей

Оценка точности результатов геодезических измерений - один из самых важных этапов получения достоверных геодезических данных. В программное обеспечение многих современных электронных геодезических приборов включена процедура уравнивания и оценки точности измерений. Об этом писали Л.И. Серебрякова, Л.Ю. Козлова [9]. Но эти вычислительные операции не обладают «прозрачностью», что не позволяет быть уверенным в объективности полученных результатов измерений и адекватной оценке точности [10]. Для стопроцентной уверенности необходимо произвести дополнительные исследования приборов.

«Вопрос о точности измерений и ответ на этот вопрос является началом и концом всех точных геодезических измерений» - эти слова Иордана были выбраны В.М. Зиминым в качестве эпиграфа своей статьи [11]. Современное выполнение геодезических измерений предполагает увеличение требований по обеспечению точности измерений [10, 11, 12]. На сегодняшний день опубликовано огромное количество статей, в которых описаны источники погрешностей геодезических измерений и их составляющие [13, 14].

Считается, что грубые погрешности должны быть выявлены и исключены ещё до уравнивания применением необходимой методики измерений и наличием избыточных измерений. В связи с появлением автоматизации сбора и математической обработки огромного массива измеренной информации, проблема выявления грубых погрешностей стала ещё более остро. Эти массивы в ручную не анализируются, поэтому в окончательную обработку могут поступить измерения, которые содержат грубые погрешности. Их количество не велико и оценивается в пределах от 0,1 до 1 % от общего числа измерений [15]. Причинами возникновения грубых погрешностей могут служить погрешность наведения

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

прибора на визирную цель (неточность идентификации цели), регистрации отсчётов, нумерации пунктов, ошибочное редуцирование, влияние внешней среды. Грубые погрешности могут появиться в условиях построения геодезических сетей специального назначения, необходимых для выноса крупных уникальных инженерных объектов, геодезического сопровождения их строительства и мониторинга за возможными деформациями при последующей эксплуатации объекта капитального строительства. В таких условиях при современных способах измерений и вычислений очевидна проблема автоматизированного поиска грубых погрешностей.

В настоящее время исследования погрешностей геодезических измерений и вопросы оценки точности являются актуальными. Современное производство геодезических измерений предполагает увеличение требований по обеспечению точности. Таким образом, чтобы правильно выполнить оценку точности геодезических измерений, необходимо оценить возможность влияния различных источников погрешностей на точность измерений.

Современные электронные геодезические приборы способны обеспечить высокую точность измерений углов со средними квадратическими погрешностями порядка 2–5 секунд. Такая высокая точность позволяет обеспечить минимальные погрешности при решении прикладных задач геодезии. Но оказывается, что наличие точного или высокоточного оборудования не позволяет в полной мере обеспечить получение достоверных точных измерений, особенно на коротких расстояниях. В технической литературе приводится формула, по которой можно рассчитать погрешность угла, вызванную ошибками центрирования:

$$m_{\text{ц}} = \frac{\Delta l \cdot \sin(M + \theta)}{S} \cdot \rho \leq \Delta l \cdot \frac{\rho}{S}, \quad (3.1)$$

где:

$m_{\text{ц}}$  – погрешности центрирования приборов и визирных целей, угловые секунды;

$\Delta l$  – ошибка смещения прибора визирной цели относительно центра, мм;

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$S$  – расстояние до снимаемой точки, м;

$\rho$  – значение радиана в секундах – 206265''.

Точность центрирования прибора обеспечивается оптическим или лазерным центриром ( $m_{ц(прибора)} = 1 \div 2\text{мм}$ ). По формуле (3.1) выполним расчёт ожидаемых погрешностей измерения угла при ошибке центрирования 3–10мм, соответствующей установке визирной цели на вехе. Результаты вычислений представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Погрешности центрирования приборов и визирных целей,  
 $m_{ц}$ , в угловых секундах

$\Delta l, \text{мм}$ $S, \text{м}$	3	5	10
10	61,9	103,1	206,3
20	30,9	51,6	103,1
50	12,4	20,6	41,2
100	6,2	10,3	20,6
200	3,1	5,2	10,3
500	1,2	2,1	4,1
1000	0,6	1,0	2,1
2000	0,3	0,5	1,0

На рисунке 3.1 представлены результаты исследований для различных расстояний до цели в графическом виде.



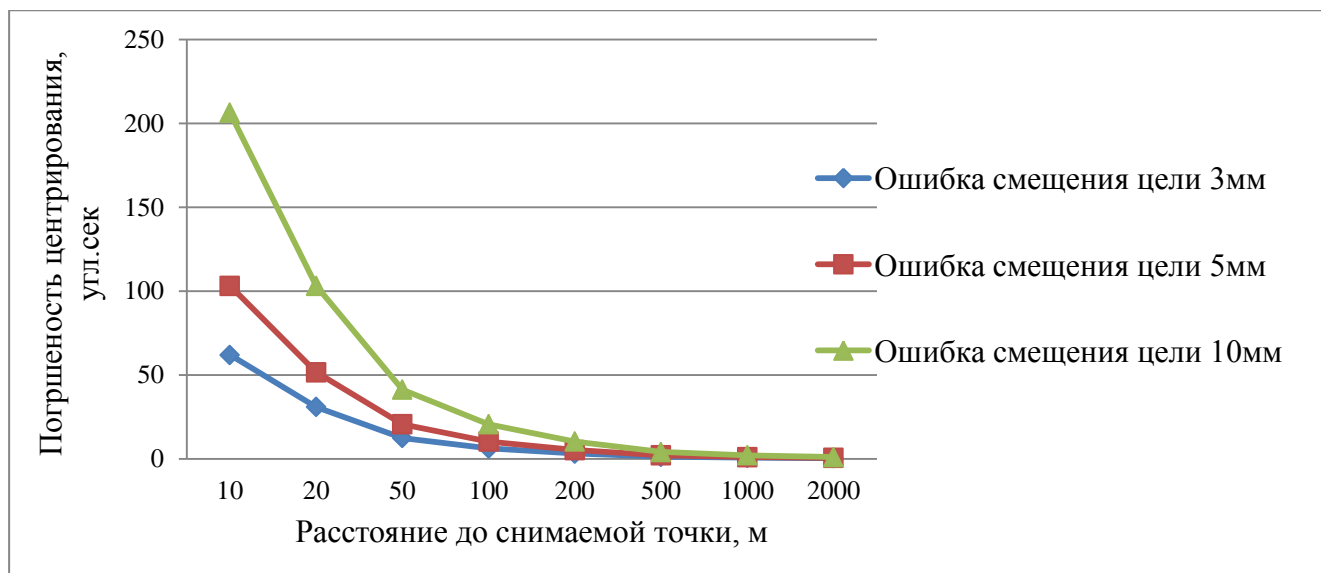


Рисунок 3.1 – Графики зависимости величины отклонения угловых измерений от значений погрешностей центрирования для различных длин сторон измеряемого угла

Погрешность центрирования вносит максимальные отклонения в угловые измерения на коротких расстояниях до 100 метров, при прокладывании ходов полигонометрии её влияние минимально, а при решении задач прикладной геодезии, таких как вынос точек в натуру на строительной площадке или монтажном горизонте, погрешности довольно существенны. Так погрешность центрирования величиной в 3 мм на расстоянии в 10 метров вызовет погрешность угла более 50 секунд, что многократно превышает декларируемую точность угловых измерений электронным тахеометром (2–5 секунд).

Влияние погрешности центрирования тахеометра можно исключить двумя путями. Первый – применением устройства принудительного центрирования, но изготовление, установка и координирование таких устройств требует дополнительных материальных затрат и затрат времени. Вторым путем – при геодезических разбивочных работах прибор устанавливать не над пунктом геодезической разбивочной сети, а в любом месте рабочей площадки, определяя его положение многократной обратной линейно-угловой засечкой относительно удалённых пунктов разбивочной сети.

Влияние погрешности центрирования визирной цели можно снизить следующими способами:

- 1) установка визирной цели на штатив с центрированием по оптическому центру, но такие устройства сейчас не входят в комплект электронных тахеометров;
- 2) установка вехи с визирной целью по уровню и закрепление её вертикального положения триподом.

Одним из важных предназначений электронного тахеометра является измерение угловых величин. При выполнении данной задачи необходимо учитывать некоторые ошибки, которые оказывают различные факторы, их подразделяют на: ошибки из-за влияния окружающей среды, приборные ошибки, личные ошибки. Наиболее существенным источником ошибок в угловых измерениях является внешняя окружающая среда, это вызвано множеством явлений, которые связаны с состоянием, температурой и движением воздуха (рефракция, дрожание, мерцание и т.д.). Личные ошибки возникают из-за неквалифицированности инженера, к ним, например, относится систематическая ошибка визирования. Приборные ошибки – возникают из-за погрешностей изготовления деталей прибора, а также неточности его регулировки и юстировки. Угловая точность измерения электронных тахеометров выражается в секундах ("). В зависимости от поставленных задач необходимо использовать прибор с соответствующей угловой точностью.

