

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

С.А. Неустроев (И.О.Ф)
_____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих
_____ 2018 г.

Особенности проведения кадастровых работ
на объектах подстанций коммунальных электрических сетей

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ – 21.03.02.069.2018.AC-431. ПЗ ВКР

Консультанты:

к.г.н., доцент

С. А. Белов
_____ 2018 г.

Старший геодезист

Р. М. Курбанов
_____ 2018 г.

Руководитель проекта

д.г.н., профессор

А.П. Ворошилов
_____ 2018 г.

Автор работы

студент группы АС-431

П. В. Лопатин
_____ 2018 г.

Нормоконтролер

д.г.н., профессор

А.П. Ворошилов
_____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Лопатин П.В. Особенности проведения кадастровых работ на объектах подстанций коммунальных электрических сетей. – Челябинск: ЮУрГУ, АС, 2018, 78 с. 18 рис., 13 библиогр. список – наим., 9 табл., 12 формул.

В дипломной работе получены результаты кадастровых работ на объектах подстанций коммунальных электрических сетей в городе Оренбурге.

Структура работы представлена введением, четырьмя частями, заключением, библиографическим списком и приложением. Во введении приведены: актуальность темы, цель, задачи, поставленные в дипломной работе, и ожидаемые результаты.

В первой части дипломной работы рассматриваются подстанции коммунальных электрических сетей как объекты недвижимости. Во второй части проанализирована нормативно-правовая литература для проведения кадастровых работ. В третьей части рассмотрено геодезическое обеспечение работ на объектах КЭС и особенности работы на объектах. В четвертой части рассмотрены оборудование, применяемое программное обеспечение и особенности их использования.

					21.03.02.069.2018.АС-431			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Рецензент	Неустроев С.А.				Особенности проведения кадастровых работ на объектах подстанций коммунальных электрических сетей	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Зав.каф.	Ульрих Д.В.							
Руководит.	Ворошилов А.П.							
Н. Контр.	Ворошилов А.П.							
Выполнил	Лопатин П.В.							
						ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		

Содержание

Введение

1.	Трансформаторные и распределительные подстанции, их характеристики.....	9
1.1.	Классификация подстанций.....	9
1.2.	Трансформаторные подстанции как объект недвижимости.....	12
1.3.	Расположение объектов КЭС в г. Оренбурге.....	14
2.	Анализ требований к производству геодезических работ по межевым и техническим планам.....	16
3.	Геодезическое обеспечение кадастровых работ на объектах КЭС.....	23
3.1.	Опорно-геодезические пункты на территории работ.....	23
3.2.	Применение спутниковых методов при определении координат характерных точек рассматриваемых объектов.....	26
3.2.1.	Теоретические основы геодезических спутниковых определений.....	32
3.2.2.	Пространственная трилатерация.....	40
3.2.3.	Частотно-временное обеспечение измерений.....	45
3.2.4.	Погрешности геодезических спутниковых измерений.....	50
3.2.5.	Относительные методы позиционирования.....	51
4.	Применяемые приборы, оборудование и программное обеспечение.....	57
4.1.	GNSS приемник.....	58
4.2.	Контроллер, его замена смартфоном.....	59
4.3.	Программа для геодезической съемки	66
4.4.	Математическая обработка результатов измерений.....	69
4.5.	Применяемый программный комплекс Недра-Гео на объектах.....	74
	Заключение	
	Библиографический список.....	76

Введение

Дипломная работа посвящена геодезическим работам в г. Оренбург. Целью работ является геодезическая съемка 169 объектов Коммунальных Энергетических Сетей, а именно – трансформаторных подстанций, для постановки их на учет в Государственном Кадастре Недвижимости.

Целью постановки этих объектов на учет в ГКН является выделение их из придомовой территории, создание вокруг них охранных зон и создание беспрепятственного доступа к ним обслуживающих организаций.

В работе рассмотрены основные требования к проведению геодезических работ и их особенности на городских территориях, применение спутниковых геодезических приемников, применение нового оборудования в работе, полное описание приборов и их характеристик, обработка полученных данных современными программными комплексами, такими как Недра-Гео и SurPad 3.0.

Автор данной работы принимал непосредственное участие в геодезической съемке и обработке полученных данных для последующего формирования межевых планов кадастровым инженером.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
		№				8

1. ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Трансформаторный пункт, сокращенно ТП (трансформаторная подстанция) — электроустановка, предназначенная для приема, преобразования (повышения или понижения) напряжения в сети переменного тока и распределения электроэнергии в системах электроснабжения потребителей сельских, поселковых, городских, промышленных объектов. Состоит из силовых трансформаторов, распределительного устройства, устройства автоматического управления и защиты, а также вспомогательных сооружений.

1.1 Классификация подстанций

Функционально подстанции делятся на:

1. Трансформаторные подстанции — подстанции, предназначенные для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения при помощи трансформаторов.

2. Преобразовательные подстанции — подстанции, предназначенные для преобразования рода тока или его частоты.

По значению в системе электроснабжения:

1. Главные понижающие подстанции (ГПП) - получает электроэнергию напрямую от районной энергосистемы. Значение входного напряжения 35-220кВ. Назначение главной понижающей подстанции – распределение электроэнергии при более низких значениях напряжения.

2. Подстанции глубокого ввода (ПГВ) - Данная подстанция получает электроэнергию напряжением 35-220кВ или напрямую от энергосистемы, или от центрального распредел. пункта предприятия, на котором она расположена. Основное назначение ПГВ – электроснабжение отдельного объекта на предприятии или определённой группы электроустановок. Территориально подстанции глубокого ввода располагаются на небольшом расстоянии от наиболее энергозатратных технологических объектов.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
						9
			№			

3. Тяговые подстанции для нужд электрического транспорта, часто такие подстанции бывают трансформаторно-преобразовательными для питания тяговой сети постоянным током.

4. Комплектные трансформаторные подстанции 10 (6)/0,4 кВ (КТП). Последние называются цеховыми подстанциями в промышленных сетях, городскими — в городских сетях. Геодезическая съёмка данного вида подстанций была произведена для дипломного проекта.



Рисунок 1.1. КТП №455, г. Оренбург.

В зависимости от места и способа присоединения подстанции к электрической сети нормативные документы не устанавливают классификации подстанций по месту и способу присоединения к электрической сети. Однако ряд источников даёт классификацию исходя из применяющихся типов конфигурации сети и возможных схем присоединения подстанций.

1. Тупиковые — питаемые по одной или двум радиальным линиям.
2. Ответвительные — присоединяемые к одной или двум проходящим линиям на ответвлениях.
3. Проходные — присоединяемые к сети путём захода одной линии с двухсторонним питанием.

4. Узловые - присоединяемые к сети не менее чем тремя питающими линиями.



Рис. 1.2 ТП №350 в Дзержинском районе

Ответвительные и проходные подстанции объединяют понятием промежуточные, которое определяет размещение подстанции между двумя центрами питания или узловыми подстанциями. Проходные и узловые подстанции, через шины которых осуществляются перетоки мощности между узлами сети, называют транзитными.

Также используется термин «опорная подстанция», который, как правило, обозначает подстанцию более высокого класса напряжения по отношению к рассматриваемой подстанции или сети.

В связи с тем, что ГОСТ 24291-90 определяет опорную подстанцию как «подстанцию, с которой дистанционно управляются другие подстанции электрической сети и контролируется их работа», для указанного выше значения целесообразнее использовать термин «центр питания».

По месту размещения подстанции делятся на:

1. Открытые — подстанции, оборудование которых расположено на открытом воздухе.

2. Закрытые — подстанции, оборудование которых расположено в здании.

Электроподстанции могут располагаться на открытых площадках, в закрытых помещениях (ЗТП — закрытая трансформаторная подстанция), под землёй и на опорах (МТП — мачтовая трансформаторная подстанция), в специальных помещениях зданий-потребителей. Встроенные подстанции — типичная черта больших зданий и небоскрёбов.

1.2 Трансформаторная подстанция как объект недвижимости

Существуют определенные нормы отвода земель, которые устанавливают ширину полос и площади земельных участков под объекты коммунальных электрических сетей, таких как: воздушные и кабельные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, переключательные распределительные и секционирующие пункты. Земельные участки необходимы для размещения опор воздушных линий электропередачи напряжением выше 1000 В, наземных сооружений кабельных линий электропередачи, подстанций, переключательных, распределительных и секционирующих пунктов - для бессрочного и постоянного пользования.

Площади земельных участков подстанций, расположенных на грунте с высоким удельным сопротивлением (более 300 Ом·м) или имеющих устройство выносного контура заземления, определяются проектом, утвержденным Заказчиком в установленном порядке [5].

В моей дипломной работе, рассмотрены комплектные подстанции 6-10/0,4 кВ. Для таких объектов требуют отвод земельного участка в 50 м². Площади подстанций предусматривают: вывод воздушных линий в противоположные стороны; открытые распределительные устройства; открытие установки трансформаторов [5].

					21.03.02.069.2018.AC-431.ПЗ.ВКР	
						12
			№			

Теперь рассмотрим факторы, определяющие трансформаторную подстанцию как объект недвижимости.

Помещение подстанции может быть и движимым и недвижимым объектом. Всё это зависит от того какие критерии оно удовлетворяет. Если трансформаторная или распределительная подстанция, например, встроена в жилой дом, она соответствует критерию недвижимого имущества. Если подстанция представляет собой конструкцию или модульный тип, допускающий разборку, перемещение и монтаж на другом участке, такое помещение следует рассматривать как движимую вещь. Но, если для данного объекта выделен земельный участок (не для временного сооружения), подведены коммуникации, сооружен фундамент и т.д. и затраты по переносу объекта несоизмеримы со стоимостью самого оборудования, то данный объект может быть признан недвижимостью.

Трансформаторная и распределительная подстанция недвижимое является недвижимым имуществом, если:

1. К недвижимым вещам (недвижимое имущество, недвижимость) относятся земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе здания, сооружения, объекты незавершенного строительства [4].

2. Под объектом сформирован земельный участок и его назначение совпадает со строением.

3. Есть проектная документация и разрешение на строительство/ввод объекта.

4. Объект поставлен на кадастровый учет.

5. Зарегистрировано право собственности.

Таким образом, рассмотрев все вышесказанное, мы можем с уверенностью сказать, что трансформаторные подстанции и распределительные пункты, которые представлены в моей работе, относятся к объектам недвижимости.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
						13
			№			

1.3 Трансформаторные подстанции на территории работ.

По заданию работы проводились на территории г. Оренбург. Целью работ была съемка 169 трансформаторных подстанций, с последующим выделением земельного участка под ними. (Рис. 1.3, 1.4)

Для проведения работ на таком большом количестве объектов потребовалось 10 дней. В день около 15-17 объектов. Трудности были в том, что не всегда нужный объект находился около указанного адреса, приходилось обходить окрестности, в поисках трансформаторной подстанции под нужным номером.



Рис. 1.3 Объекты на территории г. Оренбург



Рис. 1.4 Район работ в Дзержинском районе

2. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОИЗВОДСТВУ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Основным видом работ в кадастровой деятельности с применением геодезических измерений является межевание земельных участков. Оно сопровождается комплексом геодезических определений, результаты которых дают точное положение на местности объектов недвижимости, геодезические координаты характерных точек границ земельных участков, площади и другие данные. Все определения базируются на современных измерениях и построениях требуемой точности, сопровождаются оценкой СКП определяемых величин.

Под межеванием понимают комплекс работ по установлению и восстановлению на местности границ земельных участков или их частей.

Повторные точки этих границ закрепляют знаками, определяют в единой геодезической системе их координаты, вычисляют площади участков, составляют межевой план.

Межевание земельных участков проводятся при следующих кадастровых операциях:

1. уточнение сведений ГКН о местоположении границ и площадей
2. (уточняемые ЗУ) ;
3. образование новых земельных участков из земель, находящихся в государственной или муниципальной собственности (образованные ЗУ);
4. образование новых земельных участков при разделе, объединении, перераспределении или выделе их из существующих земель (преобразуемые ЗУ);
5. образование новых или сохранение в ранее учтенных границах участков в виде единых землепользований на правах общей собственности (измененные ЗУ).

Основанием для проведения кадастровых работ, включая межевание земельных участков является договор подряда или определения суда.

