

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКПБ «Оптико-электронные методы в землеустройстве
и кадастрах»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

 Е.М. Димитриади

« 1 » 09 20 23 г.

Декан ФКС


 Н.В. Гринкруг

« 1 » 09 20 23 г.

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети
методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона
КНАГУ»

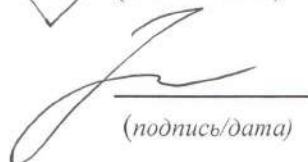
Комплект конструкторской / проектной документации

Руководитель СКПБ


(подпись/дата)

В.И. Зайков

Руководитель проекта


(подпись/дата)

В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2024

Карточка проекта

Наименование проекта	«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КНАГУ»
Тип проекта	техническое творчество (инициативный)
Исполнители	Крючек Никита Сергеевич гр.3КЗм-1 <i>К.С.</i>
Срок реализации	Начало выполнения – октябрь 2023 Окончание выполнения – декабрь 2023

Использованное оборудование и программное обеспечение

Наименование	Количество, шт.
Электронный тахеометр SET 650 RX	1
ПО SDR basic	1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ

на разработку

Название проекта

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ»

Назначение

Выполнить проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ

Объект исследования - высокоточная геодезическая сеть на базе геодезического полигона КнАГУ

Требования

- обеспечить проектирование и расчет высокоточной геодезической сети в соответствии с заданными параметрами

План работ:

Наименование работ	Срок
Теоретическое обоснование проекта и формирование каталога исходных данных	<i>октябрь 2023г</i>

Выполнение комплекса геодезических измерений методом оптико-электронной тахеометрии	ноябрь 2023 г
Оформление отчета по выполненному проекту	декабрь 2023 г

Руководитель СКПБ



(подпись/дата)

В.И. Зайков

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

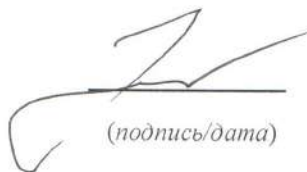
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

(техническое описание) проекта

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети
методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона
КНАГУ»

Руководитель проекта



(подпись/дата)

В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2024

Содержание

1 Общие положения	7
1.1 Наименование проекта (изделия).....	7
1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия.....	7
1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия	7
1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	8
2 Назначение и теоретическое обоснование проекта.....	9
2.1 Назначение проекта (изделия).....	9
2.2 Область использования проекта (изделия).....	9
2.3 Теоретическое обоснование проекта (изделия).....	9
3 Методика реализации проекта	13
4 Разработка методики проектирования и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КНАГУ	20
5 Заключение.....	33

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		6

Общие положения

Настоящий паспорт (техническое описание) является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими параметрами, интерфейсом аппаратно-программного обеспечения, технологией установки и эксплуатации разработанного проекта.

1.1 Наименование проекта (изделия)

Полное наименование проекта –

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ»

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Разработка проекта «Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителем проекта «Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
						7
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

на базе геодезического полигона КнАГУ» является конструктор студенческого конструкторского/проектного бюро «Оптико-электронные методы в землеустройстве и кадастрах» (далее СКПБ), студент: Крючек Никита Сергеевич, гр. 3КЗм-1

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		8

2 Назначение и теоретическое обоснование проекта

2.1 Назначение проекта (изделия)

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КНАГУ»

Аппаратно-программный комплекс для реализации проекта состоит из следующих компонентов:

- электронный тахеометр SET650RX;
- программный модуль ПО SDR basic

2.2 Область использования проекта (изделия)

«Инженерно-геодезическое обеспечение земельно-кадастровых работ и топографических съемок»

2.3 Теоретическое обоснование проекта (изделия) и формирование каталога исходных данных

На основании исходных данных выполнить математическую обработку результатов измерения и графически оформить план геодезической опорной сети сгущения в масштабе 1:5000.

Требования к проектированию и порядок расчета:

1. Графически оформить схему измеренных направлений в произвольном масштабе;
2. Выполнить обработку полученных результатов в ведомости уравнивания геодезических углов;
3. Выполнить расчет дирекционных углов по линиям хода;
4. Выполнить расчет координат пунктов сети;
5. Составить каталог координат пунктов сети, дирекционных углов и горизонтальных проложений;
6. Оформить план в масштабе 1:5000.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		9

Формирование каталога исходных данных

Каталог исходных данных и результаты полевых измерений представлены в таблицах 1 и 2, схема полигона – на рисунке 1.