В электронных тахеометрах одним из необходимых устройств является компенсатор. Благодаря ему прибор "прощает" ошибки горизонтирования тахеометра, геодезисту достаточно установить прибор таким образом, чтобы погрешность наклона осей попала в диапазон действия компенсатора, это значительно упрощает процесс установки тахеометра, что значительно экономит время. Также в процессе работы возможны "уходы" ножек штатива из-за проседания грунта, вибраций, в современных тахеометрах компенсаторы уравнивают влияние данных факторов. Суть работы компенсатора состоит в том, чтобы автоматически устанавливать и удерживать вертикальную ось прибора

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

в отвесном положении. Угловая точность у электронных тахеометров может быть от 1" до 5" в зависимости от класса точности. Однако, наличие определённых угломерных погрешностей все же неизбежно [16,17]. Применяемые в геодезии электронные тахеометры имеют оптические системы, позволившие добиться сверх малых погрешностей. При измерении углов точность тахеометров уже достигла (0°00'00,5"), то есть всего пол угловой секунды (см. Приложение А).

Также источником погрешностей при измерении горизонтальных и вертикальных углов является погрешности наведения на визирную цель. Известно, что эта погрешность в значительной степени зависит от внешних условий измерений, ошибок наблюдателя и конструктивных особенностей угломерных приборов. В настоящее время, при высокоточных измерениях применяются электронные тахеометры с автоматическим наведением на отражатель.

При выполнении геодезических работ электронным тахеометром появляется возможность на строительной площадке передавать оси и отметки на монтажные горизонты одним прибором и в основном одновременно.

При этом средняя квадратическая погрешность плановой передачи точки оси будет определяться при одном положении ВК тахеометра суммарным влиянием следующих составляющих:  $m_B$  – СКП визирования;  $m_{\Delta c}$  – СКП остаточного влияния коллимационной ошибки;  $m_{\Delta i}$  – СКП остаточного влияния компенсации наклона вертикальной оси. Оценка показывает, что на расстояниях визирования 60м и меньше СКП визирования не превысит для тахеометров 0,2мм. Ожидаемые значения  $m_{\Delta c}$  и  $m_{\Delta i}$  можно оценить на основании формул:

$$m_{\Delta c} = \frac{S}{\rho} \cdot \frac{m_c}{\cos \nu}, \quad (3.2)$$

$$m_{\Delta i} = \frac{S}{\rho} \cdot m_i \cdot \operatorname{tg} \nu, \quad (3.3)$$

где:

$m_c$  – СКП определения коллимации;

$m_i$  – СКП определения оси прибора;

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$S, v$  – расстояние и угол наклона линии визирования соответственно;

$$\rho = 206\,265''.$$

Учитывая, что коллимационная ошибка тахеометра определяется по ГК значениям, а полученная при поверке её величина вводится для компенсации, в оценке можно принять СКП коллимации равным СКП измерения горизонтальных углов. Значение  $m_i$  составляет для современных тахеометров 2...3'', но при введении соответствующих поправок учитывается место нуля компенсатора, также полученное при поверке. Поэтому для объективности оценки СКП наклона вертикальной оси следует также увеличить до  $m_\beta$ .

У тахеометров SOKKIA SET230RK, 330RK реализовано диаметрально противоположное считывание по обоим кругам, которое повышает точность угловых измерений. А у тахеометра SOKKIA SET630R данная функция отсутствует. Но [18] Д.А. Гура в своей работе провёл исследования этого электронного тахеометра. Он выяснил, что тахеометр SOKKIA SET630R (6'') (рис. 3.2) оказался с наиболее широким диапазоном доверительного интервала. Это свидетельствует о малой достоверности систематических погрешностей и значительных случайных погрешностях измерений. Максимальная амплитуда составляет 1,0'' для направлений и 1,9'' для углов. Между тем, колебания отклонений от среднего составляет от -4'' до +4''.

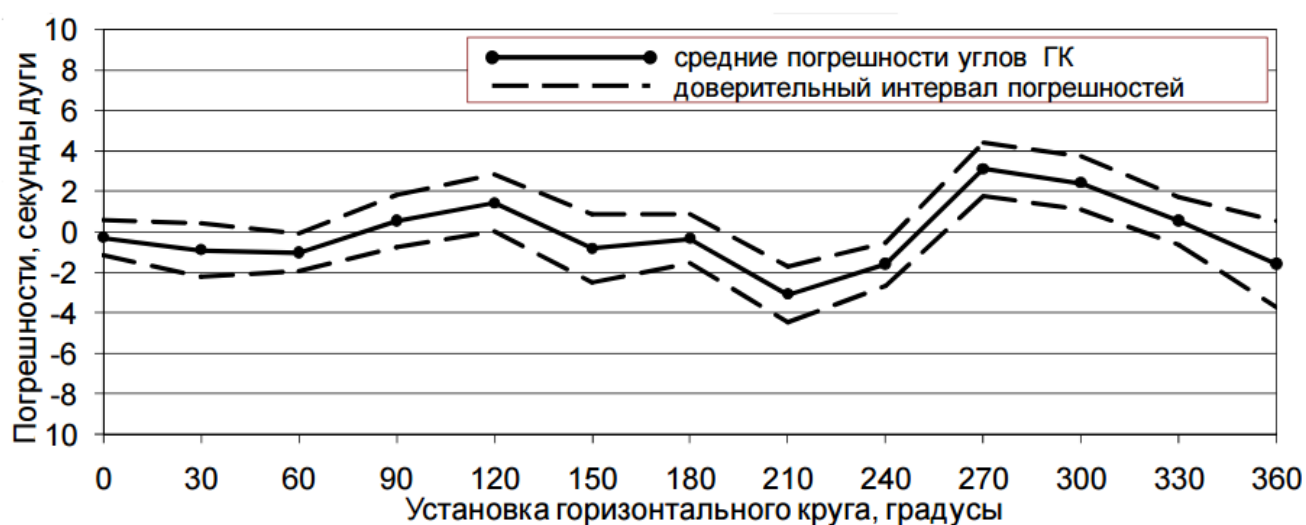


Рисунок 3.2 – Погрешности ГУ (SOKKIA SET630R (6''))

Так же в работе [18] результат исследований тахеометра LEICA TS06 power 5" (рис. 3.3) показал отсутствие систематических погрешностей при измерении горизонтальных углов. На графике максимальная амплитуда доверительного интервала составляет от  $-2''$  до  $+2''$ , а линия средних отклонений лежит в пределах от  $-1''$  до  $+1''$  при том, что прибор заявлен со средним квадратическим отклонением горизонтального угла в пределах  $\pm 5''$ .

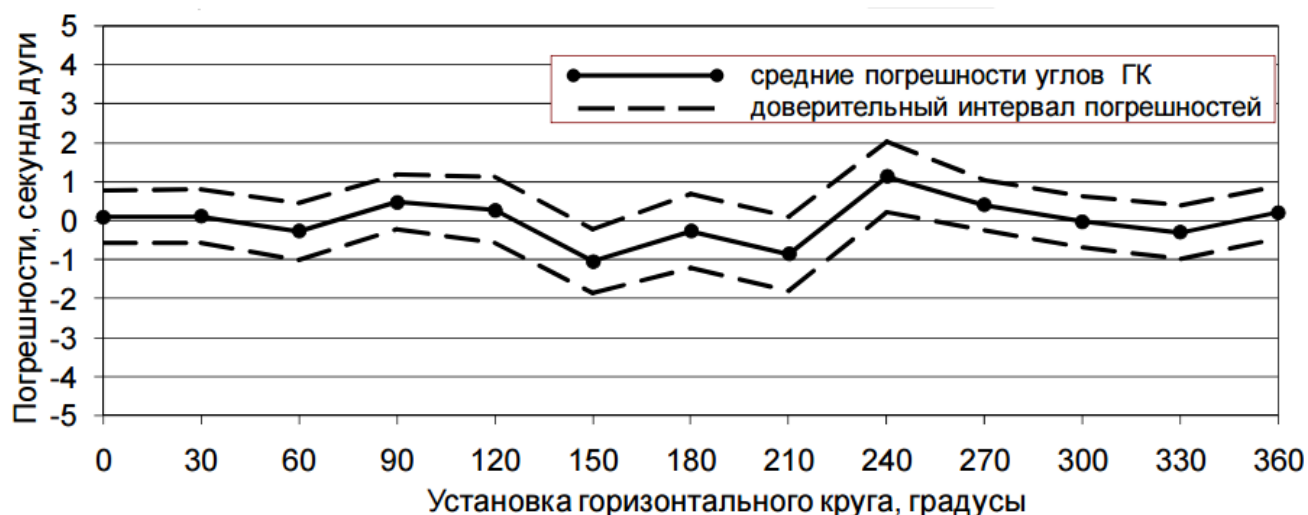


Рисунок 3.3 – Погрешности ГУ (LEICA TS06 power 5")

Таким образом, проведённые исследования показали, что существуют электронные тахеометры не только практически не имеющие систематических погрешностей, но и тахеометры погрешности горизонтальных и вертикальных углов которых даже превосходят их паспортные средние квадратические погрешности. Следовательно, имеется необходимость в разработке методик геодезических измерений, исследований с целью повышения требований к точности для конкретных видов работ.