Межевание может проводиться на массиве земель, на отдельных участках или на их частях. В целом виды работ зависят от кадастровой деятельности в отношении рассматриваемых участков, их сложности, размеров, градации земель, наличия пунктов ОГС и ОМС в районе работ. Вместе с тем можно выделить общие работы, осуществляемые при межевании.

1. Подготовка и анализ данных об объекте предполагаемых работ. Составление договора подряда, а для крупных и сложных объектов коммерческого проекта на кадастровые работы.

2. Подготовка и проведение согласования местоположения границ земельных участков.

3. Установление местоположения границ на местности. Закрепление повторных точек границ межевыми знаками.

4. Производство геодезических работ по построению или сгущению на территории межевания опорных межевых сетей. Обеспечение объекта работ исходной геодезической основой.

5. Проведение измерений и расчетов по определению геодезических координат точек границ земельных участков. Определение площадей земельных участков.

6. Подготовка межевого плана.

При составлении договора (или технического проекта) необходимо четко определить цель выполняемых кадастровых работ, собрать необходимые сведения о заказчике (физическом или юридическом лице), предварительно изучить имеющиеся сведения и документы о данном объекте землеустройства, материалы ранее выполненных работ. В договоре подряда на выполнение кадастровых работ может быть предусмотрено определение границ и представление других сведений

о частях земельного участка, занятых зданиями, сооружениями или объектами незавершенного строительства.

В нашем случае целью работы было координирование трансформаторных подстанций с последующим выделением участка для них.

Процедура согласования местоположения границы земельного участка начинается с подготовки и вручения (либо направления почтовым отправлением) заинтересованным лицам извещения о проведении собрания по согласованию границы. Примерная форма такого извещения приведена в Приложении 3 к приказу Минэкономразвития России от 24.11.2008 г. № 412 [10].

Согласование местоположения границ земельных участков проводится в соответствии с требованиями статьи 39 Федерального закона «О государственном кадастре недвижимости» № 221 ФЗ[1]. При выполнении кадастровых работ, в результате которых в орган кадастрового учета представляются документы о изменениях одного из рассматриваемых земельных участков, местоположений границ земельных участков подлежит обязательному согласованию. Оно проводится с лицами, обладающими смежными участками на правах собственности, аренды, постоянного пользования наследуемого владения.

Обсуждение местоположения границ проводится посредством проведения собрания заинтересованных лиц или согласования в индивидуальном порядке. Результат согласования оформляется в виде акта.

По выбору заказчика кадастровых работ согласование выполняется установлением границ земельных участков или без их установления на местности, но заинтересованные лица вправе требовать согласование границы на местности.

Независимо от требований заинтересованных лиц, без установления на местности проводится согласование границы участков в следующих случаях:

1) земельные участки являются лесными, особо охраняемыми территориями или находятся в составе земель сельскохозяйственной назначения, предназначенных для осуществления традиционной природопользования (коренными малочисленными народами Север Сибири, Дальнего Востока);

2) местоположение границ определено ГКН посредством указания на внешние границы природных объектов или объектов искусственного происхождения;

3) местоположение границ определено границами линейных объектов и нормами отвода земель для их размещения.

Акт согласования местоположения границы земельного участка приводится на обороте графического чертежа участка межевого плана, являющегося результатом проведения кадастровых работ на данном объекте землеустройства.

Установление на местности границ проводится кадастровым инженером по Правилам [11], утвержденным Постановлением Правительства РФ от 20.08.2009 г. № 688. В соответствии с этими Правилами установление границ на местности осуществляется на основании сведений ГКН о соответствующих объектах землеустройства. При этом вынос границ на местность выполняется по координатам их характерных точек (точек изменения описания границ объекта и деления их на части).

Проектирование и производство геодезических работ основывается на нормативных требованиях к точности определения характерных точек границ участков на местности. Благодаря этим требованиям, можно рационально выбрать метод геодезических измерений для определения координат точек, выбрать соответствующую технологию полевых и камеральных работ, правильно использовать приборы и оборудование при выполнении задач, что снижает затраты при производстве работ и получении более качественного результата.

Для регулирования точности проведения кадастровых работ введен приказ Министерства экономического развития РФ от 1 марта 2016 г. № 90, который включает в себя:

1. требования к точности и методам, определения координат характерных точек границ земельного участка;
2. требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке;
3. требований к определению площади здания, сооружения и помещения [6].

Средняя квадратическая погрешность местоположения характерных точек принимается равной величине средней квадратической погрешности характерной точки, имеющей максимальное значение. Средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки определяется по формуле (1.1)

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

где M_t - средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно ближайшего пункта государственной геодезической сети или опорной межевой сети;

m_0 - средняя квадратическая погрешность местоположения точки съемочного обоснования относительно ближайшего пункта государственной геодезической сети или опорной межевой сети;

m_1 - средняя квадратическая погрешность местоположения характерной точки относительно точки съемочного обоснования, с которой производилось ее определение.

При этом величина средней квадратической погрешности местоположения характерной точки контура подземного конструктивного элемента не ограничивается значениями точности определения координат характерных точек границ земельных участков, указанных в таблице 1.1 к настоящим Требованиям, и может превышать указанные там значения средних квадратических погрешностей для соответствующих категорий земель и разрешенного использования земельных участков[6].

Таблица 2.1 – Значения точности определения координат характерных точек границ земельных участков

№ п/п	Категория земель и разрешенное использование земельных участков	СКП местоположения характерных точек, не более, м
1	Земельные участки, отнесенные к землям населенных пунктов	0,10
2	Земельные участки, отнесенные к землям сельскохозяйственного назначения и предоставленные для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, огородничества, садоводства, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства	0,20
3	Земельные участки, отнесенные к землям сельскохозяйственного назначения, за исключением земельных участков, указанных в пункте 2	2,50
4	Земельные участки, отнесенные к землям	0,50

	промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землям обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения	
5	Земельные участки, отнесенные к землям особо охраняемых территорий и объектов	2,50
6	Земельные участки, отнесенные к землям лесного фонда, землям водного фонда и землям запаса	5,00
7 6	Земельные участки, не указанные в пунктах 1-6	2,50

3.ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ КЭС

3.1 Опорно-геодезические пункты на территории работ.

Район работ г. Оренбург Оренбургской области — субъект Российской Федерации (Рис. 3.1). Входит в Приволжский федеральный округ. Область была образована 7 декабря 1934 года путём выделения из Средневожского края, в период с 1938 по 1957 годы называлась Чкаловской областью.

Используется Местная Система Координат МСК-56, разделенная на четыре 3° зоны благодаря своей ширине

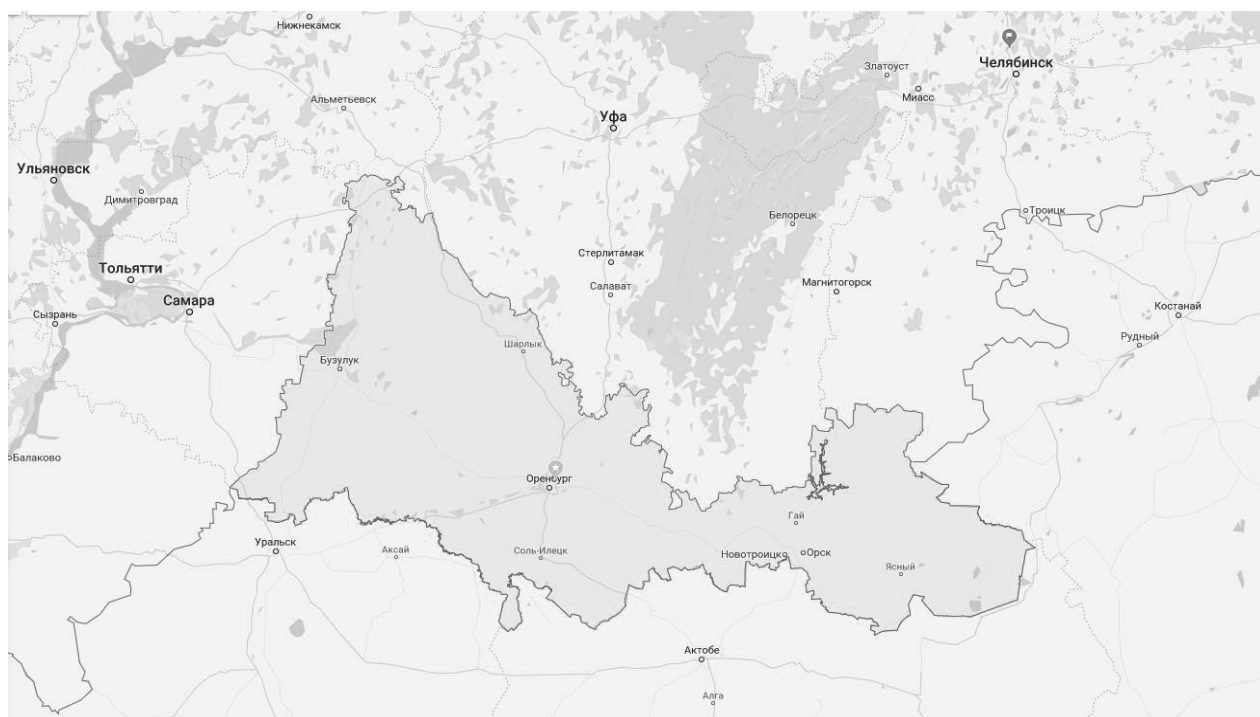


Рис. 3.1 Оренбургская область на карте России

Под Местной системой координат (МСК) понимается условная система, установленная в отношении ограниченной территории, не превышающей субъект РФ, начало отсчёта и ориентировка осей которой смещены относительно единой государственной системы координат.

Для проведения прикладных геодезических работ ранее были введены МСК на локальных территориях страны, в основном в городах. Они вводились на отдельных малых территориях так, чтобы можно было не учитывать редукции на поверхность относимости и на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера. Это упрощает и повышает точность геодезического обеспечения строительства и другой инженерной деятельности на удаленных от осевого меридиана районах работ. Но локальные МСК вводились на территории страны индивидуально и по разному. Связь между ними возможна только через ГСК.

При ведении государственного кадастра недвижимости применяются (в соответствии с [1]) специальные МСК, установленные в отношении кадастровых округов. Они имеют номера кадастровых округов, например: Оренбургская обл. – МСК-56. МСК кадастровых округов установлены на основе трехградусных зон проекции Гаусса—Крюгера и ранее используемой системы координат СК-63, поэтому для них характерен определенный единый подход. Следует отметить, что МСК кадастровых округов не совпадает с МСК, ранее установленной на отдельных территориях страны.

В результате на территории РФ в настоящее время существует две МСК:

1. местные системы геодезических координат, введённые ранее на локальных территориях и используемые в прикладной геодезии, в основном в строительстве;
2. МСК кадастровых округов для осуществления кадастровой деятельности.

МСК кадастровых округов были введены на многих территориях РФ относительно недавно. До этого периода при производстве кадастровых работ применялись старые МСК на территориях, где они существовали (в основном — в городах), а на остальных территориях кадастрового округа — государственная

система СК-42. В ряде случаев, оговоренных в ФЗ 221, допускается при ведении ГКН единая государственная система координат и в настоящее время.

Обязательным для установления МСК является обеспечение перехода от местной СК к государственной. Он осуществляется с использованием параметров (специальных ключей) перехода. Предоставление исходных данных для определения параметров (ключей) перехода от МСК к ГСК проводится федеральным картографо-геодезическим фондом в установленном порядке

К параметрам перехода (ключам) от МСК к ГСК в соответствии с Правилами (4) относятся

1. Координаты начала МСК в ГСК;
2. Координаты начала данной МСК в другой действующей МСК;
3. Долгота осевого меридиана, проходящего через начало координат МСК;
4. Угол поворота осей координат x, y в точке начала МСК;
5. Система высот

Установлением МСК является основанием для проведения работ по формированию в ней каталогов координат геодезических пунктов.

Применение МСК в кадастровых работах существенно снижает влияние искажений длин линий и площадей, имеющих в государственной системе координат РФ.