Таблица 1 – Каталог исходных данных

Название пункта	Координаты	Горизонтальное проложение	Дирекционный угол	Переход на пункт 2
1	$x_1 = 3342,8$ м.,	563,235 м.	137° 15' 09"	2
	$y_1 = 2742,6$ м.			

Таблица 2 – Результаты полевых измерений

Номер геодезического треугольника	Номер угла	Значение		
		Градусы	Минуты	Секунды
I	1	30	30	21
	3	83	28	19
	2	66	01	32
II	5	38	32	14
	6	94	18	12
	4	47	09	16
III	7	43	23	32
	9	97	06	25
	8	39	29	48
IV	11	66	54	29
	12	85	7	0
	10	27	58	28

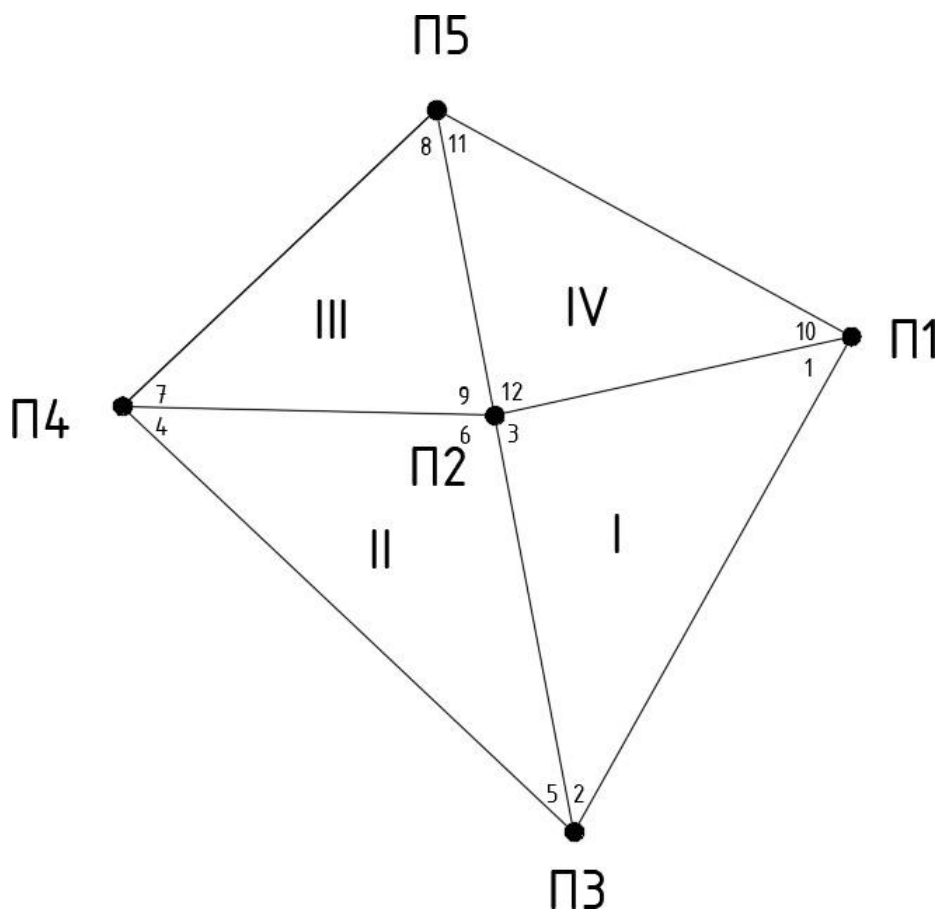


Рисунок 1 – Схема полигона в произвольном масштабе

Выполнение комплекса геодезических измерений методом электронной тахеометрии

Современное геодезическое оборудование отличается высокой производительностью, точностью, удобством в использовании. В настоящий момент геодезические приборы представляют собой измерительные комплексы, позволяющие оперативно получать и обрабатывать результаты измерений, проводить анализ полученных данных и предоставлять конечные результаты. Отличительной чертой такого рода оборудования является развитое программное обеспечение, разработанное для решения широкого спектра задач, высокая степень интеграции различных средств измерений, неотъемлемая связь процесса измерений с компьютерной постобработкой данных. Примерами такого оборудования служат электронные тахеометры (производства компаний Trimble, Leica, Topcon), геодезические спутниковые

GNSS-приемники, наземные лазерные сканеры, система Smart Station производства фирмы Leica.