Также грубые и случайные погрешности оказывают влияние на определение координат границ земельного участка для составления межевого плана на основании геодезических измерений, выполняемых от исходных опорных пунктов. Исходные геодезические пункты находятся в малом количестве и, как правило, на удалении от снимаемого участка, что не позволяет выполнить съёмку непосредственно с них. Поэтому координаты границ участков определяются

методом линейно-угловой засечки с пунктов опорного теодолитного хода, проложенного от пунктов государственной геодезической сети или опорной межевой сети. Протяжённость такого хода может составлять от одного до нескольких километров, при этом зачастую прокладываютися висячие хода, не имеющие контроля измерений. Вследствие этого даже кадастровые инженеры, имеющие высокую квалификацию и выполняющие измерения добросовестно, не застрахованы от ошибок. В этих условиях даже при малых расстояниях погрешности могут быть значительными, выявить их можно при наличии избыточных измерений, поэтому необходима привязка обоих концов теодолитного хода, что исключит появление грубых ошибок.

Температура и давление – это факторы, влияющие на плотность среды, в которой будет распространяться сигнал при измерениях тахеометром. Влияние этих параметров не велико и имеет смысл учитывать эти факторы только при сверхточных измерениях и больших расстояниях.

### 3.2 Оценка точности местоположения пунктов для вытянутых и замкнутых ходов

В учебном пособии [7] предлагаются следующие схемы построения ходов электронными тахеометрами, применяемые в кадастровой деятельности (рис. 3.4):

- а) ход, опирающийся на два исходных пункта и на два исходных направления на каждом исходном пункте;
- б) ход, опирающийся на 2 исходных пункта без угловой привязки на одном из них;
- в) ход, опирающийся на 2 исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них;
- г) замкнутый ход, опирающийся на 1 исходный пункт с измерением двух дирекционных углов на две смежные стороны в слабом месте хода;
- д) замкнутый ход, опирающийся на два исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

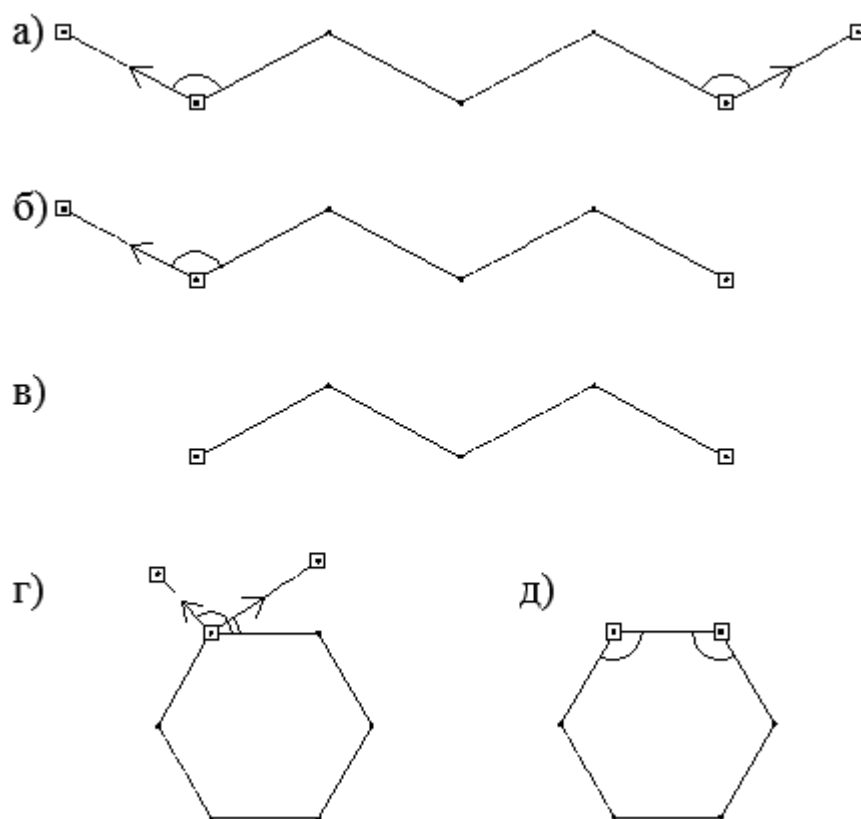


Рисунок 3.4 – Схемы построения ходов электронными тахеометрами

О точности хода свидетельствует средняя квадратическая ошибка положения пункта в слабом месте хода после уравнивания. Эту ошибку вычисляют по разным формулам в зависимости от формы хода.

Так СКП положения удалённого пункта вытянутого хода оценивается по следующей формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_S^2 + \frac{m_\beta^2 \cdot L^2}{\rho^2} \cdot \frac{(n+3)}{12}, \quad (3.4)$$

где:

$n$  – число сторон в ходе;

$m_S, m_\beta$  – СКП измерения расстояний и углов соответственно;

$L$  – длина хода.

СКП положения удалённого пункта изогнутого хода оценивается по формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot [D_{0,i}^2], \quad (3.5)$$

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

где:

$D_{0,i}$  – расстояния от центра тяжести хода до  $i$ -ого пункта.

Координаты центра тяжести хода определяют по координатам всех точек хода, включая начальный и конечный исходные пункты хода:

$$x_0 = \frac{\sum x_i}{(n + 1)}, y_0 = \frac{\sum y_i}{(n + 1)}, \quad (3.6)$$

где:

$(n + 1)$  – число пунктов хода.

При построении хода по характерным точкам границ земельного участка, полученные значения СКП положения точек хода по формулам (3.4) и (3.5) не должны превышать нормативных значений, установленных Приказом [4].

Для исследования возможностей ходов, построенных электронными тахеометрами, по формуле (3.4) выполним оценку точности положения пункта для приведённых критериев ходов в Инструкции [2]. Результаты оценки приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – СКП положения пунктов хода ( $m_t$ ) при измерениях электронным тахеометром

СКП измерений		n	Длина хода L, м	$m_t$ , м
$m_S$ , мм	$m_\beta$ , угл.сек			
Полигонометрия 4 класса				
4	3	15	30 000	0,015
2	3	15	3 750	0,008
Полигонометрия 1 разряда				
2	5	15	12 000	0,008
2	5	15	1 800	0,008



(Продолжение табл. 3.2)

Геодезитные ходы					
М 1:2000	2	5	8	2 800	0,006
	2	5	8	160	0,006
М 1:500	2	5	8	160	0,006
	2	5	2	70	0,003
Тахеометрические ходы					
М 1:2000	2	5	3	600	0,003
	2	5	5	600	0,004
М 1:500	2	5	2	200	0,003

Данные, представленные в таблице 3.2, можно использовать для проектной оценки точности вытянутых ходов, измерения в которых выполнены электронным тахеометром.

Если ход электронным тахеометром прокладывается как геодезическое обоснование, то должно выполняться следующее соотношение:

$$m_{ГО}^2 + m_{ГР}^2 \leq M_t^2, \quad (3.7)$$

где:

$m_{ГО}$  – СКП положения точек хода, являющегося геодезическим обоснованием;

$m_{ГР}$  – СКП положения точек границ относительно точек хода;

$M_t$  – нормативное значение СКП положения характерных точек.

Значениями СКП  $m_{ГО}$  в формуле (3.7) можно пренебречь, при условии их влияния на  $m_t$  в пределах 10%, что соответствует соотношению:

$$m_{ГО} = \frac{m_{ГР}}{2,2} = \frac{0,1}{2,2} = 0,045\text{м}, \quad (3.8)$$

					Лист
					47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

где величина  $m_{гр}$  принята допустимой для земель населённых пунктов.

Анализируя данные в таблице 3.2. можно сказать, что современные электронные тахеометры с запасом обеспечивают требуемую точность определения положения точек на местности в соответствии с действующими нормативными источниками [1,2,4] по осуществлению кадастровой деятельности

### 3.3 Выводы по Главе 3

Чтобы правильно выполнить оценку точности геодезических построений ходов, необходимо оценить возможное влияние всех основных источников погрешностей на точность измерений.