Для локализации на территории работ в МСК-56, были обследованы геодезические пункты (Рис.3.2) этой системы координат, а именно:

1. Половинная
2. Кушкуль (Дальняя Караглинская)
3. Качкарский Мар



Рисунок 3.2 – расположение геодезических пунктов в г. Оренбурге

3.2 Применение спутниковых методов при определении координат характерных точек рассматриваемых объектов

Спутниковые навигационные системы (СНС) уже более 20 лет широко применяют в геодезическом обеспечении кадастровой деятельности для точного определения координат пунктов ОГС и ОМС, поворотных точек границ земельных участков, при съемках, разбивках и в других работах. Современные геодезические приемники и программное обеспечение обработки позиционирования позволяют определять плановые координаты пунктов местности с погрешностями 5...10 мм и выше. При этом для создания опорных сетей не требуется обеспечивать видимость между геодезическими пунктами, строить над ними высокие сигналы, проводить комплекс сложных угловых и линейных измерений.

Высокая точность геодезических спутниковых определений, возможность приближать при этом опорные пункты к объекту работ существенно упростили производство полевых работ в кадастровой деятельности.

СНС создаются в настоящее время в нескольких странах и их объединениях: в США, в России, в Китае и ЕС. Они объединены общим названием GPS (Global Positioning System) и включают существующие и создаваемые системы: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO и др.

Каждая СНС состоит из трех основных сегментов:

1. - орбитальной группировки навигационных спутников;
2. - наземного комплекса управления и контроля;
3. - аппаратуры потребителей.

Геодезические работы в РФ начали проводить в системе GPS, которая остается основной в геодезии и по настоящее время.

Спутниковая система GPS является глобальной, она создана и находится под управлением и контролем служб США. Орбитальная группировка GPS состоит более, чем из 30 навигационных спутников (НС). Они расположены на шести орбитах, близких к круговым. В каждой орбите спутники равномерно разнесены по долготе через 60° . Такое расположение НС позволяет одновременно наблюдать 4 и более спутника с разных точек земной поверхности. 1 период обращения спутников по орбитам составляет 12 часов. Средняя высота над поверхностью Земли около 20 тыс. км.

Наземный комплекс управления и контроля в GPS состоит из сети станций слежения, расположенных по всему миру. Имеется главная станция, контрольные станции слежения за НС и станции закладки данных на борт спутника. Станции слежения оснащены высокоточной аппаратурой и регистрируют сигналы, поступающие от всех НС системы, передают результаты на главную станцию, где они обрабатываются. По ним рассчитываются поправки в параметры орбит и в положения спутников на орбите, поправки бортовой шкалы времени, уточняются характеристики модели тропосферы и ионосферы. Вычисленные поправки

передаются на борт каждого НС, они позволяют существенно повысить точность работы системы.

Навигационные спутники с участием наземного комплекса управления и контроля формируют радионавигационное сообщение (РНС), сигналы которого непрерывно передаются потребителям от всех НС.

Благодаря надёжному комплексу контроля и управления обеспечивается непрерывный мониторинг работы спутников, осуществляется бесперебойная работоспособность системы путем регулярного обновления радионавигационных сообщений всех спутников.

Сегмент потребителей состоит из аппаратуры, принимающей и обрабатывающей радионавигационные сигналы спутников системы.

Принимающая аппаратура по назначению и точности подразделяется на геодезическую, навигационную (в том числе наземного транспорта), туристско-бытовую. Наибольшую точность обеспечивают геодезические приёмники, навигационные приёмники наряду с координатами определяют дополнительные навигационные параметры движущегося объекта, их точность ниже геодезических и оценивается величинами от долей до десятков метров. Туристско-бытовые приёмники обеспечивают более низкую точность.

Геодезический сегмент потребителей включает: специальные геодезические приёмники, сопутствующее оборудование, пакеты программного обеспечения, базовые пункты (сети), сообщества пользователей.

В нашей стране создана СНС ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система), которая находится под управлением и контролем служб РФ. Она создавалась в интересах Министерства обороны, однако в 1999 году ей официально придан статус военного и гражданского назначения. Работы по созданию этой СНС были начаты в середине 60-х годов, а с 1982 года проводились её испытания. В 1995 году практически завершено развертывание

системы, но эффективного применения ее в этот период не было. В следующее десятилетие число работающих НС в ГЛОНАСС существенно сократилось, а восстановление системы до проектного штатного уровня (24 НС) шло медленными темпами. Вместе с тем благодаря качеству заложенных в ГЛОНАСС

научных идей и проектов система обладает потенциалом, превосходящим по ряду параметров GPS.

В настоящее время осуществляется восстановление системы на качественно новом уровне, увеличен срок действия спутников, создаются новые станции слежения, в ГЛОНАСС принимает участие ряд зарубежных стран.

Запуск осуществляется сразу тройки НС, один из которых остаётся на рабочей позиции, а два других разводятся в соседние рабочие точки. Приведение спутника в проектную орбитальную позицию осуществляется в несколько этапов, включающих операции определения параметров орбиты, коррекции, торможения и другие. После приведения в заданное положение с требуемой точностью уточняются параметры орбиты, проводится высокоточная синхронизация бортовой шкалы времени, определяются необходимые поправки с закладкой их на порт НС. Только после этого спутник включается в работу системы.

Полная орбитальная группировка ГЛОНАСС включает 24 НС, но в трёх орбитальных плоскостях по 8 спутников в каждой. Период обращения каждого спутника составляет 11 часов 15 минут 44 секунды, высота орбиты над поверхностью Земли 19100 км.

Разработан и осуществляется проект СНС Европейского сообщества GALILEO. Первый запуск спутников этой системы проведен в конце 2005 г. российской ракетой с космодрома Байконур. Появление ещё одной навигационной системы и GNSS расширит возможности спутниковых геодезических определений.

Навигационные спутники непрерывно передают потребителям от всех НС радионавигационное сообщение, которое содержит оперативные цифровые данные и несет фазовую и кодовую информацию. Оперативная цифровая информация РНС содержит: признаки достоверности данных, эфемериды НС, поправки к ним, частотно-временные поправки к бортовой шкале, время, к которому относятся эфемериды и их поправки, альманах спутников, данные к учету ионосферных влияний и другие. Совокупность всех сигналов, излучаемых спутниками систем, образует в околоземном пространстве радионавигационное поле, в котором работает принимающая аппаратура.

Эфемериды НС - астрономические данные об орбите и положении на ней спутника в заданный момент времени (эпоху наблюдения). Эфемериды всех спутников навигационной системы являются предвычисленными и относятся к эпохе t_0 , указанной в кадре. К ним формируются поправки по данным наземных станций слежения, но поправки, соответствующие актуальному времени контроля фактического движения спутников, будут доступны по прошествию некоторого времени. Они передаются станциями закладки информации в память бортовых компьютеров НС после обработки наблюдений всех станций слежения.

Эфемериды каждого спутника в радионавигационном сообщении GPS содержат следующие данные:

1. корень квадратный из большой полуоси эллипса орбиты;
2. эксцентриситет орбиты;
3. прямое восхождение восходящего узла орбиты и скорость его изменения;
4. угол наклона плоскости орбиты к плоскости экватора и скорость его изменения;
5. среднюю аномалию на данную эпоху;
6. отклонение среднего движения спутника от предвычисленного;
7. элементы для вычисления поправки в аргумент широты, а также в радиус и угол наклона орбиты спутника.

По полученным приёмником эфемеридам вычисляют прямоугольные координаты НС с использованием программного обеспечения.

РНС содержит альманах спутников системы, который необходим для планирования последующих наблюдений. Альманах включает в себя информацию обо всех спутниках системы и содержит приближённые параметры эфемерид. Этот массив информации GPS является суперкадром, так как занимает 37500 бит и длится 12,5 минут. Альманах записывается приёмником автоматически, если за время его работы блок информации альманаха полностью прошёл.

Радиопередатчики навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС работают на переключаемых несущих частотах. В результате образованы узкополосные и широкополосные радионавигационные сигналы. Узкополосный сигнал является открытым для гражданских потребителей и содержит кадры из 15 строк. Один кадр длится 30 секунд, а каждая его строка 2 секунды.

1. В одном кадре передается полный объем служебной информации:
2. признаки достоверности;
3. время начала кадра;
4. эфемериды (координаты спутника и их производные в прямоугольной геоцентрической системе) на момент времени t_0 ;
5. частотно-временные поправки на этот же момент, которые состоят из относительной поправки к несущей частоте сигнала и из поправки к бортовом шкале времени спутника;
6. времени t_0 , которое кратно 30 минутам от начала суток.

Альманах системы ГЛОНАСС содержит время, к которому он относится параметры орбиты, номер пары несущих частот, поправки шкалы времени. Суперкадр альманаха занимает 5 кадров и длится всего 2,5 минуты, что позволяет более оперативно принимать и обновлять альманах по сравнению с GPS.

3.2 Пространственная трилатерация

Для спутниковых определений координат объектов местности геодезический приемник устанавливается над заданной точкой, приводится в рабочее положение, проходит инициализацию, принимает и регистрирует радионавигационное сообщение от всех спутников СРНС, находящихся в этот момент над районом работ на небесной сфере. При этом измеряется время t прохождения сигналом расстояния «спутник — приемник». В процессе обработки записанных приемником данных вычисляется расстояние S до каждого спутника по формуле

$$S=c*t \quad (3.1)$$

где c — скорость распространения радионавигационного сигнала.

После этого формируется геодезическое построение с измеренными сторонами. Поэтому в основе определений координат точек местности по навигационным спутникам лежит геодезическое построение трилатерации в пространственной системе координат X, Y, Z — пространственная трилатерация (рис 3.1). Построение представляет собой обратную пространственную линейную засечку, в которой вместо исходных «твердых» пунктов традиционного геодезического построения используются НС, координаты которых определены по эфемеридам радионавигационного сообщения и в решении задачи считаются известными. Требуется определить координаты точки P .

Для уравнивания геодезических пространственных построений трилатерации параметрическим способом составляются уравнения связи измеренных (S) определяемых (X_P, Y_P, Z_P) параметров. Для линии S_{ip} (см рис. 3.1) можно записать

$$S_{ip}^2=(X_i-X_P)^2+(Y_i-Y_P)^2+(Z_i-Z_P)^2, \quad (3.2)$$

Такая точность обеспечивается применением на спутниках высокоточных цезиевых генераторов частот, задающих время НС. Кроме того, на наземных станциях слежения определяются частотно-временные поправки каждого спутника Δr , которые транслируются в РНС. Геодезические приемники должны работать с таким же частотно-временным обеспечением. Однако для снижения стоимости в приемниках применены менее точные кварцевые генераторы опорных сигналов. Поэтому каждый приемник имеет свои частотно-временные поправки, которые в решении задачи трилатерации оставлены дополнительными неизвестными ΔT_p

Расстояние S_{ip} с учетом этих поправок определяется по формуле

$$S_{ip} = c(r_{ip} - \Delta T_p) = D_{ip} - c \cdot \Delta T_p, \quad (3.3)$$

где r_{ip} - измеренное приемником время прохождения сигнала с учетом поправок спутника Δr ; ΔT_p - поправка часов приемника в точке P ; D_{ip} - псевдодальность.

Все НС системы GPS синхронизированы между собой с достаточной точностью величинами Δr , поэтому ΔT_p характеризует расхождение шкал времени НС и данного приемника. Так как ΔT_p остается в выражении (3.2) неизвестным, то вместо расстояния S_{ip} фактически измеряется D_{ip} , - расстояние от спутника до приемника без учета поправки приемника. Оно получило название pseudorange - псевдодальность.

Для измеренных псевдодальностей D_{ip} уравнения (3.3) примут вид

$$D_{ip} = \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2 + (Z_i - Z_p)^2} + c \Delta T_p + \delta D_{ip} \quad (3.4)$$

в которых содержится четыре неизвестных величины: X_p , Y_p , Z_p , ΔT_p . Значит, таких уравнений в пространственной трилатерации должно быть не менее 4-х,

поэтому измеряют не менее четырех расстояний «НС — точка Р». В геодезических определениях используют всегда избыточные измерения, в данном случае наблюдают больше 4-х НС, это позволяет уравнивать построение по методу наименьших квадратов.

Измеренная псевдодальность содержит систематические погрешности, связанные с состоянием ионосферы и стратосферы Земли, через среду которых идет РНС. Для ослабления их влияния определяют по специальной методике поправки δD_{ip} , которые учитывают в уравнениях типа (3.4).

Определение координат точек местности по навигационным спутникам возможно только при высокоточном обеспечении отсчета времени во всех составляющих системы. Частотно-временные параметры GNSS являются физической основой такого обеспечения, поэтому их следует рассмотреть более подробно.