Несмотря на очевидные преимущества применения таких приборов, к пользователю предъявляются особые требования, связанные с наличием у него определенных технических навыков работы со сложным, высокотехнологичном с технической и программной точек зрения оборудованием.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		12

3 Методика реализации проекта

Разбивочные работы

Работы по выносу в натуру являются одной из основных задач прикладной геодезии. Они являются основополагающим процессом в любом строительном процессе. От их качества и объема во многом зависят не только геометрические параметры возводимого сооружения, но и даже его долговечность и прочность.

Суть разбивочных работ заключается в нахождении каким-либо доступным способом проектного положения на местности интересующих нас объектов. Существует большое количество способов разбивочных работ. К ним можно отнести: способ линейных засечек, способ угловой засечки, способ створных и створно-линейных засечек, способ полярных координат и многие другие.

При помощи электронного тахеометра, благодаря возможности быстрого и точного измерения расстояний легко может быть реализован любой из перечисленных методов. Но особой популярностью на практике пользуется способ полярных координат.

Принцип способа полярных координат заключается в нахождении планового положения искомой точки путем отложения проектного горизонтального угла и проектного значения расстояния. Таким образом, для нахождения планового положения точки на местности необходимо рассчитать горизонтальный угол и расстояние относительно существующих пунктов планового обоснования.

Внедрение тахеометров наложило отпечаток на эволюцию данного способа разбивочных работ. Благодаря тому, что программа тахеометра по координатам станции и проектным координатам выносимой в натуру точки способна вычислять разбивочные элементы, отпала необходимость вычислять проектные расстояния и углы. Вместо этого теперь чаще оперируют с прямоугольными координатами, вычисляемыми при помощи редакторов векторных данных, что, особенно в случае с домостроением, существенно

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		13

упрощает процесс работ. Из-за того, что в настоящее время, в этом способе в качестве разбивочных элементов фигурируют прямоугольные координаты, на практике данный метод получил название координатного.

В основе координатного метода разбивки лежит вычисление любым доступным методом проектных прямоугольных координат интересующих нас точек (к примеру: пересечений осей зданий, параллелей осей или их смещений, координат краев стен, колонн и прочих несущих конструкций и их смещений, осей дорог, характерных точек трасс инженерных коммуникаций), с последующим выносом указанных точек в натуру при помощи электронного тахеометра.

Непосредственно процесс выноса в натуру состоит из нескольких этапов: определения координат станции, отложение разбивочных элементов, закрепление точек на местности. Основным способом определения координат станции на сегодняшний момент является обратная линейно-угловая засечка. После определения пространственных координат точки стояния прибора производятся непосредственно разбивочные работы. Они заключаются в непосредственном введении координат точек для выноса или в извлечении этих координат из памяти прибора, вычислении микропроцессором прибора по координатам станции и точки для выноса в натуру разбивочных элементов и отложении этих разбивочных элементов на местности: горизонтального угла и горизонтального проложения.