Результаты произведённых предрасчётов наглядно доказывают, что точности выполнения геодезических работ с помощью электронного тахеометра с запасом обеспечивают нормативные требования при построении полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходов.

Для обеспечения точности положения характерных точек разбивку нужно выполнять с точностью, предусмотренной в теодолитных ходах 1-го разряда и полигонометрических ходах 1 и 2-го разрядов. Плановое обоснование необходимо создавать с точностью линейных и угловых измерений, предусмотренных полигонометрией 1 и 2-го разрядов независимо от формы проектируемых ходов. Использование электронных тахеометров позволяет выполнять разбивку (съёмку) земельных участков и создание планового обоснования с точностью, соответствующей регламентируемой.

При использовании электронных тахеометров ошибки угловых и линейных измерений имеют практически одинаковое влияние на точность определения местоположения поворотных точек ходов независимо от их формы.

Приведённые в Инструкции [2] требования по длинам ходов, количеству пунктов и длинам сторон устарели и требуют корректировки.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОЛИГОНЕ ЮУРГУ

В период с 2013г. по 2016г. на учебном геодезическом полигоне ЮУрГУ проводились измерения электронными тахеометрами SOKKIA SET 230RK, 330RK и 630R. Схемы геодезических построений приведены в Приложении Б.

Выполним оценку точности полученных результатов измерений по формулам (3.4, 3.5) и сравним их с нормативными значениями СКП местоположения пункта [4].

1) 2013 год

Работы выполнялись тахеометром SOKKIA SET 330 RK:  $m_{\beta} = 3''$ ,  $m_s = 2$ мм

Таблица 4.1 – Характеристики хода

Наименование точки хода	Координаты, м		Расстояние, D, м
	X	Y	
516	****44,030	*****36,740	15,460
Боровое	****54,529	*****48,088	153,452
108	****05,581	*****21,054	44,900
509	****40,493	*****49,290	159,917
201	****97,039	*****21,241	119,178
202	****15,723	*****11,103	65,183
203	****80,022	*****00,405	25,807
104	****82,761	*****74,781	

(Продолжение табл. 4.1)

104	****82,761	*****74,781	71,266
105	****53,787	*****69,164	377,973
102	****03,666	*****16,046	96,048
101	****62,920	*****03,023	214,475
112	****67,665	*****95,196	74,191
113	****75,653	*****68,944	94,567
111	****80,391	*****63,392	

Для того чтобы правильно выбрать формулу для оценки точности, необходимо воспользоваться критерием вытянутости хода: полигонометрический ход считается вытянутым, если:

$$\frac{[D_i]}{S} \leq 1,3, \quad (4.1)$$

где:

$[D_i]$  – длина хода, т.е. сумма длин сторон;

$S$  – длина замыкающей (прямая, соединяющая начальный и конечный пункты хода).

По формуле (4.1) имеем:  $\frac{1\,512,417\text{м}}{800,726\text{м}} \approx 1,9 \leq 1,3$  – неравенство не выполняется, следовательно, ход изогнутый. Это значит, что оценку точности выполняем по формуле (3.5):

$$m_t^2 = 13 \cdot 4\text{мм}^2 + \frac{(3'')^2}{(206265'')^2} \cdot [4\,165\,298,262 \cdot 10^6\text{мм}^2] = 933,1\text{мм}^2$$

$$m_t \approx 30,5\text{мм} \approx 0,03\text{м}$$

В соответствии с нормативными требованиями [4] наибольшая точность в определении местоположения и, как следствие, координат характерных точек границы земельного участка должна быть обеспечена на землях населённых пунктов  $M_t = 0,1\text{м}$ .

Сравнивая полученное и регламентируемые значения, можно заметить, что в данных условиях при построении хода полигонометрии обеспечена точность, удовлетворяющая требованиям по точности определения местоположения характерных точек на землях населённых пунктов.

Для ходов, прокладываемых электронными тахеометрами в качестве геодезического обоснования, СКП местоположения поворотных точек определяется по формуле (3.8). Для земель населённых пунктов эта величина составляет 0,045м. Значит можно сделать вывод, что рассмотренный ход может выступать также в качестве геодезического обоснования.

2) 2015 год

Работы выполнялись тахеометром SOKKIA SET 230 RK:  $m_\beta = 2''$ ,  $m_s = 2\text{мм}$

Таблица 4.2 – Характеристики хода

Наименование точки хода	Координаты, м		Расстояние, D, м
	X	Y	
112	****67,665	*****95,196	35,413
1	****40,027	*****17,337	
2	****91,707	2321416,757	51,683

(Продолжение табл. 4.2)

2	****91,707	2321416,757	90,375
3	****09,624	*****54,572	
113	****75,653	*****68,944	67,575

Проверим критерий вытянутости хода по формуле (4.1.):  $\frac{245,046\text{м}}{74,179\text{м}} \approx 3,3 \leq 1,3$  – неравенство не выполняется, следовательно, ход изогнутый. Это значит, что оценку точности выполняем по формуле (3.5):

$$m_t^2 = 4 \cdot 4\text{мм}^2 + \frac{(2'')^2}{(206265'')^2} \cdot [5\,659\,489,616 \cdot 10^6\text{мм}^2] = 548,080\text{мм}^2$$

$$m_t \approx 23,4\text{мм} \approx 0,023\text{м}$$

Сравнивая полученное и регламентируемые значения, можно заметить, что данный ход так же, как и выше рассмотренный удовлетворяет требованиям к точности [4], и тоже может выступать в качестве геодезического обоснования.

3) 2016 год

Работы выполнялись тахеометром SOKKIA SET 630 R:  $m_B = 6''$ ,  $m_S = 2\text{мм}$

Таблица 4.3 – Характеристики хода

Наименование точки хода	Координаты, м		Расстояние, D, м
	X	Y	
111	****80,391	*****63,392	74,463
1'	****51,371	*****40,883	

(Продолжение табл. 4.3)

1'	****51,371	*****40,883	39,637
2'	****88,521	*****27,063	48,535
3'	****94,211	*****78,863	43,240
4'	****52,441	*****90,043	48,082
5'	****10,201	*****67,073	39,599
113	****75,653	*****68,944	

$\frac{293,556\text{м}}{94,567\text{м}} \approx 3,1 \leq 1,3$  – неравенство не выполняется, следовательно, ход изогнутый.

Это значит, что оценку точности выполняем по формуле (3.5):

$$m_t^2 = 7 \cdot 4\text{мм}^2 + \frac{(6'')^2}{(206265'')^2} \cdot [4\,248\,714,328 \cdot 10^6\text{мм}^2] = 372\,477,16\text{мм}^2$$

$$m_t \approx 610,3\text{мм} \approx 0,61\text{м}$$

При сравнении полученного результата и регламентируемых значений видно, что данный ход не удовлетворяет нормативам точности в кадастровой деятельности [4]. Отсюда можно сделать вывод, что в кадастровой деятельности следует использовать тахеометры с СКП угловых измерений не более 5''.

## ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ И КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Основа функционирования информационной системы (ИС) земельного кадастра – наличие картографического материала на территорию, к которой привязана семантическая информация, хранящаяся в базах данных ИС. Действительно, вести любые работы в городе, будь то строительство или планирование новых районов, не имея полной информации об уже существующих объектах.

В настоящее время существует несколько основных способов создания цифровых пространственных данных: оцифровка твёрдых носителей (планшетов) с помощью дигитайзера, векторизация растровых изображений существующего материала, векторизация аэрофото- и спутниковых снимков, топографическая съёмка. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. Однако наиболее точная и актуальная информация может быть получена только при проведении топографической съёмки. Следует заметить, что при всех очевидных преимуществах получения точной информации это достаточно трудоёмкий и далеко не самый дешёвый путь создания цифровых данных.

Но с другой стороны на сегодняшний момент просто невозможно обойтись без съёмочных работ на местности при решении задач, требующих высокой точности предоставляемых данных – это и работы связанные с правовыми сделками с землёй, и работы, связанные со строительством и проектированием.

Одно из главных условий нормального функционирования ИС, служащих для управления городским хозяйством – актуальность имеющихся данных и постоянное их обновление в соответствии с текущими изменениями. Вследствие достаточно быстрого изменения ситуации, данные топографических съёмок, полученные традиционными способами могут устареть ещё на этапе обработки полевых измерений, особенно при работе с крупными объектами. Частая аэрофотосъёмка не решает всех вопросов при использовании её в процессе

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



создания актуальных цифровых данных. Именно поэтому при проведении кадастровых работ постоянно ориентируются на наиболее производительные современные технологии, дающие максимальный экономический эффект.

Стоимость электронных тахеометров весьма высока. Поэтому принятию решения о приобретении приборов предшествует экономический анализ эффективности применения этой аппаратуры, основанный на опубликованных в российской и зарубежной прессе материалах. Стоит отметить, что практика подтвердила правильность произведённых расчётов.