3.2.2. Частотно-временное обеспечение измерений

Время τ прохождения сигнала от спутника до приёмника должно быть измерено с погрешностями $1 \cdot 10^{-10}$ секунды и меньше. Достичь такую точность можно на основе шкалы атомного времени и специального частотно-временного обеспечения спутниковой системы.

Обеспечение спутниковой системы включает:

1. формирование шкалы времени системы (ГЛОНАСС, GPS, GALILEO);
2. формирование бортовой шкалы времени на каждом спутнике;
3. определение частотно-временных поправок к шкале каждого НС на станциях слежения, включение их в радионавигационное сообщение;
4. учет поправок приемника в уравнениях пространственной трилатерации.

В системах ГЛОНАСС и GPS применяется всемирное координированное атомное время ЦТС (Universal Time Coordinated), которое измеряется атомными часами, но скоординировано с реальным астрономическим временем.

Одна секунда атомного времени равна 9192631770 периодам колебаний, соответствующих переходу между двумя сверхтонкими уровнями атома цезия

Cs 133. Шкала атомного времени поддерживается с высокой точностью стабильностью частот колебаний и является равномерной. Однако, реальное астрономическое время, отслеживаемое международной службой вращения Земли, не столь равномерно, как атомное, и за несколько лет их отличие достигает одной секунды. Тогда равномерно текущее атомное согласуют с астрономическим временем, изменив показания атомных часов ровно на 1 секунду. Полученное время и называют координированным (UTC) всемирным (гринвичским) временем.

Шкала времени GPS определена цезиевыми стандартами Главной станции управления и контроля в США. Стабильность шкалы времени ГЛОНАСС обеспечивает Центральный синхронизатор на основе сверхточного водородного атомного стандарта частоты и радиотехнических измерительных станций. Относительная среднеквадратическая погрешность среднесуточных значений частоты не превышает $3 \cdot 10^{-14}$. Они формируют шкалы времени этих систем.

Бортовая шкала времени формируется на каждом навигационном спутнике также атомным стандартом частоты. Чаще всего применяется цезиевый генератор частоты, установленный на спутнике. Он задаёт стандарт частоты f_0 ; с которым когерентно связаны несущие частоты радионавигационного сообщения.

В GPS на спутниках генерируются колебания с частотой $f_0 = 10,23$ МГц. Сигналы РНС идут на несущих частотах L1, L2, L5:

$$L_1 = f_0 \cdot 154 = 1575,42 \text{ МГц}; \lambda_1 = 19 \text{ см};$$

$$L_2 = f_0 * 120 = 1227,60 \text{ МГц}; \lambda_2 = 24 \text{ см};$$

$$L_5 = f_0 * 115 = 1176,45 \text{ МГц}; \lambda_3 = 25,5 \text{ см}.$$

Стабильности бортовой шкалы времени может оказаться недостаточно для точных определений. Поэтому её уточняют поправками Δt , которые определяют наземные станции слежения. Их получают со всех станций, обрабатывают и передают на борт каждого НС по каналам станции связи. Полученные частотно-временные поправки входят в РНС и достаточно точно синхронизируют шкалы времени всех НС системы. Определяют поправки к бортовой шкале времени в ГЛОНАСС и в GPS, их закладывают на борт каждого НС несколько раз в сутки.

Время t прохождения сигнала от навигационного спутника до потребителя измеряется приёмниками двумя способами, называемыми «фазовым» и «кодовым»:

1. по разности фаз на несущих частотах принятого и опорного сигналов;
2. по запаздыванию, которое определяется сопоставлением принятых псевдослучайных кодов и их аналогов, генерируемых в приёмнике.

Фазовый способ является в настоящее время наиболее точным и применен в геодезических приемниках. Измерение времени прохождения сигнала по фазе несущих частот основано на том, что фаза φ электромагнитного колебания со стандартной частотой является функцией времени.

Если измерить приёмником фазы φ_1 и φ_2 на несущей частоте РНС, то время прохождения сигнала t можно определить из соотношения

$$t = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2\pi * f} + N * T \quad (3.5)$$

где: φ_2 фаза сигнала, полученного от спутника; φ_1 — фаза его аналога (опорного сигнала), генерируемого приёмником; f — несущая частота сигнала; N — число целых периодов (T) колебаний за время прохождения сигнала (число целых длин волн λ в измеряемой псевдодальности D).

Несущая частота f определяется в GPS частотами L1,L2,L5.

Формула (3.5) содержит число N , которое при измерениях неизвестно. Поэтому возникает неоднозначность фазовых определений τ . Для разрешения неоднозначности применяются специальные приёмы измерений и методики математической обработки, усложняющие технологию работ при определении координат этим способом. Они будут рассмотрены в пункте 3.2.5. На разрешение неоднозначности также направлено использование кодовой информации сигнала при обработке фазовых измерений.

Высокая точность фазовых измерений обусловлена стабильностью несущих частот и малой погрешностью измерения фаз приемником. Так СКП измерения разности фаз $m_{\Delta f} = 1^\circ$, что в линейной мере составляет 0,53 мм на L1, 0,67 мм на L2 и 0,71 мм на L5. Даже при наличии погрешностей от других источников, точность определения координат по фазе несущей остаётся высокой.

Кодовый способ измерения времени прохождения РНС осуществляется сопоставлением дальномерных кодов полученного от спутника и опорного, генерируемого приёмником, сигналов. Такие коды наложены на несущие частоты в системах GNSS и предназначены для навигационных приемников.

В системе GPS используется фазовая манипуляция несущих частот, позволяющая формировать модуляцией два специальных дальномерных кода: P-code и C/A-code. Они представляют собой двоичную псевдослучайную последовательность с тактовой частотой 10,23 МГц и 1,023 МГц соответственно.

P-code (*protected precise*) в РНС является защищённым кодом, доступ к нему гражданских пользователей ограничен. Он обеспечивает метровую точность при определении координат, а при дифференциальных методах измерений - дециметровую.

C/A-code (*clear acquisition*) открыт для всех гражданских пользователей, но обеспечивает меньшую точность. Раньше он передавался только на L1, сейчас

введен на других частотах. Его точность была снижена до сотен метров преднамеренно (селективный доступ, который снят).

Каждый спутник ГЛОНАСС также имеет генератор (стандарт) частоты, на основе которого формируется бортовая шкала времени и радионавигационные сигналы с частотами $L1$, $L2$, соответственно равными 1600 МГц и 1250 МГц. Радиопередатчики навигационных сигналов спутников работают на переключаемых несущих частотах с номерами 1,2,...,24. В результате образованы узкополосные и широкополосные радионавигационные сигналы системы. Узкополосный сигнал является открытым для гражданских потребителей.

ГЛОНАСС также имеет модуляцию несущей частоты кодами, которые принято обозначать СТ и ВТ. СТ - код стандартной точности, аналогичен С/А коду GPS, ВТ - код высокой точности, аналогичен Р коду.

Кодовый способ не обеспечивает высокой точности, поэтому геодезические приёмники работают в основном по фазе несущей частоты. Однако многие из них используют кодовую информацию сигнала для предварительного разрешения неоднозначности при обработке фазовых измерений.

В рассмотренных способах измерения r используется опорный сигнал, генерируемый приёмником. В геодезических приемниках необходим опорный сигнал со стабильными несущими частотами, идентичными $L1$, $L2$, $L5$. Кварцевым опорным генератором обеспечивается шкала времени приёмника, но поправки к ней относительно шкалы системы остаются неизвестными. Как отмечалось, они входят в уравнение (3.5) и определяются при их совместном решении при обработке.

3.2.4 Погрешности геодезических определений

Средние квадратические погрешности M_x , M_y , M_z , спутниковых определений координат (X, Y, Z) пункта оцениваются в геодезии при уравнивании пространственной трилатерации на основе соотношения:

$$M^2 = \begin{matrix} M_x^2 & & & \\ & M_y^2 & & \\ & & M_z^2 & \\ & & & \end{matrix} = \mu^2 \begin{matrix} Q_{XX} & K_{YX} & K_{ZX} \\ K_{XY} & Q_{YY} & K_{ZY} \\ K_{ZX} & K_{YZ} & Q_{ZZ} \end{matrix} = \mu^2 Q \quad (3.6)$$

где μ — СКП единицы веса; Q_{XX} , Q_{YY} , Q_{ZZ} — обратные весовые коэффициенты определяемых координат X , Y , Z соответственно; K_{ij} — ковариационные моменты, характеризующие зависимость координат попарно.

СКП единицы веса μ в выражении (3.6) обуславливается в основном погрешностями измерений псевдодальностей D .

Значения Q_{XX} , Q_{YY} , Q_{ZZ} расположены на главной диагонали обратной матрицы R^{-1} нормальных уравнений, полученных на основании параметрических уравнений (3.4) измеренных псевдодальностей. Они отражают влияние геометрии построения и распределения весов измеренных величин на точность определения координат X , Y , Z .

В геодезических построениях, рассмотренных в пункте 3.3.2 (см. рис. 3.1), измерения псевдодальностей проводятся в основном равноточно, а геометрия построения определяется расположением спутников в момент наблюдения на небесной сфере. Поэтому коэффициенты Q_{XX} , Q_{YY} , Q_{ZZ} зависят от геометрии (созвездия) навигационных спутников.

По элементам матрицы (3.6) средняя квадратическая погрешность M_P , пространственного положения пункта P определяется по формуле

$$M_P = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} = \mu \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2 + Q_z^2} \quad (3.7)$$

В построениях пространственной трилатерации коэффициенты Q_{XX} , Q_{YY} , Q_{ZZ} чаще всего больше единицы, а при неблагоприятном расположении спутников некоторые из них могут превысить 10. Поэтому они в оценке M_p снижают точность выполненных измерений из-за геометрического влияния.

В обработке геодезических ОР определений рассмотренные коэффициенты геометрического влияния оцениваются по аналогичным формулам и получили названия:

PDOP (Position Dilution of Precision) — геометрический фактор снижения точности при определении местоположения в пространстве:

$$PDOP = \sqrt{Q_{XX} + Q_{YY} + Q_{ZZ}}; \quad (3.8)$$

HDOP (Horizontal Dilution of Precision) — его горизонтальная составляющая:

$$HDOP = \sqrt{Q_{XX} + Q_{YY}}; \quad (3.9)$$

VDOP (Vertical Dilution of Precision) – вертикальная составляющая.

В качестве дополнительного неизвестного в исходные уравнения (3.4) входит поправка часов приемника, поэтому матрица Q в общем случае 4-го порядка. Для времени рассматривается аналогичный коэффициент TDOP. При этом

$$VDOP = \sqrt{Q_{ZZ}}; \quad TDOP = \sqrt{Q_{TT}} \quad (3.10)$$

Ожидаемые значения элементов $Q_{ij}^{1/2}$ можно рассчитать по альманаху спутников на проектируемый момент наблюдений для заданной территории работ. Подбирая по альманаху рабочие созвездия спутников, следует стремиться к уменьшению соответствующих коэффициентов DOP. Оптимальный PDOP обеспечивается, если 3 НС расположены невысоко над горизонтом и примерно симметрично относительно 4-го НС, находящегося в зените. Коэффициенты быстро возрастают, если спутники «собираются» в одном участке неба или «выстраиваются» в одну линию. Однако существуют конфигурации

расположения спутников, уменьшающие HDOP и увеличивающие VDOP, а также уменьшающие VDOP и увеличивающие HDOP, что следует учитывать при планировании измерений.

В оценке точности (3.6) значения СКП единицы веса μ вызваны погрешностями m_D измерений псевдодальностей D . В свою очередь величина m_D , в спутниковых определениях образована совокупностью следующих погрешностей:

$$m_D^2 = m_{\Sigma}^2 + m_{BC}^2 + m_{TP}^2 + m_{ИОН}^2 + m_{АН}^2 + m_{Ц}^2 \quad (3.11)$$

Где m_{Σ} - СКП эфемерид; m_{BC} - СКП синхронизации частотно-временной шкалы; m_{TP} , $m_{ИОН}$ - СКП учета задержки распространения радиоволн в тропосфере и ионосфере Земли; m_{MH} - составляющая, вызванная влиянием «многолучёвости» принятого приемником сигнала; $m_{АН}$ - составляющая, вызванная смещением фазового центра антенны приемника; $m_{Ц}$ - СКП центрирования приемника над точкой P.

Необходимую в геодезии точность спутниковых определений можно достичь только при снижении влияния указанных составляющих погрешностей до требуемого уровня. Это обеспечивается в каждой навигационной системе определением поправок на станциях слежения, усовершенствованием геодезических приемников и путем соблюдения определенной технологии измерений.