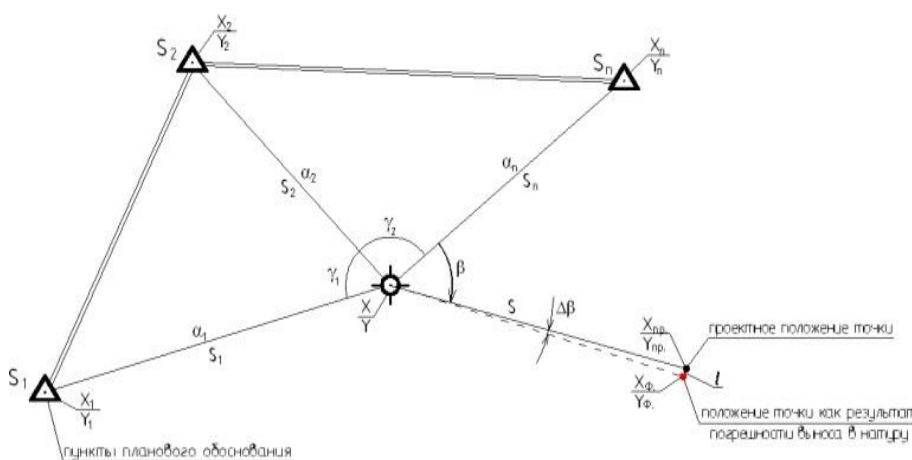


Рисунок 2 - Принцип координатного метода разбивочных работ

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

Рассмотрим процесс выполнения разбивочных работ при помощи тахеометра SET 530 RK-3.

Меню Вынос в натуру находится на второй странице Основного меню измерений (см. Рисунок 3). Для начала разбивочных работ следует нажать клавишу F4. Меню Выноса в натуру представлено на Рисунке 4. Для начала разбивочных работ необходимо выбрать пункт Данные для выноса (см. Рисунок 5). В этом пункте меню предлагается ввести

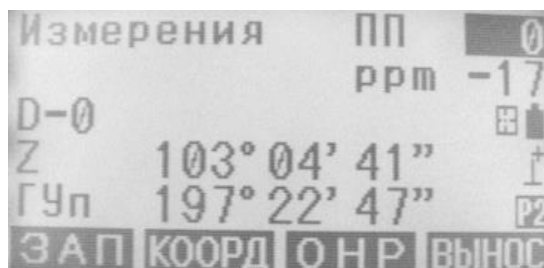


Рисунок 3 – Окно Основного меню измерений координаты выносимой в натуру точки

Координаты могут быть введены вручную при помощи цифровой клавиатуры, либо извлечены из памяти нажатием программной клавиши F1. После ввода координат необходимо дать подтверждение нажатием клавиши F4, либо нажатием кнопки «Enter». Таким образом программа вычисляет разбивочные элементы относительно координат станции (горизонтальный угол и горизонтальное проложение) и выводит их в следующем окне, показанном на Рисунке 6.

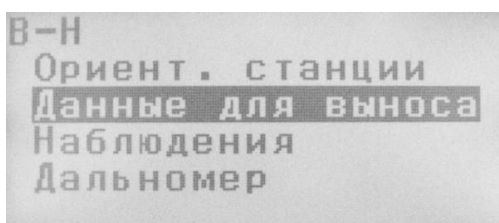


Рисунок 4 - Меню Выноса в натуру

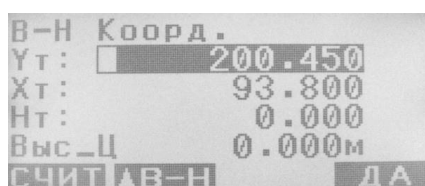


Рисунок 5 - Ввод координат выносимой в натуру точки

В этом окне показаны текущие значения горизонтального угла и зенитного расстояния, но, самое важное, показан проектный угол, который необходимо отложить (верхняя строка). Отложение угла осуществляется поворотом алидады тахеометра в сторону, в которую указывает стрелка возле значения угла. Проектный угол будет считаться отложенным, когда значение угла на дисплее будет равно или близко к $0^{\circ}00'00''$.

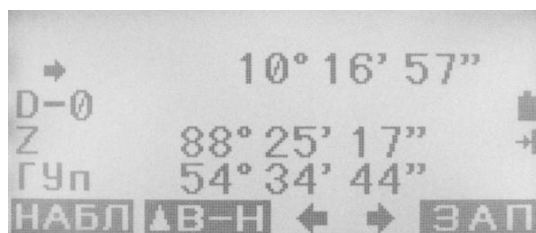


Рисунок 6 – Выполнение выноса в натуру

Встает вопрос о том насколько точно необходимо отложить угол, что бы влияние погрешности отложения не оказывало влияния на результат разбивочных работ. Дело в том, что при выполнении большого объема разбивочных работ постоянная кропотливая установка значения угла $0^{\circ}00'00''$ может отнять много времени. Обратимся к классической формуле влияния погрешности отложения угла (4), выраженной в линейной мере, задавшись условием, что это влияние не должно быть более 1 мм.