Проведём экономический анализ, а также приведём несколько примеров экономического анализа по основным типам работ.

Создание плано-высотных обоснований, сгущение сетей полигонометрии.

На выполнение экспериментальных измерений с применением электронного тахеометра SOKKIA SET 330 RK, бригадой из двух человек было затрачено 14 часов на полевые измерения и 3 часа на камеральную обработку полученных данных, что в сумме составляет 1,4 рабочих дня. Стоимость проложения теодолитного хода протяжённостью 2 145 м от общей сметной стоимости (стоимость всех работ составляет 27 650 рублей) составила 13 800 рублей (цифры взяты из сметы ООО «Кадастр Плюс»).

Определим удельную величину стоимости работ в день на человека:

$$\frac{13,8 \text{ тыс. руб}}{2,8 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 4,93 \text{ тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.1)$$

При использовании электронного тахеометра TOPCON GPT 3000 N, бригадой из двух человек было затрачено 14,5 часов на полевые измерения и 4 часа на камеральную обработку полученных данных, что в сумме составляет 1,3 рабочих дня. Стоимость проложения теодолитного хода протяжённостью 2 145 км от общей сметной стоимости (стоимость всех работ составляет 27 650 рублей) составила 13 800 рублей (цифры взяты из сметы ООО «Кадастр Плюс»).

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Определим удельную величину стоимости работ в день на человека:

$$\frac{13,8 \text{ тыс. руб}}{2,6 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 5,31 \text{ тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.2)$$

В 2010 году в ГО Кувандык был проведён комплекс работ по установлению поселковой черты. Площадь территории составила 2293 кв. км. С помощью GPS приёмников были восстановлены несколько разрушенных пунктов полигонометрии, определены утраченные координаты некоторых из них и закоординированы опорно-межевые знаки (ОМЗ) новой поселковой черты. Сметная стоимость работ составила 1 300 тыс. руб., из них 650 тыс. руб. на прокладку теодолитных ходов. Комплекс полевых работ по координированию ОМЗ с применением электронного тахеометра SOKKIA SET 330 RK бригадой из трёх человек занял 35 дней, причём время на камеральную обработку составило 10 часов (без вычерчивания планов). При использовании электронного тахеометра TOPCON GPT 3000 N бригадой из трёх человек занял 37 дней, причём время на камеральную обработку составило 12 часов (без вычерчивания планов).

Определим удельную величину стоимости работ в день на человека.

При использовании тахеометра SOKKIA SET 330 RK:

$$\frac{650 \text{ тыс. руб}}{105 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 6,19 \text{ тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.3)$$

С использованием тахеометра TOPCON GPT 3000 N:

$$\frac{650 \text{ тыс. руб}}{111 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 5,86 \text{ тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.4)$$

Экономия трудозатрат составляет:

$$111 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} - 105 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} = 6 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} \quad (5.5)$$

Получим экономию средств при выполнении работ на данном объекте:

с помощью тахеометра SOKKIA SET 330 RK:

$$6 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} \cdot 5,86 \text{ тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} = 35,16 \text{ тыс. руб} \quad (5.6)$$

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

с помощью тахеометра TOPCON GPT 3000 N:

$$6 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} \cdot 6,19 \text{тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} = 37,14 \text{тыс. руб} \quad (5.7)$$

Таким образом, выполняя работы электронным тахеометром SOKKIA SET 330 RK, затраты на проведения работ составят меньше, чем выполняя ту же самую работу тахеометром TOPCON GPT 3000 N.

В конце 2012 года был проведён комплекс работ по топографической съёмке, составлению инженерно-топографических планов и установлению границ земельных участков ГО Кувандык на площади 12 гектар. Сметная стоимость работ составила 690 тыс. руб., из них 290 тыс. руб. на полевые работы. Комплекс полевых работ бригадой из двух человек с использованием электронного тахеометра SOKKIA SET 330 RK занял 11 дней, причём время на камеральную обработку составило 2 часа (без вычерчивания планов). При проведении работ аналогичного объёма, с применением электронного тахеометра TOPCON GPT 3000 N, бригада из двух человек затратила 12 дней и 3 часа на камеральную обработку данных.

При использовании тахеометра SOKKIA SET 330 RK:

$$\frac{290 \text{тыс. руб}}{22 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 13,18 \text{тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.8)$$

С использованием тахеометра TOPCON GPT 3000 N:

$$\frac{290 \text{тыс. руб}}{24 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}}} = 12,08 \text{тыс. руб} \cdot \frac{\text{дней}}{\text{чел.}} \quad (5.9)$$

Экономия трудозатрат составляет:

$$24 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} - 22 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} = 2 \frac{\text{чел.}}{\text{дней}} \quad (5.10)$$

Выполняя работы электронным тахеометром SOKKIA SET 330 RK, экономия средств на проведения работ составят больше, чем выполняя ту же самую работу тахеометром TOPCON GPT 3000 N.

Наибольший удельный вес в общем объёме работ, занимает установление и восстановление границ земельных участков. Производится инвентаризация

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

земельных участков юридических и физических лиц. Обычно это небольшие и средние участки с невысокой сметной стоимостью и довольно сложными условиями съёмки (застройка, большое количество поворотных точек).

Для выноса объектов в натуру, разбивки новых кварталов и участков работы выполняются электронным теодолитом.

Для того чтобы охарактеризовать степень экономической эффективности проведения топографических съёмок с использованием тахеометров в работе рассчитан ряд экономических показателей по реальным результатам работы ООО «Кадастр Плюс» в 2012 году. В расчётах использованы следующие показатели:

Фондоотдача – экономический показатель, характеризующий уровень эффективности использования основных производственных фондов предприятия, отрасли:

$$\Phi_{\text{отдача}} = \frac{\text{Валовая выручка (без НДС)}}{\text{Стоимость оборудования}} \quad (5.11)$$

$$\Phi_{\text{отдача}} = \frac{339\,000}{293\,891} = 1,15$$

Фондоёмкость – показатель, обратный фондоотдаче; характеризует стоимость производственных основных фондов, приходящуюся на 1 руб. продукции:

$$\Phi_{\text{ёмкость}} = \frac{\text{Стоимость оборудования}}{\text{Валовая выручка (без НДС)}} \quad (5.12)$$

$$\Phi_{\text{отдача}} = \frac{293\,891}{339\,000} = 0,87$$

Выработка на 1 человеко-день:

$$V_{\text{чел.-день}} = \frac{\text{Валовая выручка (без НДС)}}{\text{Количество отработанных человеко – дней}} \quad (5.13)$$

$$V_{\text{чел.-день}} = \frac{339\,000}{249} = 1\,361 \frac{\text{руб.}}{\text{дней}}$$

249 дней - количество рабочих дней в 2012 году.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Трудоёмкость работ – это затраты рабочего времени на производство единицы продукции:

$$T_{\text{работ}} = \frac{\text{Количество отработанных человеко – дней}}{\text{Валовая выручка (без НДС)}} \quad (5.14)$$

$$T_{\text{работ}} = \frac{249}{339\,000} = 0,007$$

Рентабельность – это относительный показатель экономической эффективности.

Рентабельность оборудования:

$$P_{\text{оборудования (без налога на прибыль)}} = \frac{\text{Прибыль}}{\text{Стоимость оборудования}} \quad (5.15)$$

Прибыль – это сумма, на которую доходы превышают связанные с ними расходы.

$$\text{Прибыль} = \text{Валовая выручка (без НДС)} - \text{Затраты} \quad (5.16)$$

Валовая выручка – суммарная денежная выручка предприятия от реализации произведённых товаров, работ, услуг, а также собственных материальных ценностей.

Затраты – это представленная в денежной форме величина ресурсов, использованных для получения некоторых полезных результатов.

$$\text{Прибыль} = 339\,000 - 141\,000 = 198\,000 \text{руб.}$$

$$P_{\text{оборудования (без налога на прибыль)}} = \frac{198\,000}{293\,891} = 0,67$$

Рентабельность оборудования с учётом налога на прибыль:

$$P_{\text{оборудования с учётом налога}} = \frac{\text{Прибыль} \cdot (1 - N_{\text{пр}})}{\text{Стоимость оборудования}} \quad (5.17)$$

где:

$N_{\text{пр}}$  – норма налога на прибыль (в долях единицы).

$$P_{\text{оборудования с учётом налога}} = \frac{198\,000 \cdot (1 - 20\%)}{293\,891} = 0,54$$

Затраты группируются по следующим элементам: материальные затраты; затраты на оплату труда; отчисления на социальные нужды; амортизация основных фондов; прочие затраты.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Срок окупаемости оборудования:

$$T_{\text{окупаемости}} = \frac{\text{Стоимость оборудования}}{\text{Прибыль}} \quad (5.18)$$

$$T_{\text{окупаемости}} = \frac{293\,891}{198\,000} = 1,5 \text{ года}$$

Коэффициент использования оборудования – это коэффициент, характеризующий степень использования установленного и фактически работающего оборудования по времени и по мощности (объёму работы).

$$K_{\text{исп-ия}} = \frac{\text{Кол – во дней в течение которых оборудование работало}}{\text{Количество рабочих дней в году}} \quad (5.19)$$

$$K_{\text{исп-ия}} = \frac{135}{249} = 0,54$$

Этот показатель косвенно может характеризовать эффективность использования новой техники. Смысл применения этого коэффициента состоит в том, чтобы показать, как мог бы увеличиться объём работ при более полной загрузке техники. Так как геодезическое оборудование, в отличие от промышленного оборудования и станков, используется нерегулярно, то этот коэффициент меньше единицы. На практике коэффициент использования новой техники может быть ниже, чем уже используемой техники. Это происходит за счёт недогрузки высокопроизводительного оборудования при недостаточном объёме работ.