Современный уровень развития спутниковых навигационных систем позволил снизить за счет наземных станций слежения, равномерно расположенных по всему земному шару, СКП эфемерид и СКП времени спутников. Эти станции принимают сигналы спутников, проводят высокоточные измерения. Результаты обрабатываются главной станцией, проводится точный расчет поправок к эфемеридам и корректирующих поправок к бортовой шкалы времени НС. Полученные поправки эфемерид и шкалы времени передаются через наземные

станции связи на каждый НС, они далее войдут в полученное приемником от этого НС радионавигационное сообщение и будут учтены при обработке позиционирования. При этом обеспечивается точность поправок эфемерид выше 5 см, а поправок шкалы времени - выше $2 \cdot 10^{-10}$ сек.

Тропосферную составляющую СКП снижают путем соответствующих поправок, которые рассчитывают на основании модели тропосферного влияния на распространение радиосигнала. Ионосферная составляющая частично компенсируется в измерениях на двух частотах при вычислении результирующего значения псевдодальности D. Дальнейшее повышение точности осуществляется за счет совершенствования моделей тропосферных и ионосферных влияний и уточнения соответствующих поправок на станциях слежения и контроля. Так, тропосферная поправка дается по данным этих станций каждые 2 часа с точностью 4 мм. Погрешности ионосферной составляющей компенсируются дополнительно в разностях основных уравнений фазовых измерений с двух пунктов базовой линии. Эта компенсация особенно важна для одночастотных приемников.

Влияние многолучёвости на СКП m_D вызвано отражением сигнала РНС от объектов, расположенных вблизи точки стояния приемника. Возникает интерференция отраженных лучей с сигналом, пришедшим от спутника, которую называют многолучевостью. В результате искажается фаза принятого сигнала. Для ее снижения выпускают антенны приемников со специальными встроенными отражателями и с микрополосковыми конструкциями, обеспечивающими подавление возможной многолучёвости. Кроме того, расположение геодезических пунктов не рекомендуется проектировать вблизи объектов с крупными металлическими и отражающими поверхностями, а также там, где работают мощные радиотехнические устройства на частотах близких и кратных к несущим в РНС. Возможны и другие помехи и шумы при приеме спутникового сигнала.

При работе в условиях плотной городской застройки основным источником многолучевости является отражение сигнала РНС от близлежащих зданий, деревьев и самих трансформаторных подстанций (рис. 3.2). Для снижения данного показателя необходимо было более долгое стояние на точке координирования. Если же не получалось получить стабильный сигнал, то приемник ставился своим основанием на крышу ТП, либо производилась съемка точки «в створе»

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
		№				44



Рисунок 3.4 – съемка поворотной точки ТП

Составляющая $m_{АН}$ в (3.11) вызвана тем, что геометрический центр антенны, находящийся на ее оси вращения, не совпадает с электронным (фазовым) центром, который принимает сигнал и для которого фактически определяются

координаты. Фазовый центр не совпадает с точкой относимости антенны и по высоте. Для точных и высокоточных геодезических измерений это смещение фазового центра должно быть учтено. В таких работах следует применять приемники с миллиметровой стабильностью фазового центра антенн. Смещение фазового центра учитывается в обработке через программное обеспечение приемника.

Погрешности центрирования $m_{Ц}$ снижаются за счет применения выверенных оптических и лазерных центриров при установке прибора на станции. При установке антенны или приемника с антенной на вехе возможен наклон вехи, особенно ее выдвинутой части. При этом также возникают погрешности центрирования, так как геометрический и фазовый центры антенны будут смещены относительно центра пункта. Поэтому веха должна быть закреплена над точкой с помощью ножек трипода или бипода.

Фазовый центр антенны приемника обычно бывает поднят над точкой, поэтому необходимо измерить высоту антенны. Это измерение бесконтрольное, поэтому должно выполняться тщательно и 2 раза, в начале и в конце сеанса наблюдений. Высота антенны и ее высотное смещение фазового центра при обработке измерений. В нашей работе высоты точек не учитывались, так как по заданию они не требовались.

3.5 Относительные методы позиционирования

Определения координат точек местности по навигационным спутниковым системам могут быть абсолютными и относительными. Абсолютные определения проводятся без привязки к базовым и иным исходным пунктам при позиционировании. Обеспечить геодезическую точность при этом пока невозможно, так как все систематические погрешности измерений (эфмерид, частотно-временные, влияний ионосферы и тропосферы и др.) войдут в координаты определяемых пунктов, и их СКП превысят допуски, достигая метров. Поэтому в геодезии абсолютные методы практически не применяют.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
			№			46

Относительные определения проводятся с привязкой к базовым и иным исходным геодезическим пунктам, для этого одновременно работают два (или более) приемников, установленных как на базовых, так и на определяемых пунктах. Координаты базовых пунктов должны быть известны с достаточной для решения конкретных геодезических задач точностью. По результатам позиционирования координаты определяемых пунктов будут вычислены относительно базовых. В нашем случае, был взят в аренду доступ к дифференциальной базовой станции, которая имела свои точные координаты и была в роли базового пункта. Это позволило применять один приемник вместо двух, имея при этом еще более точные результаты измерений.

При относительных методах позиционирования измеряются псевдодалности на одни и те же НС с базового и с определяемого пунктов. Для них при совместной обработке решаются уравнения типа (3.4) и разности этих уравнений. Систематические погрешности синхронных измерений с базового и определяемого пунктов будут иметь близкие между собой и практически постоянные значения, поэтому в разностях уравнений при совместной обработке они в значительной мере исключаются. Следовательно, точность относительных методов геодезических спутниковых определений существенно выше абсолютных.

В настоящее время в геодезических работах применяют несколько методов позиционирования при относительных определениях: static, fast static, «stop and go», RTK и др.

В геодезии применяются в основном статические методы, при которых приемник устанавливается над точкой и остается при позиционировании неподвижным. Приемник на опорном пункте называют referens-приемником или базовой станцией в нашем случае, а на определяемом — rover-приемником.

Метод static применяется в основном при определениях, требующих высокой точности, в построениях опорных геодезических и межевых сетей. Используются точные геодезические приемники, а измерения выполняются на пунктах по фазе

несущей частоты сигнала в течение длительного времени (от 1-го до 3-х и более часов). Часто определения проводят относительно нескольких базовых станций. Иногда выполняют несколько сеансов повторных измерений, что повышает качество результатов. Так, в соответствии с инструкцией [4] наблюдения на пунктах при построении каркасной опорной геодезической сети проводятся в два сеанса с повторной центрировкой антенн приёмников и изменением высоты их установки. Измерения, предполагающие возвращения и повторные наблюдения на данном пункте, принято называть реокупацией. Программа предусматривает совместную обработку данных приёмника, полученных в разное время на одном и том же пункте.

Быстрая статика (fast static) применяется при коротких базовых линиях, а также при некотором снижении требований к точности координат. Например, положение характерных точек границ землепользования достаточно определить с СКП 0,1 м. В этих случаях продолжительность сеанса наблюдений сокращается до

20 - 30 минут. Координаты будут определены также относительно базового пункта, но с меньшей точностью, в пределах 10...20 мм.

Метод Stop and Go («Стой — иди») также является относительным, rover-приемник должен работать синхронно базовым. Особенность этого метода состоит в том, что rover-приемник перемещается с краткими остановками для позиционирования на определяемых пунктах, при этом непрерывно производится прием сигнала и фазовые измерения, в том числе, во время перемещения приемника.

Работу начинают с начального определяемого пункта, на котором приемник проходит полную инициализацию и позиционирование. Далее работающий приемник перемещают на другие определяемые пункты. Если сигнал не был потерян, то инициализации на них не требуется, что позволяет сократить время стоянки приемника на этих пунктах. В конце серии измерений проводят замыкание кода: подвижный приёмник возвращается в начальный пункт для

повторных измерений. Такая процедура непрерывного позиционирования ускоряет измерения на объекте, а замыкание обеспечивает контроль и некоторое повышение точности. Следует отметить, что точность этого метода ниже быстрой статистики, однако она вполне может удовлетворять требованиям съёмки и межевания земель.

В режимах статики после позиционирования проводят постобработку данных, полученных referens и rover-приемниками. Важной характеристикой обработки при относительных методах работы является длина b базовой линии. Базовая линия - трехмерный вектор приращений координат между двумя пунктами, участвующими в сеансе одновременного позиционирования. СКП передачи координат зависит от длины базовой линии и напрямую включает в себя погрешности координат исходного пункта. Поэтому координаты базового пункта должны быть надёжно определены, а длина базовой линии ограничена до величин, соответствующих требуемой точности и методу спутниковых определений. Так, в соответствии с инструкцией [14] длина базовой линии при построении заполняющей геодезической сети рекомендуется 5...15 км. - В технических характеристиках приёмников указывают СКП M_p , определения положения пункта с увеличением длины базовой линии h на 1 км. Так, например: $M_p = (5+1*b)$ мм для $b < 10$ км и $M_p = (5+2*b)$ мм для $b > 10$ км. С увеличением длины базовой линии увеличивают продолжительность сеанса наблюдений.

Для повышения точности геодезических спутниковых определений, обеспечения единой системы базовых пунктов, упрощения технологии полевых работ, созданы на отдельных территориях сети постоянно действующих базовых станций. Так в Германии служба SAPOS сплошь покрывает всю территорию страны системой базовых станций с расстоянием между ними от 10 до 50 км. При решении геодезических и кадастровых задач GPS позиционирование выполняется относительно их одним приёмником в любом месте страны. Координаты определяются с сантиметровой точностью и выше в течение нескольких минут.

Аналогичные системы базовых станций создаются и на ряде территорий России. В Москве и Московской области была создана спутниковая система межевания земель (ССМЗ). Такая же создаётся в северо-западном регионе (Санкт-Петербург, Ленинградская и Новгородская области) и в других субъектах РФ.

Методы дифференциальных спутниковых определений основаны на введении в результаты измерений rover-приемников дифференциальных поправок, которые определяются базовыми или специальными дифференциальными станциями. В основе дифференциальных методов лежит практическое постоянство основных систематических погрешностей измерений, выполненных на один и тот же НС с близко расположенных пунктов. Их определяют по точным координатам базового объекта и координатам спутника в момент измерения псевдодальностей. По ним формируют дифференциальные поправки, которые по каналам связи транслируют на определяемые пункты.

Режим реального времени 1ГК (Real Time Kinematics) использует введение дифференциальных поправок на станции при определении ее координат. Их принимают по каналам связи от базового пункта или от активной сети станций наряду с РНС. Результаты позиционирования с учетом полученных дифференциальных поправок обрабатывают сразу на станции приемника с использованием программного обеспечения RTK. Так как координаты будут определены относительно базового пункта, то такие определения являются дифференциальными относительными. В зонах действия активной сети базовых станций позиционирование в RTK можно выполнять одним приёмником, перемещая его при съёмке с пикета на пикет. В нашем случае снимая поворотные точки объектов. В сети ССМЗ дифференциальные поправки получают с ВЦ системы, где интерполируют их по нескольким базовым пунктам, то есть применяется сетевая структура коррекции данных.

4. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

4.1 GNSS приёмник.

При производстве геодезических работ применяют специальные геодезические приемники, обеспечивающие необходимую точность. Они относятся по способу измерений сигнала РНС, полученного от навигационных спутников, к фазовым приборам. Наряду с фазовыми существуют кодовые приёмники, работающие по псевдослучайным кодам (*P*, *C/L*; *СТ*, *ВТ* и др.), они широко распространены в навигации, но в геодезии имеют ограниченное применение. Следует отметить, что современные геодезические приёмники являются универсальными: измерения ведут по фазе и дополнительно - по кодам сигнала, ускоряя тем самым процесс последующей обработки.

Геодезические приёмники подразделяют на следующие виды:

1. работающие по одной и по нескольким навигационным системам GNSS;
2. одночастотные и многочастотные;
3. оснащенные блоками связи и модулями для режима RTK.

«Односистемные» приемники работают только по Навигационному сигналу одной системы, например, GPS. До недавнего времени они были наиболее распространены в геодезических и кадастровых работах в РФ. С развитием наряду с GPS систем ГЛОНАСС, GALILEO появились «многосистемные» GNSS приёмники. В геодезических работах они могут быть наиболее перспективными.