Если расстояние до выносимой точки составляет 10 м, то влияние ошибки отложения угла будет менее 1 мм при $\Delta < 21''$, при $S = 30$ м $\Delta < 7''$. Следовательно, при выполнении разбивочных работ неточная установка значения проектного угла может иметь место только при работе с очень короткими линиями. Поскольку влияние погрешности отложения угла, выраженной в линейной мере, возрастает прямо пропорционально увеличению расстояния, расчет ясно показывает, что к отложению проектного угла следует подходить со всей ответственностью.

Итак, после установки значения проектного угла, установки отражателя в створ и выполнения измерения расстояния на установленный отражатель (осуществляется нажатием клавиши F1 – «НАБЛ»), программой производится вычисление поправки во второй разбивочный элемент – в горизонтальное

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16

положение. При этом окно работы выглядит, как показано на Рисунке 45. Как видно, в верхней строке появилось значение поправки в расстояние, и, направление, в котором следует перемещать отражатель. В данном конкретном случае отражатель необходимо переместить на 221,07 метра в сторону от прибора вдоль установленного створа (линии визирования). При значении поправки в расстояние менее 10 мм, стрелка в левом верхнем углу дисплея, показывающая направление перемещения отражателя, перестает отображаться, и ориентироваться следует по знаку поправки: положительная поправка свидетельствует о необходимости перемещения отражателя к прибору, отрицательная – от прибора. Также следует заметить, что при отложении проектного угла положительное значение угла свидетельствует о необходимости вращать алидаду прибора по часовой стрелке, отрицательное – против часовой стрелки.

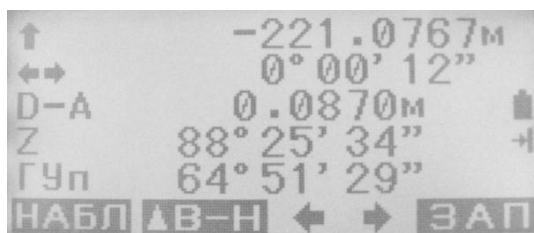


Рисунок 7 – Выполнение выноса в натуру

Таким образом руководствуясь поправками, вычисляемыми прибором методом последовательных приближений добиваются того что бы отражатель был установлен в проектной точке. Значения поправок в этом положении отражателя будут равны нулю.

После завершения выноса точки следует нажать кнопку «Esc» для продолжения работы. При этом будет вновь выведено окно ввода проектных координат точки (Рисунок 5).

Описанный метод в настоящее время применяется в подавляющем числе случаев. Однако целесообразно остановиться на рассмотрении еще одного способа разбивки.

При выносе в натуру сетки строительных осей, в случае, когда оси строительной системы координат параллельны сетке строительных осей очень

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		17

удобно производить разбивку путем сравнения полученных координат произвольной точки с координатой конкретной оси. Поскольку строительная ось закрепляется на местности как минимум двумя, а чаще несколькими точками, лежащими на одной прямой, то конкретное плановое положение точек, фиксирующих эту ось в направлении вдоль оси несущественно. Именно поэтому при выносе в натуру нас будет интересовать только координата, остающаяся неизменной для всех точек этой оси, а координатой обозначающей положение точки на оси можно пренебречь. Поскольку строительные оси на местности параллельны осям строительной системы координат, то при выносе конкретной оси нет необходимости оперировать двумя координатами одновременно. Достаточно установить отражатель в произвольном месте, и, сравнивая проектную и полученную координату, перемещать отражатель таким образом, что бы эти координаты совпали, что будет свидетельствовать о том, что он находится в точке, через которую проходит искомая ось.