Приведённые выше расчёты подтверждают ещё один важный, на мой взгляд, вывод. Работы по ведению кадастра носят характер естественной монополии, так как расширение конкуренции в этой сфере деятельности ведёт к увеличению себестоимости работ из-за потери эффекта экономии на масштабе. Поэтому часто повторяемое мнение о необходимости проведения кадастровых работ на конкурентной основе является недостаточно обоснованным, теория и практика показывает, что внедрение новой высокопроизводительной и дорогостоящей техники экономически эффективно только при большом объёме работ, не расплётённом по нескольким небольшим организациям.

Несмотря на более низкую рентабельность современного оборудования при

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

проведении полевых геодезических работ смысл внедрения новой техники заключается в повышении качества и сокращении срока выполнения работ, что является немаловажным фактором и в обеспечении одного из основных требований к градостроительному кадастру – оперативности предоставления информации, и в сохранении и увеличении объёма работ, за счёт повышения качества предоставляемых заказчикам услуг. Таким образом, даже для относительно небольших компаний и организаций, занятых в топографо-геодезическом обеспечении градостроительного кадастра имеет смысл применять современное оборудование для обеспечения конкурентоспособности, повышения качества работ и, как следствие, нормального существования и развития.

Для наиболее полной отдачи от современного оборудования необходимо иметь технологическую цепочку, включающую в себя не только современные измерительные инструменты, но и программное обеспечение, позволяющее также эффективно обрабатывать данные этих измерений.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

## ГЛАВА 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

### 6.1 Безопасность жизнедеятельности

Безопасность жизнедеятельности - это система законодательных актов, социально-экономических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Основной задачей является охрана здоровья людей, работающих в разных отраслях народного хозяйства, путём создания безопасных и благоприятных для человека условий труда.

Техника безопасности – это комплекс средств и мероприятий, внедряемых в производство с целью создания здоровых и безопасных условий труда. Правила по технике безопасности содержат обязательные требования, которым должны удовлетворять предприятия, организации в целом, производственные помещения, все виды оборудования и технические процессы с точки зрения безопасности труда.

Основными задачами техники безопасности являются предупреждение несчастных случаев и изыскание способов устранения травматизма. Техника безопасности неразрывно связана с технологией производства работ и организацией труда.

Непосредственная ответственность за соблюдением правил по технике безопасности при производстве геодезических измерений возлагается на организацию, осуществляющую инженерно-геодезическую деятельность.

Кадастровые работы подразделяются на камеральные и полевые.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62



## 6.2 Безопасность при проведении камеральных работ

При работе в камеральных условиях предъявляют определённые требования к производственным зданиям и помещениям. Объем помещения на одного работника – не менее 15м<sup>3</sup>, а площадь пола не менее 4,5м<sup>2</sup> с учётом оборудования, высота потолка – не менее 3,2 м.

При камеральных работах необходимо хорошее освещение, которое способствует бодрому и энергичному состоянию человека. Освещение может осуществляться естественным и искусственным светом. При недостаточности естественного освещения используется совмещённое освещение, т.е. такое при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет. Для этого необходимо, чтобы мощность лампы соответствовала размерам помещения, устройство светильников предполагает безопасность для работников и выполняется с соблюдением противопожарных требований.

К освещению предъявляются следующие требования:

- спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному;
- уровень освещённости должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы;
- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещённости во избежание частой переадаптации и утомления зрения;
- освещение не должно создавать блёскости как самих источников света, так и других предметов в пределах рабочей зоны.

В помещении должны быть созданы оптимальные метеорологические условия. Под оптимальными метеорологическими условиями понимают такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

На некоторых участках для воздухообмена, отвечающего санитарным нормам, применяется механическая общеобменная вентиляция и различные местные отсосы, решётки, панели. В некоторых помещениях ставятся кондиционеры, обеспечивающие поддержание постоянных метеорологических условий по нескольким параметрам воздуха.

Обычной формой деятельности работающих в камеральных условиях является сидячая работа, связанная с существенным статическим напряжением. Такое напряжение возникает, когда туловище не имеет достаточной опоры. Поэтому необходимо установить рабочее кресло так, чтобы оно обеспечивало правильное, устойчивое и удобное положение тела, с опорой в поясничной области.

Широкое внедрение и применение электроэнергии требует обязательного ознакомления рабочих с правилами техники безопасности при работе с электроустановками.

Основными причинами электротравматизма являются: неисправности или частичное повреждение изоляции кабелей или обмоток электромашин и электроприборов, которые вызывают появление высокого напряжения на корпусах машин, на приборах электрооборудования и различных металлических конструкциях и частях здания; отсутствие ограждений у незаизолированных токоведущих частей, у пускорегулирующих устройств и отсутствие безопасных отключений и необходимых заземлений; образование электрической дуги между токоведущей частью и человеком.

Наиболее распространёнными техническими средствами защиты являются:

- защитное заземление машин, механизмов;
- зануление с глухим заземлением нейтрали;
- устройство защитного отключения;
- применение защитных выключателей, понижающих трансформаторов и индивидуальных защитных средств.

В качестве индивидуальных средств защиты от тока высокого напряжения применяют: диэлектрические боты и перчатки, диэлектрические коврики и

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

дорожки, изолирующие подставки, изолирующая штанги, изолирующие клещи, которые используют при включении и выключении предохранителей.

Широкое распространение и использование видеодисплейных терминалов (ВДТ) и персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) требует соблюдения правил техники безопасности при работе с ними.

К ПЭВМ и ВДТ предъявляются особые требования. Конструкция ВДТ, его дизайн и совокупность параметров должны обеспечивать надёжное и комфортное считывание отображаемой информации в условиях эксплуатации. Помещения, где они находятся, должны иметь обязательно естественное и искусственное освещение. Естественный свет должен падать слева. Следует ограничивать прямую блёсткость от источников освещения. Оконные проёмы должны быть оборудованы жалюзи и другими регулируемыми устройствами. Не допускается расположение рабочих мест с ПЭВМ и ВДТ в подвальных помещениях. Площадь на одно рабочее место должна составлять не менее  $6,0\text{м}^2$ , а объём не менее  $24,0\text{м}^3$ . Помещения, в которых находятся ВДТ и ЭВМ должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

В работе важное значение имеет отсутствие шума.

В помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБ, в помещениях операторов ЭВМ – 65 дБ, на рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин – 75 дБ.

В целях пожарной безопасности нельзя допускать захламление проездов, проходов, коридоров, лестничных площадок. Каждый работающий должен знать пути эвакуации со своего рабочего места на случай пожара. Необходимо поддерживать в непрерывном режиме работы и полной готовности сети и приборы автоматического освещения и сигнализации на случай пожара.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

### 6.3 Безопасность при проведении полевых работ

Особое внимание охране труда уделяется при полевых работах. Особенности полевых работ состоят в том, что они выполняются под открытым небом при колебании температур, влажности и при частой смене рабочего места.

Все работники, направляемые на работы в полевые условия, подлежат обязательному предварительному медицинскому освидетельствованию для установления пригодности их к полевым работам, которые им придётся выполнять в конкретных физико-географических условиях.

Лица, работа которых связана с пешими переходами, подъёмом на геодезические знаки высотой более 3м, проживающие в палатках или временных полевых сооружениях и питающиеся из общего котла, подлежат периодическому медицинскому освидетельствованию не реже одного раза в год.

При полевых работах необходимо выполнение санитарно-технических, гигиенических, противопожарных и специальных требований. Перед началом полевых работ весь персонал проходит инструктаж по правилам техники безопасности и сдаёт тест минимум на их знание. При выполнении полевых работ инженерно-технический персонал несёт ответственность за соблюдение техники безопасности.