Кроме того, геодезические приёмники подразделяют на одно и многочастотные, одно и многоканальные. В одночастотных приборах измерения выполняются по одной частоте радионавигационного сигнала, а в многочастотных - на нескольких несущих частотах одновременно.

Одноканальные приемники захват сигналов осуществляли последовательно по каждому НС. Многоканальные одновременно отслеживают и принимают сигналы от созвездия спутников, включающего НС разных систем. В настоящее время выпускаются многоканальные приемники, имеющие десятки одновременно принимающих каналов, включая дополнительные каналы приема сигналов от геостационарных спутников дифференциальных подсистем.

Современные GNSS многочастотные приёмники требуют меньше времени на инициализацию и позиционирование, обеспечивают выше точность. К таким приёмникам относятся Trimble R8, Leica 1200, Sokkia 2700, Stonex S9 и другие.

Схематично структура геодезических приёмников показана на рис. 4.2. Антенный блок принимает РНС, в измерительном блоке сравнивается полученный сигнал с опорным, который генерирует приемник, определяется их разность фаз и кодовая задержка. Проводится первичная обработка и запись информации в память приемника.

а) режим постобработки;

б) режим реального времени;

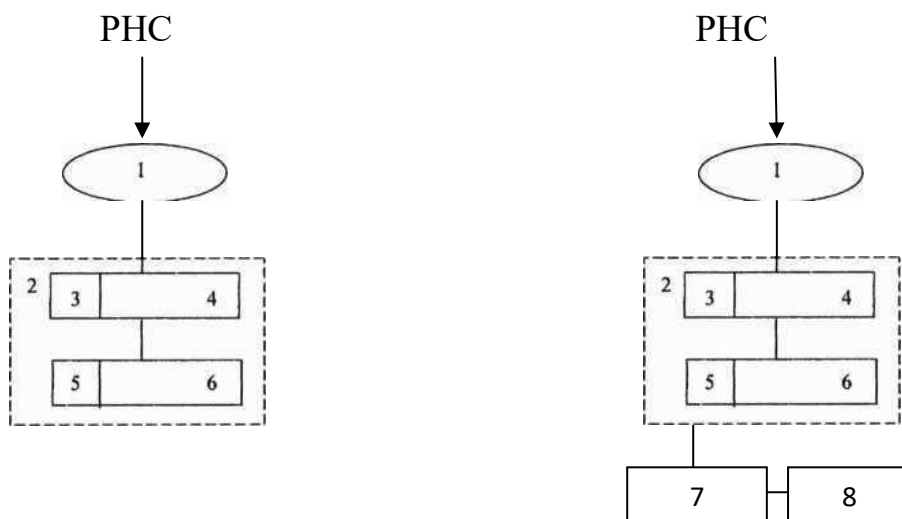


Рис.4.1

1 - антенный блок; 2- приемник; 3 - генератор опорного сигнала;

4 - измерительный блок; 5 - блок первичной обработки; 6 - блок памяти;

7 - контроллер с программой режима НТК; 8 - блок связи с базовой станцией.

На рис 4.1 представлены две блок-схемы приёмников, которые различаются применяемым режимом измерений и обработки. Если приёмник работает в режиме постобработки, то результаты измерений заносятся в память приёмника, а по завершении наблюдений передаются в компьютер для их обработки. При полевых работах можно к приёмнику подключить контроллер, с клавиатуры которого вносится информация о пунктах, особенностях наблюдений, высота антенны. Для передачи данных в компьютер приёмник имеет специальные порты подключения и кабель. В ряде приборов применена беспроводная передача данных.

Вторая блок-схема применяется для быстрого определения координат в режиме реального времени (РТК - real time kinematics). Для обработки измерений в РТК необходима информация наблюдений с определяемого и базового приемников, а также координаты базовой (опорной) точки. Они поступают с опорной точки по каналам линии связи и позволяют выполнить обработку непосредственно на точке стояния приемника. Если приёмник работает в режиме реального времени, то подключение к нему контроллера или компьютера с программным обеспечением режима РТК обязательно. Кроме того, приёмник должен иметь блок связи, по которому принимается необходимая информация с базового пункта. Для связи используют специальные радиомодемы или каналы мобильной связи, которыми оснащены большинство геодезических приемников.

В геодезических навигационных приёмниках применяются специальные конструкции антенн с высокой стабильностью фазового центра, чувствительные к СР8 сигналам. Для подавления многолучёвости от местных предметов антенны имеют отражающее устройство, применяются их микрополосковые конструкции. Такие антенны с высокой стабильностью фазового центра и подавлением многолучёвости обеспечивают высокую точность определения координат.

В современных приемниках и контроллерах применяется кабель с USB интерфейсом и модуль Bluetooth для беспроводной передачи данных и управления работой приборов.

В некоторых моделях приемник объединен с контроллером, в котором имеется дисплей и клавиатура, позволяющие на станции войти в меню прибора, изменить рабочие установки, запустить режим позиционирования, ввести высоту антенны, номера и коды точек, просматривать данные.

Важным дополнением приемника является контроллер, их выпускают многие ведущие приборостроительные компании. В настоящее время в геодезическом производстве распространены контроллеры: TCU, TSC2 Trimble, SHC, Allegro Sokkia и др. Многие геодезические приемники могут работать без контроллера, однако его применение упрощает и систематизирует работу исполнителя на станциях, позволяет вводить данные об объекте, станции, условиях наблюдений, оперативно менять режимы, контролировать и управлять процессом позиционирования, проводить измерения тахеометром в комплексе с приемниками.

Современные контроллеры имеют большой объем внутренней и внешней памяти, сверхбыстрые процессоры, технологию Bluetooth, сенсорный дисплей. Возможность сенсорного ввода значительно ускоряет полевые работы, ввод данных, анализ полученных данных. Сенсорный экран работает аналогично «мышь» РС, для просмотра и выбора объектов на экране используют стилус, его касанием входят в необходимый раздел работы прибора. При нажатии и удерживании стилуса можно вызвать на экран меню. Для выбора имеющихся программ, файлов исходных данных, выполненных измерений, текста, изображений стилус удерживают и перемещают по экрану.

В нашей работе, вместо специального геодезического контроллера, применялся смартфон с предустановленной программой для геодезических работ SurPad 3.0, о которых будет рассказано далее в этой главе.

Число каналов	220 каналов
---------------	-------------

Во время проведения работ в г. Оренбург в качестве GNSS приёмника использовался Stonex S9 II GNSS. S9 GNSS II выполнен на основе OEM GNSS модуля Trimble BD970, позволяющего принимать сигналы по 220 каналам одновременно от всех существующих спутниковых систем GNSS: GPS(L1 C/A, L2E, L2C, L5); GLONASS (C/A, L1 P, L2, C/A (GLONASS M), L2P), SBAS (L1 C/A, L5; GALILEO GIOVE-A & GIOVE-B (L1 BOC, E5A,E5B, E5ALTBOC1), COMPASS. Данный модуль снабжён чипом Maxwell.

Отличительными особенностями этой технологии являются подавление многолучёвости принимаемых сигналов, надёжное слежение за спутниками, видимых на низких углах возвышения, кардинальное улучшение времени инициализации в РТК режиме. S9 GNSS II имеет интегрированную в корпус GNSS антенну, встроенное приёмо-передающее УКВ радио, GSM/GPRS модем с внешней GPRS антенной для приёма слабых сигналов, встроенную память 4GB, интегрированный и герметичный интерфейс связи на частоте 2,4 ГГц (Bluetooth), батарею питания, а также слот для SIM карты. Для передачи данных и работы в РТК режиме система имеет встроенные УКВ и GSM/GPRS модемы. Приёмник S9 может работать как базой, так и ровером. STONEX S9 GNSS II имеет эргономичную моноблочную конструкцию с защитой от от влаги, пыли и ударов IP 67.

Одновременно отслеживаемые сигналы	GPS L1 C/A, L2E, L2C, L5 ГЛОНАСС L1C/A, L1P, L2C/A, L2P SBAS L1C/A, L5 COMPASS: (зарезервированы): B1 (QPSK), B1-MBOC (6, 1, 1/11), B1-2 (QPSK), B2 (QPSK), B2-BOC (10, 5), B3 (QPSK), B3BOC (15, 2.5), L5 (QPSK)
Точность статика, быстрая статика	В плане: ± 3 мм + 1 мм/км СКО По высоте: ± 5 мм + 1 мм/км СКО
Точность кинематика, RTK	В плане: ± 10 мм + 1 мм/км СКО По высоте: ± 20 мм + 1 мм/км СКО Время инициализации обычно менее: 60 секунд Надежность инициализации: >99,9%
Точность дифференциальная кодовая	± 0.45 м + 1 мм/км СКО
Запись данных	Встроенная память: 4 Гб Передача данных: USB кабель Позиционирование с интервалами до 50 Гц
Порты	Два RS-232 порта со скоростью до 115200 bps Разъем для подключения внешней GSM/GPRS антенны Разъем для подключения внешней УКВ антенны
Связь	Встроенный GSM/GPRS модем (800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц) с возможностью приема и передачи Возможность подключения внешнего УКВ модема с помощью USB кабеля Встроенный беспроводной интерфейс Bluetooth
Управление	Кнопка включения/выключения питания, кнопка настройки Три светодиода позволяющие отслеживать количество

	спутников, режим передачи/приема данных, заряд батарей.
Питание	Один слот для аккумулятора Порт для подключения внешнего питания Напряжение: Внутренний аккумулятор 7.2В Потребляемая мощность <3,8Вт Внешнее питание 9-15 В. Защита от повышения напряжения
Зарядное устройство	Внешнее зарядное устройство одновременно для 2-х аккумуляторов
Время работы	Более 6 часов в режиме статика (от одной батареи) Более 4 часов в режиме RTK (от одной батареи)
Форматы Импорта/экспорта	Вход и выход: CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 Навигационные форматы: ASCII (NMEA-0183 GSV), AVR, RMC, HDT, VGK, VHD, ROT, GGK, GSA, ZDA, VTG, GST, PJT, PJK, BPQ, GLL, GRS, GBS, GSOF.
Влаго/пылезащ.	Выдерживает временное погружение на глубину до 1 метра и 100% защита от проникновения влаги, выдерживает падение с 2-х метровой высоты на бетон, пылезащищен.
Температурный режим	-40° C +60° C
Размеры (диаметр/высота)	189*96 (диаметр/высота) мм
Вес (кг)	1,2 кг

Таблица 4.1 Технические характеристики приёмника

					21.03.02.069.2018.AC-431.ПЗ.ВКР	57
				№		

4.2 Контроллер

Геодезические полевые контроллеры – это портативные компьютеры защищенного исполнения для сбора и обработки информации со спутниковых приёмников либо с инженерных тахеометров. Контроллеры незаменимы при работе в RTK режиме спутниковых приёмников, а также предоставляют дополнительный комфорт и удобство при работе с оптическими приборами. По сути, именно с помощью контроллера, вы управляете съёмкой, настраиваете оборудование, записываете в его память результаты измерений, а затем передаете данные в офисный компьютер.

Так как цены на контроллеры очень высоки: начальная цена около 100 000 рублей за самый простой девайс, было принято решение в качестве контроллера применять смартфон Philips Xenium V377. По причине того, что современные контроллеры являются дорогостоящими, имеют худшее, по сравнению с современными смартфонами, техническое оснащение, целесообразнее применять смартфоны. На данном аппарате установлен геодезический комплекс программ, в частности SurPad 3.0, позволяющий выполнять все необходимые действия с GNSS приемником посредством Bluetooth соединения. Отличительной особенностью данного смартфона является аккумуляторная батарея на 5000 mAh, что позволяет смартфону выполнять функции контроллера для GNSS приемника в течении 2-3 рабочих дней без подзарядки.



Рисунок 4.2 Смартфон Philips Xenium V377

4.3 Программа для геодезической съемки

SurPad 3.0 это программное обеспечение на базе системы Android, специально созданное для работы с GNSS приемниками Stonex. Посредством Bluetooth устройство соединяется с приемником для работы.

Программа обладает несколькими режимами работы, простым интерфейсом, простой системой импорта файлов для последующей обработки. Есть такие возможности как «Локализация» (до 7 параметров), определение площади по точкам и «Калибровка датчика».

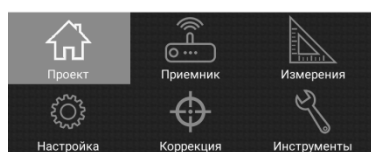
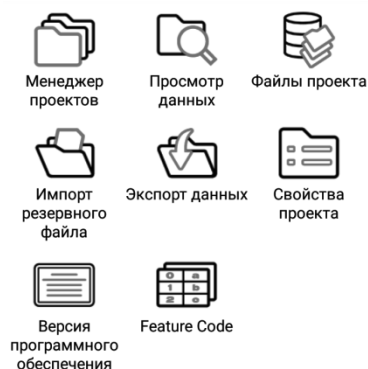


Рис. 4.4 Вкладка «Проект» в SurPad 3.0

Таблица 4.2 Вкладка «Проект» в SurPad 3.0

Значок	Описание
	Создание, просмотр ранее созданных проектов, информация о свободном месте, системе координат.
	Информация о точках, которые были сняты или созданы в текущем проекте, с возможностью редактирования и удаления.
	Объединение данных из нескольких проектов в единый.
	Импорт файла для восстановления проекта в случае ошибки ПО
	Экспорт данных из проекта в форматы: txt, csv, kml и т.п.
	Параметры выбранного проекта(СК, кол-во точек и т.д.)
	Информация о версии ПО с возможностью обновления

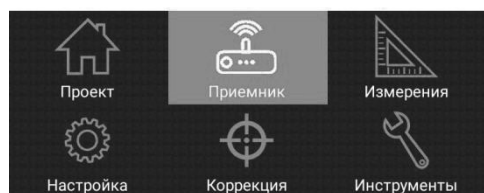


Рисунок 4.5 Вкладка «Приемник» в SurPad 3.0

Таблица 4.3 Вкладка «Приемник» в SurPad 3.0

Значок	Описание
	Информация о спутниках, базовой станции
	Настройка соединения через GPRS, UHF или смартфон
	Настройка соединения с приемником через Wi-Fi или Bluetooth
	Выбор режимов: Статика, Ровер или База
	Информация о приемнике, заряде аккумулятора, GPS статусе и т.п.

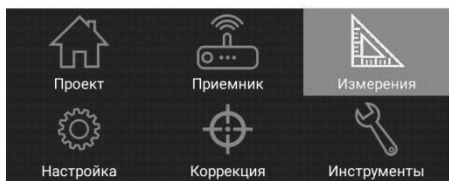
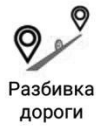
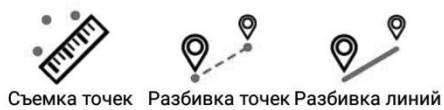


Рис. 4.6 Вкладка «Измерения» в SurPad 3.0

Таблица 4.4 Вкладка «Измерения» в SurPad 3.0

Значок	Описание
	Запись точек, с возможностью измерения площади
	Инструмент для выноса точек на местности
	Инструмент для выноса линий на местности
	Инструмент для выноса узлов дороги

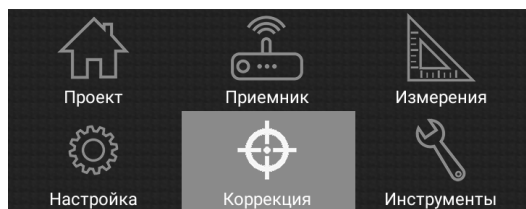


Рис. 4.8 Вкладка «Коррекция» в SurPad3.0

Таблица 4.6 Вкладка «Коррекция» в SurPad 3.0

Значок	Описание
	Локализация (поправка) для конкретной точки (пункта геодезической сети)
	??????????
	Калибровка датчика при условии, что он присутствует в приборе

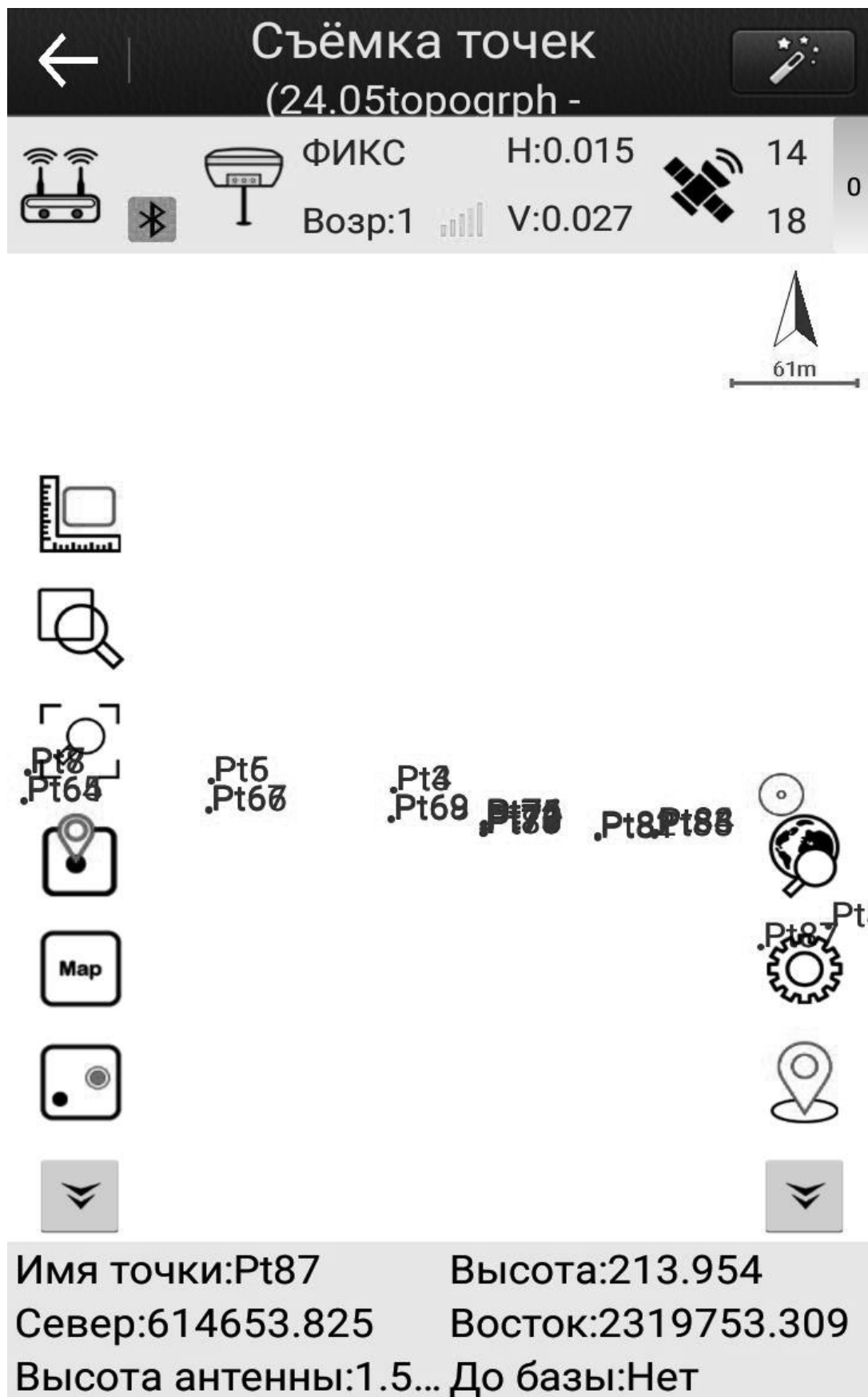




Рис. 4.9 Работа в режиме «Съёмка точек»

Таблица 4.7 Описание режима работы «Съёмка точек»

Значок	Описание
Съёмка точек	Режим работы приемника
(24.05topogrph -	Название проекта, в котором ведется работа
	Кол-во спутников ГЛОНАСС (сверху) и GPS (снизу)
	Уровень заряда батареи приемника (если поддерживается)
ФИКС	Состояние приема сигнала: - ФИКС - это постоянное соединение со спутником и базой, получение точных координат
Н:0.015 V:0.027	Горизонтальная и вертикальная погрешность.
Возр:1 	«Актуальность» сигнала. Число показывает, сколько секунд назад были получены актуальные данные о местоположении
	Текущий масштаб
	Режим работы приемника и тип соединения
Имя точки:Pt87 Высота:213.954 Север:614653.825 Восток:2319753.309	Номер уже снятой точки и текущее местоположение приемника
	Центрирование на текущем местоположении
	Включение/отключение карты

	Текущее местоположение (кр.круг) и снятые точки
	Список всех точек в проекте

4.4 Математическая обработка результатов измерений

Для обработки результатов геодезических измерений, полученных электронными приборами, применяются в настоящее время два режима:

1. режим реального времени геодезических определений, обработка измерений выполняется сразу на пункте стояния геодезического прибора;
2. режим постобработки, которая выполняется на ПК после завершения всех измерений в геодезическом построении.

Обработка результатов измерений в режиме реального времени в нашем случае выполнялась на смартфоне в программе, описанной в предыдущей части главы. Основной целью такой обработки является быстрое получение координат и предварительная оценка результатов измерений. Поэтому применяются упрощенные алгоритмы, в обработку включают лишь часть построений, связанных с данным пунктом, уменьшается количество избыточных измерений, неполно учитываются и некоторые другие параметры построения и процесса измерений.

Постобработка выполняется после передачи результатов измерений с прибора и контроллера на компьютер и осуществляется по программе строгих алгоритмов математической обработки и имеющихся программных пакетов. С помощью программного комплекса НедраГео мы получаем конечный результат геодезической съемки для последующих операций над полученными данными.

Полная математическая обработка результатов геодезических измерений полученных электронными приборами, включает в себя:

1. начальную (первичную) обработку непосредственно измеренных величин выполняется автоматически на основе встроенного программного обеспечения прибора или контроллера;
2. передачу данных с прибора или контроллера на компьютер < использованием специального ПО передачи данных, учитывающего их формат;
3. предварительную обработку полученных результатов в геодезическом построении с оценкой качества полевых измерений;
4. уравнивание геодезических построений на объекте с оценкой точности полученных координат или иных данных;
5. обработку геодезических измерений, опирающихся на уравненные построения (границ земельных участков, контуров строений, массивов снятых пикетов);
6. передачу обработанных пространственных данных в кадастровые информационные системы, БПД, а также для нанесения их на электронные планы и карты;
7. формирование отчетов по выполненным геодезическим работам на объекте.

Вид первичной обработки непосредственно измеренных величин зависит от применяемого геодезического прибора, его программного обеспечения, методов и режимов измерений. Так в программе SurPad 3.0 для GNSS приемника Stonex S9 можно наглядно посмотреть на точность полученных данных во время работы и на общее расположение точек, их координаты и высоты, расстояния между ними, сразу же оценив первичную правильность измерений.

Поэтому уровень данных, полученных после первичной обработки, может быть разным. Однако все они получены по непосредственным измерениям и исходным данным и относятся к конкретной станции прибора. В файлах измерений накапливаются такие данные по всем станциям построения. Для

идентификации станций в память прибора вносятся их номера (название) и номера и коды снятых точек.

Передача данных с электронного геодезического прибора на компьютер осуществляется через интерфейсный порт прибора и специальный кабель. В нашем случае, на контроллере (смартфоне) выбирается формат полученных координат в МСК (в Местной Системе Координат), а затем импортируется на компьютер посредством стандартных программ OS Windows в формате текстового документа (Рис. 4.10).