Полевые работы выполняются в разнообразных природных условиях и поэтому требуют постоянной осмотрительности и оценки воздействия окружающей среды на работающих. На полевых работах режим труда и отдыха часто зависит от метеорологических условий. Ясные солнечные дни используют для выполнения работ в полевых условиях, а пасмурные и дождевые дни – для камеральной обработки материалов и отдыха.

Одним из важных мероприятий является общая гигиена, санитарная гигиена труда и быта, соблюдение режима питания и условий быта. При работе в полевых условиях должны соблюдаться:

- наличие специальной одежды;
- поддержание в чистоте тела, соблюдение правил личной гигиены;

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

— обучение безопасным методам работы.

Основные меры безопасности производства работ разрабатывается на стадии проектирования: производится детализация и уточнение, затем составляется рабочий проект безопасной организации труда, проектируются безопасные маршруты передвижения, места стоянок и баз, размещение радиостанций, складов горючего и продовольствия, проводится специальное медицинское обследование, при наличии очагов инфекционных заболеваний делаются соответствующие прививки. Спецодежда и спецобувь должны соответствовать местным условиям. Перед выездом на работу проводится обязательное обучение технике безопасности, кроме того, каждый обучается организации безопасных переездов, переходов, переправ, ориентации на местности, оказанию первой медицинской помощи и пожарной технике безопасности.

Полевые работы выполняются в различных природных условиях и поэтому требуют постоянной осмотрительности и оценки воздействия окружающей среды на работающих с тем, чтобы предотвратить опасные последствия. Для этого применяется спецодежда. Головной убор, обувь и одежда должны защищать человека от сильного действия температуры, дождя и ветра.

Техника безопасности при работе с геодезическими приборами должна обязательно соблюдаться, т.к. использование электронных тахеометров, светодальномеров, лазерных геодезических приборов обязывает обратить внимание на то, что при наблюдении возникают опасные электромагнитные поля высокой частоты.

Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора на проезжих частях улиц и дорог.

При измерении стальной лентой или рулеткой через рельсы электрифицированных железных дорог полотно держат навесу. Нельзя пролезать под вагонами, перетаскивать под ними геодезические приборы и инвентарь, проходить между буферами вагонов, если расстояние между ними менее 5 м.

Общими требованиями, обеспечивающими безопасность передвижения на всех видах транспорта, являются:

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

- соответствие имеющихся транспортных средств процессу работ, качеству дорог и мостов, условиям проходимости;
- пригодность погодных условий для полёта, плавания, переезда, переправы;
- техническая исправность и пригодность транспортных средств;
- наличие квалифицированных и дисциплинированных водителей и контроль состояния их здоровья;
- наличие комплекта слесарных инструментов, запасных частей и материалов для дорожного ремонта;
- обеспеченность продуктами питания, горючими и смазочными материалами;
- наличие противоаварийных и спасательных средств;
- удобное, равномерное и безопасное размещение сидячих мест для пассажиров;
- соблюдение правил движения, судоходства, полётов;
- наличие точных сведений о пути следования и умение ориентироваться в пути.

Соблюдение техники безопасности при передвижении на транспорте даёт возможность сократить травматизм на 70-80%.

Опасно разводить костры в местах с сухим травостоем, у спелых посевов зерновых и технических культур, т.е. в условиях, при которых искры костра могут вызвать тление, а затем образование пожара, а также там, где невозможно быстро потушить огонь (торф, корни пней). Нельзя разводить костры вблизи строений, складов имущества экспедиции, стоянок автомашин, мест хранения горюче-смазочных и взрывчатых веществ, лесоматериалов, вблизи населённых пунктов с деревянной застройкой. Пожароопасными являются легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, бензол, эфир, ацетон и др.). Самовоспламенение этих жидкостей происходит не только после нагревания их до определённой температуры, но и при попадании их на горячие поверхности электроплит, печей, сушилок.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Средства измерений должны проходить контроль (поверка или калибровка). Приборы, содержащие источники оптического, электромагнитного, теплового, ультразвукового излучения, должны быть оборудованы средствами для поглощения интенсивности излучения до допустимых уровней.

Электрическая схема прибора должна исключать возможность его самопроизвольного включения и отключения. Конструкция прибора должна исключать возможность неправильного присоединения его токоведущих частей при подготовке к эксплуатации.

При работе геодезическими приборами необходимо строго руководствоваться прилагаемыми к приборам инструкциями заводов изготовителей по техническому обслуживанию и техники безопасности.

Во время работы с лазерными геодезическими приборами, мощность излучения от 1 до 3 мВт, запрещается:

- направлять луч лазера на глаза человека или другие части тела;
- наводить лазерный луч на сильно отражающие предметы (зеркало, стекло, полированные материалы).

При работе на открытом воздухе во время сильных морозов следует устраивать перерыв для обогрева. Летом под лучами солнца следует работать в головном уборе. В наиболее жаркие часы дня следует прерывать работу и переносить её на ранние утренние и предвечерние часы.

Во избежание поражения электрическим током необходимо знать и выполнять следующие требования безопасности:

- не касаться оборванных и оголённых проводов;
- не исправлять чего-либо самовольно в электрической сети или электрооборудовании, не имея допуска к этим работам;
- запрещается подходить к оборванным проводам, лежащим на земле или каких-либо конструкциях, ближе 5 м в закрытых помещениях и в 8-10 м на улице. Приближаться к таким проводам можно только для оказания помощи пострадавшему. При этом необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (резиновыми сапогами или ботами, резиновыми перчатками и ковриками

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

и т.д.) для изоляции от земли и устранения опасности воздействия шагового напряжения.

Все работы должны выполняться с соблюдением действующего законодательства об охране окружающей среды (охрана недр, лесов, водоёмов и т.п.). Неблагоприятные последствия воздействия на окружающую среду при производстве кадастровых работ должны ликвидироваться организациями, производящими эти работы.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты произведённых в работе предрасчётов наглядно доказывают, что точностные характеристики выполнения геодезических работ с помощью электронного тахеометра с запасом обеспечивают нормативные требования при построении полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходов.

Высокая точность измерения углов и расстояний тахеометром позволяет значительно снизить погрешности измерений по сравнению с классическими построениями ходов, рассмотренных в Инструкции [2], а запись результатов в файлы – исключить ошибки ручного ведения полевых журналов.

Для развития сетей по точности, соответствующих точности полигонометрии 4 класса, можно применять высокоточные и точные тахеометры. При этом предельная длина хода может быть увеличена в зависимости от средней квадратической ошибки измерения углов в тахеометрах от 2 до 7 раз. Развитие полигонометрических сетей 1 и 2-го разрядов высокоточными тахеометрами не рационально, а при использовании точных и средней точности тахеометров также рекомендуется увеличивать предельную длину хода.

В ходе работы был проведён анализ существующей нормативной литературы по ходам полигонометрии, теодолитным и тахеометрическим ходам, который показал, что совершенствование геодезического обеспечения кадастра объектов недвижимости является актуальным. К числу положений, требующих уточнения, а также обновления и корректировки относятся и вопросы геодезического обеспечения кадастровой деятельности, в частности, точностные характеристики предоставляемых данных об объектах ГКН, полученных в результате использования современного геодезического оборудования.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ "О кадастровой деятельности" (редакция, действующая с 1 января 2017 года)
2. ГКИНП-02-033-82 Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М., «НЕДРА». 1982, 98с.
3. «Инструкция по межеванию земель», утв. Роскомземом 08.04.1996, 33с.
4. Приказ Министерства экономического развития РФ от 1 марта 2016 г. № 90 "Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения"
5. Хлебодаров М.Ю. Современные технологии традиционной геодезии // Геопрофи. - 2008. - №3.
6. Чудинов С.А. Теодолитно-тахеометрическая съёмка: Методические указания к учебной практике/С.А. Чудинов. – Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2014. – 27с.
7. Ворошилов А.П. Геодезические работы в кадастровой деятельности: Учебное пособие/А.П. Ворошилов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, ЦДО, 2011. – 126 с.
8. Трубчанинов А.Д., Шахов А.В. Автоматизация решения геодезических задач: Учебное пособие. - Кемерово, 2004.
9. Серебрякова Л.И., Козлова Л.Ю. Измерительные технологии в геодезии и вопросы оценки точности // Геодезия и картография. - 2002. - № 12. - С. 5 -10.
10. Можаров Г.А., Бездидько С.Н. О некоторых проблемах, возникающих при работе с базой данных оптических систем // Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 225-летию МИИГАиК, «Оптическое приборостроение», Москва, 2004. М.: Изд-во МГУГиК. - 2004. - С. 64-67.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

11. Зимин В.М. Об оценке точности угловых измерений в сети триангуляции (в порядке обсуждения) // Геодезия и картография. - 2001. - № 9. - С. 18- 21; № 10. - С. 15-20; № 11. - С. 20-24.