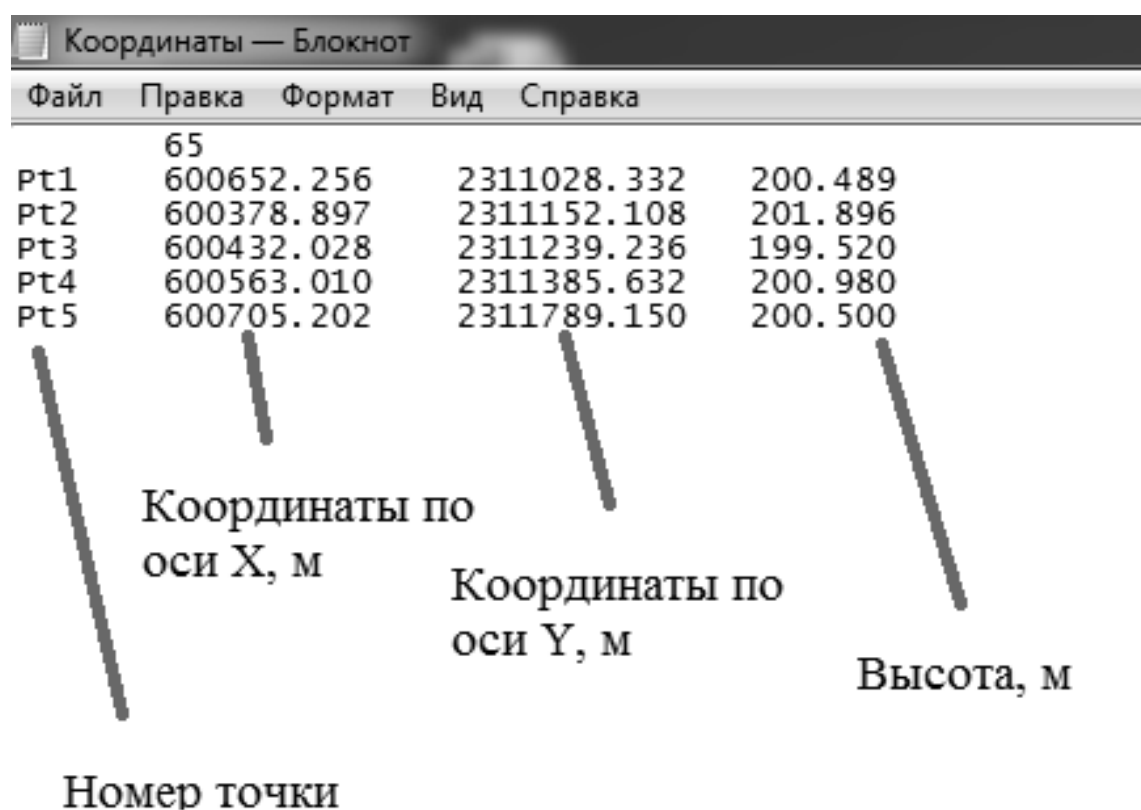


Рисунок 4.10 Формат координат для импорта в программу Недра-Гео

Дальнейшая обработка выполняется в автоматическом режиме в соответствии с имеющимся программным пакетом. Однако перед окончательной математической обработкой необходимо проанализировать полученные данные, их качество, точность. Принять решение, если потребуется, направленное на

повышение точности построения: отбраковать отдельные измерения, снизить их вес при уравнивании или провести повторные и дополнительные измерения.

В нашем случае, при построении Трансформаторных Подстанций, главным критерием точности и правильности измерений, было построение полностью прямоугольного объекта, без смещения по каждой из сторон, так как все 169 объектов были прямоугольной формы. Поэтому сначала проводится предварительная обработка, а затем уравнивание.

Обработка заканчивается составлением межевого плана, при этом обеспечивается подготовка документов к постановке на кадастровый учет земельного участка, а также документов об учете изменений этого участка или его частей.

4.5 Программный комплекс Недра-Гео

В структуру программного комплекса входят многопользовательские электронные базы данных с поддержкой топографических слоев генерального плана города и слоев земельных карт межселенных территорий. Кроме того, к комплексу дополнительно подключена земельная база данных для выполнения межевых дел, соответствующая классификатору Единого государственного реестра земель (ЕГРЗ). Эффективная работа программного комплекса возможна в операционной системе Windows (95, 98, ME, NT, 2000, XP, 7, 8) при наличии системы Borland DataBase Engine версии 5.01 или выше с установленными драйверами для Paradox 5.0 for Windows и DBase III или выше в стандартной конфигурации компьютера (процессор Pentium III, объем оперативной памяти 64 Мб). Следует отметить, что для размещения программы необходимо около 10 Мб дискового пространства, а при работе с ортофотопланами в многопользовательском режиме используется до 100 Гб. Топографо-геодезическая база данных является уникальной основой для перехода к более эффективному автоматизированному выполнению следующих работ:

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
						70
			№			

1. обработка данных, получаемых в результате топографо-геодезических и землеустроительных работ;
2. создание и ведение дежурных планов городов и крупных предприятий;
3. выполнение графических и чертежных работ с использованием топографической основы;
4. ведение кадастровых карт и подготовка документов для ЕГРЗ в автоматизированной системе государственного земельного кадастра (АС ГЗК);
5. учет и контроль использования земель.

В круг задач, решаемых с помощью программного комплекса, входит не просто получение цифрового плана с горизонталями, а цифровой модели местности различных масштабов, включая 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:10 000, 1:25 000. На практике, как правило, создание цифровой топографической основы начинается с векторизации или сканирования существующих топографических планов и дополнением их результатами полевых работ либо созданием ортофотопланов по материалам космической съемки, аэрофотосъемки. В дальнейшем полученная цифровая топографическая основа будет корректироваться при создании опорной геодезической (межевой) сети и топографической съемке, выполнении землеустроительных работ в процессе межевания границ земельных участков и работ по разграничению государственной собственности на землю, а также съемке подземных коммуникаций. Программный комплекс предоставляет возможность обрабатывать результаты измерений с учетом требований основных нормативных документов по топографическим съемкам, инженерным изысканиям и инвентаризации земель. Для работы программного комплекса «Недра-Гео» предусмотрена автоматизированная передача данных, полученных с помощью электронных тахеометров и приемников GPS. Обработка данных осуществляется с помощью встроенной программы «Комби», которая позволяет выполнять уравнивание сетей триангуляции, трилатерации, полигонометрии (теодолитных

площадей, дерево слоев, экспорт/импорт данных, журнал регистрации действий пользователя. Программный комплекс обеспечивает настройку панели редактора под тип решаемой задачи — от простых привязок к существующим точкам до сложных операций при работе с картой.

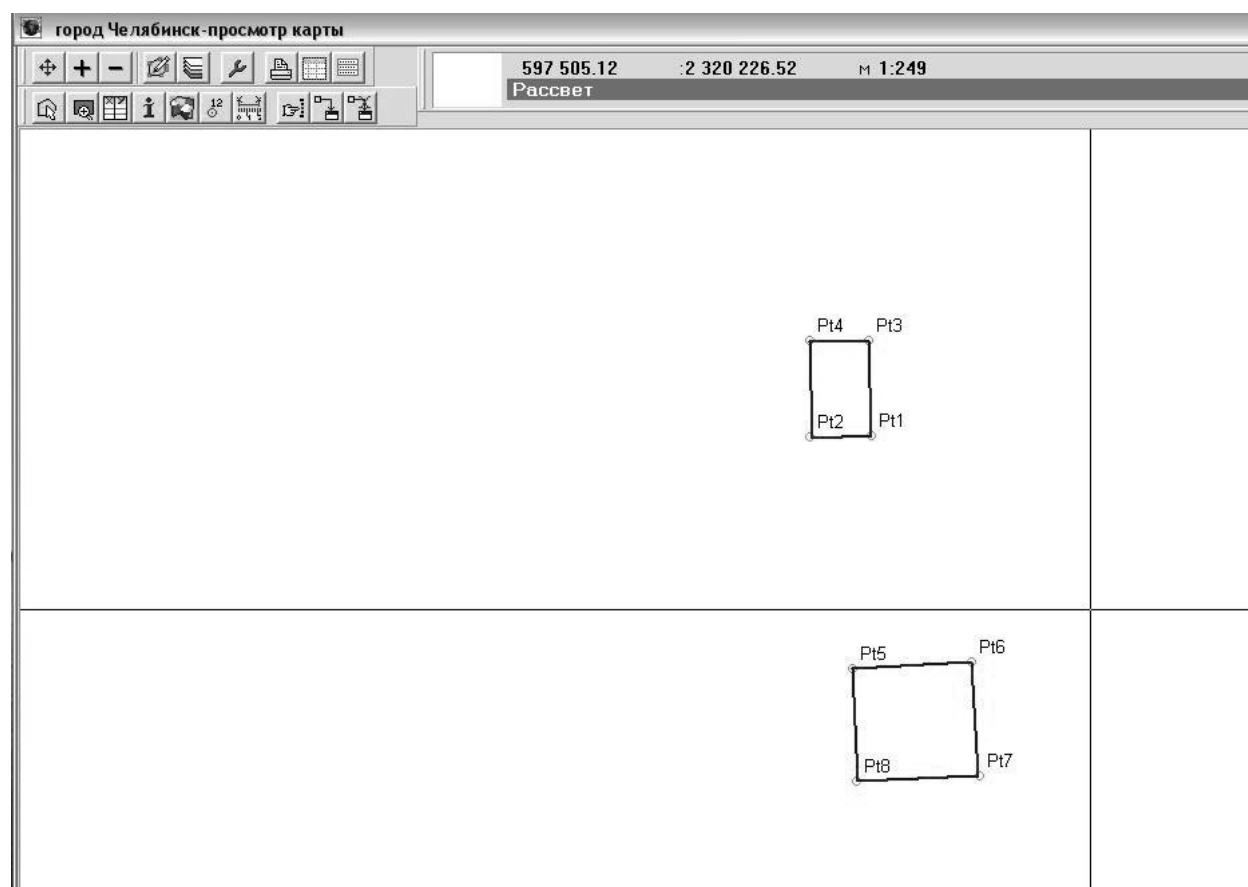


Рис. 4.11 интерфейс программы Недра-Гео

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над дипломным проектом мною были усвоены основные навыки работы с современным геодезическим оборудованием, проанализированы нормативно правовые акты, регулирующие производство кадастровых, а в особенности геодезических работ, получены навыки работы в программах, позволяющих обрабатывать и анализировать полученные данные для их передачи кадастровому инженеру.

Практическим итогом работы на территории города Оренбурга Оренбургской области, было получение мною координат 169 объектов КЭС, а именно трансформаторных и распределительных подстанций, с помощью которых в дальнейшем были сформированы межевые и технические планы.

Для работы была проанализирована теоретическая основа современных спутниковых измерений для работы с GNSS приемником, выявлены особенности применения данного прибора на объектах КЭС и получения данных с помощью него.

Особенностью работы являлось применение смартфона вместо геодезического контроллера, показавшее, что для работы в неэкстремальных или же городских условиях его использование целесообразно, так как он выполняет те же задачи, что и обычный контроллер, нисколько не уступая ему в функционале и спектре выполняемых задач, при этом имея в несколько раз меньшую стоимость.

В работе также был рассмотрен программный комплекс для обработки полученных данных с геодезического приемника, его особенности и применение на практике.

Выявленные особенности и их своевременный учет позволяют обоснованно проводить геодезические и кадастровые работы на территории города Оренбурга и в конечном итоге, уменьшить вероятность ошибки, стоимость и скорость выполнения работ на объектах КЭС.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	75
		№				

Задачи, поставленные в начале дипломной работы, выполнены в полном объеме.

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
		№				76

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон "О кадастровой деятельности" от 24.07.2007 N 221-ФЗ;
2. Федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ "О государственной регистрации недвижимости" с последними изменениями (внесенными Федеральным законом от 28.02.2018 N 36-ФЗ), вступившими в силу с 28 февраля 2018 года;
3. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 N 160 (ред. от 17.05.2016) "О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон" (вместе с "Правилами установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон");
4. Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38 - 750 кВ 14278 тм-т1 от 03.12.1993;
5. 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 незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения"
6. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 31.12.2017).
7. Приказ Министерства экономического развития РФ от 18 декабря 2015 г. № 953 "Об утверждении формы технического плана и требований к его подготовке, состава содержащихся в нем сведений, а также формы декларации об объекте недвижимости, требований к ее подготовке, состава содержащихся в ней сведений";

					21.03.02.069.2018.АС-431.ПЗ.ВКР	
						77
			№			

8. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) от 25 февраля 2014 г. N 88 г. Москва "О внесении изменений в приказ Минэкономразвития России от 23 ноября 2011 г. N 693";
9. Приказ Минэкономразвития РФ от 8 декабря 2015 г. № 921 “Об утверждении формы и состава сведений межевого плана, требований к его подготовке”;
10. Оборудование трансформаторных подстанций, как устроены подстанции. - <http://electricalschool.info/elstipod/1663-oborudovanie-transformatornykh.html>;
11. Виды трансформаторных подстанций. - <http://electricalschool.info/elstipod/1746-vidy-transformatornykh-podstancijj.html>;
12. Программный центр «Недра-Гео». - www.geoprofi.ru/Services/Doc/1779/7ed985ab2ce0474ea79a6350e6f400cd/True;
13. Ворошилов А.П. «Геодезические работы в кадастровой деятельности»: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, ЦДО, 2011. – 126 с.