12. Зимин В.М. К вопросу оценки точности измерений углов на станции // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2001. - № 1. - С. 12-15.

13. Соломатин В.А., Куликова Н.В., Куртов А.В. Использование модифицированного Фурье-анализа при исследованиях оптико-электронных систем // Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 225-летию МИИГАиК, «Оптическое приборостроение», Москва, 2004. - М.: Изд-во МГУГиК. - 2004. - С. 104-107.

14. Geckeler R.D. Calibration of angle encoders using transfer function // Measurement Science and Technology. - 2006. - № 17. - P. 2811-2818 (Нем. Калибровка датчиков угла использованием передаточной функции).

15. Ackermann F. Grundlagen, Verfahren zur Erkennung grober Datenfehler // Institut fur Photogrammetrie der Universitat Stuttgart. Vortrage des Lehrgangs Numerische Pgotogrammetrie (IV). - Schriftenreihe. - 1981. - Heft 7. - P. 7-23 (Нем. Основы, методы обнаружения грубых ошибок данных).

16. Гура Т.А., Грибкова Л.А., Голотина Ю.И. Анализ возможностей работы с тахеометром Leica // Новый университет. Серия: Технические науки. 2016. № 6-7 (52-53). С. 11-14.

17. Гура Т.А., Бобух Д.Н. Сравнительная характеристика электронных тахеометров Sokkia, Nikon и Topcon // International innovation research: сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 2016. С. 170-175.

18. Гура Д.А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов: автореф. дис. канд. техн. наук. Краснодар, 2016. 24 с.

19. Черемисинов А.Ю. Конспект лекций по курсу «Автоматизация геодезических работ»/сост.: А.Ю. Черемисинов, М.В. Ванеева. – Воронеж: ВГАУ, 2012. – 56с.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73









20. Попело В.Д, Теория математической обработки геодезических измерений. Часть I. Математические и метрологические основы обработки геодезических измерений. Оценивание результатов измерений с позиций детерминированного подхода: учеб.пособие/В.Д. Попело, М.В. Ванеева. – Воронеж: ВГАУ, 2012. – 138с.

					АС – 411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

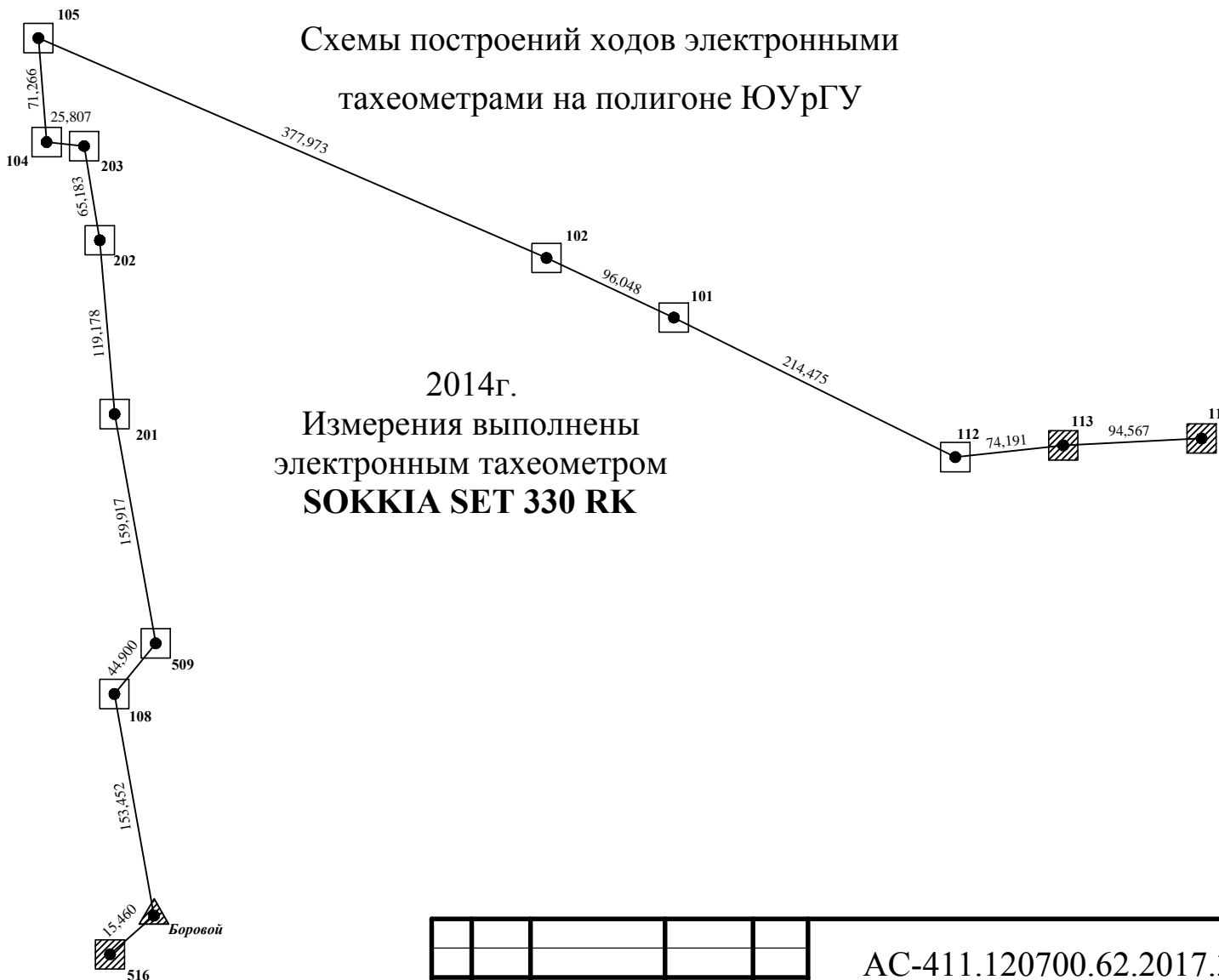
Технические характеристики электронных тахеометров различных фирм-производителей

Название	SOKKIA NET05AXII	SOKKIA NET1AXII	Topcon GTS-102N	Leica TS06 plus	Topcon GPT-3103N	Leica TS R1000 Arctic	Topcon GPT- 3005LN	Leica Viva TS15 M R400
Изображение								
Увеличение зрительной трубы	30x							
СКП угловых измерений	0,5"	1"	2"		3"		5"	
СКП измерения расстояний без отражателя, мм	$\pm 1\text{мм} + 1 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 1 \cdot \text{ppm}$	$\pm 3\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 3\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 10\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$
СКП измерения расстояний до отражателя, мм	$\pm 0,8\text{мм} + 1 \cdot \text{ppm}$	$\pm 1\text{мм} + 1 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 1,5\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 2\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 1\text{мм} + 1,5 \cdot \text{ppm}$	$\pm 3\text{мм} + 2 \cdot \text{ppm}$	$\pm 1\text{мм} + 1,5 \cdot \text{ppm}$
Дальность измерения без отражателя, м	100	400	300	500	300	1000	1200	400
Дальность измерения до 1 призмы, м	3500	3500	2000	10000	5000	3500	4000	3500
Диапазон рабочих температур	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-35^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$	$-20^{\circ}\dots +50^{\circ}$
Производитель	Япония	Япония	Япония	Швейцария	Япония	Швейцария	Япония	Швейцария

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схемы построений ходов электронными  
тахеометрами на полигоне ЮУрГУ

2014г.  
Измерения выполнены  
электронным тахеометром  
**SOKKIA SET 330 RK**



СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK

СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK

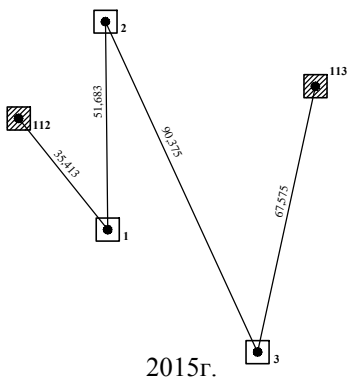
76 Лист

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

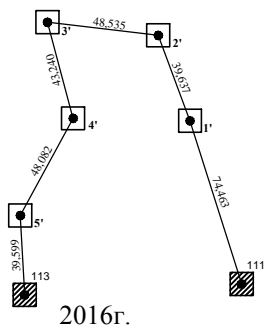
АС-411.120700.62.2017.382.ПЗ ВКР

СОЗДАНО УЧЕБНОЙ ВЕРСИЕЙ ПРОДУКТА AUTODESK

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)  
Схемы построений ходов электронными тахеометрами на полигоне ЮУрГУ



Измерения выполнены электронным тахеометром SOKKIA SET 230 RK



Измерения выполнены электронным тахеометром SOKKIA SET 630 R

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

АС-411.120700.62.2017.382.ПЗ.ВКР

Лист 577