Данный метод также удобен, когда необходимо закрепить строительные оси на вертикальной опалубке, стене здания, шпунтовом ограждении котлована или стены в грунте. Для этого следует в безотражательном режиме измерений непрерывно производить определение координат точек конструкции, на которую выносится ось, при этом плавно поворачивая алидаду прибора. Совпадение координаты оси с полученной координатой будет означать то, что прибор точно наведен на точку вертикальной плоскости, через которую проходит данная ось. Принцип этого способа продемонстрирован на Рисунке 46. Особое внимание следует обратить на тот факт, что при выносе с помощью данного способа осей на вертикальные стены нужно избегать визирования под острым углом к этим конструкциям.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		18

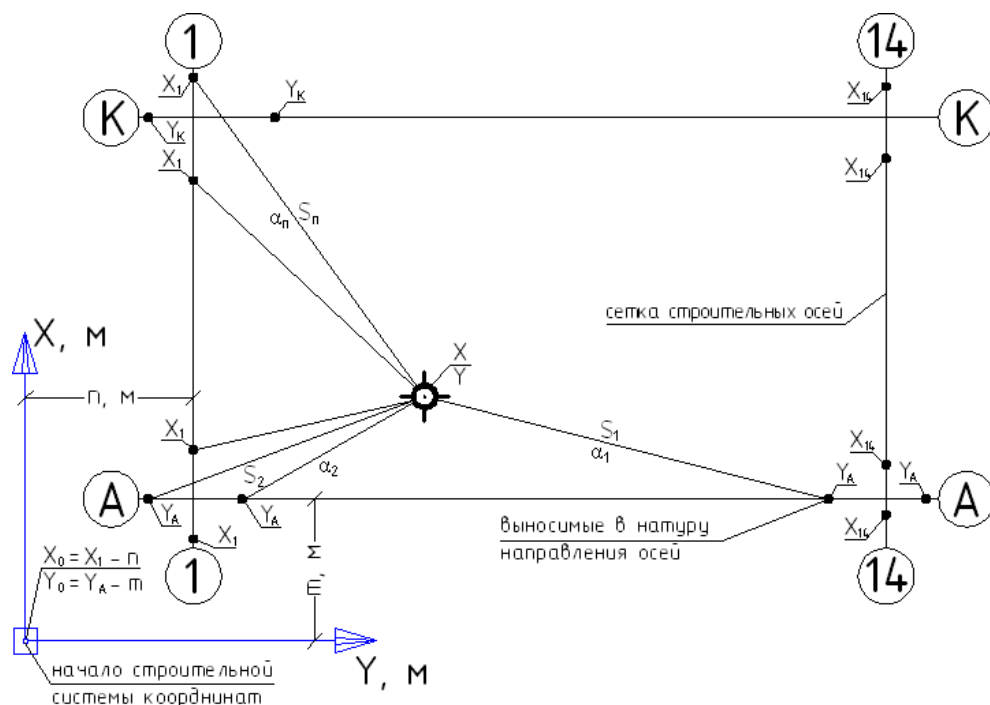


Рисунок 8 - Вынос в натуру сетки строительных осей здания методом сравнения координат

Для работы этим методом удобно воспользоваться описанным выше режимом работы Координаты (Рисунок 9).

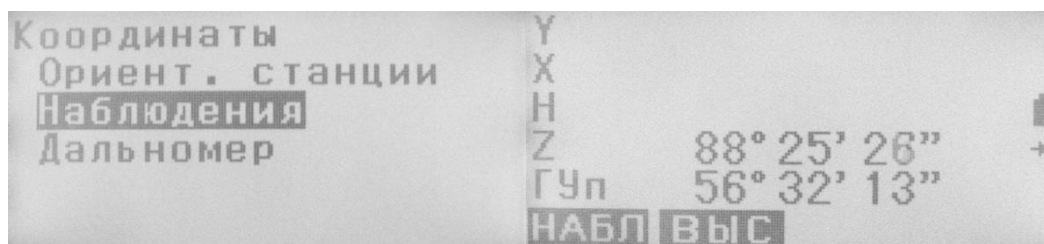


Рисунок 9 - Режим работы Координаты может быть использован при выносе в натуру сетки строительных осей возводимых зданий

4 Разработка методики проектирования и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КНАГУ

Составление схемы измеренных направлений

Переносим из варианта задания схему измеренных направлений сети триангуляции (рисунок 2), обозначаем на ней названия пунктов, показываем исходную сторону «пункт 1 – пункт 2», нумеруем треугольники римскими цифрами, обозначаем промежуточные стороны и углы, выписываем измеренные направления.

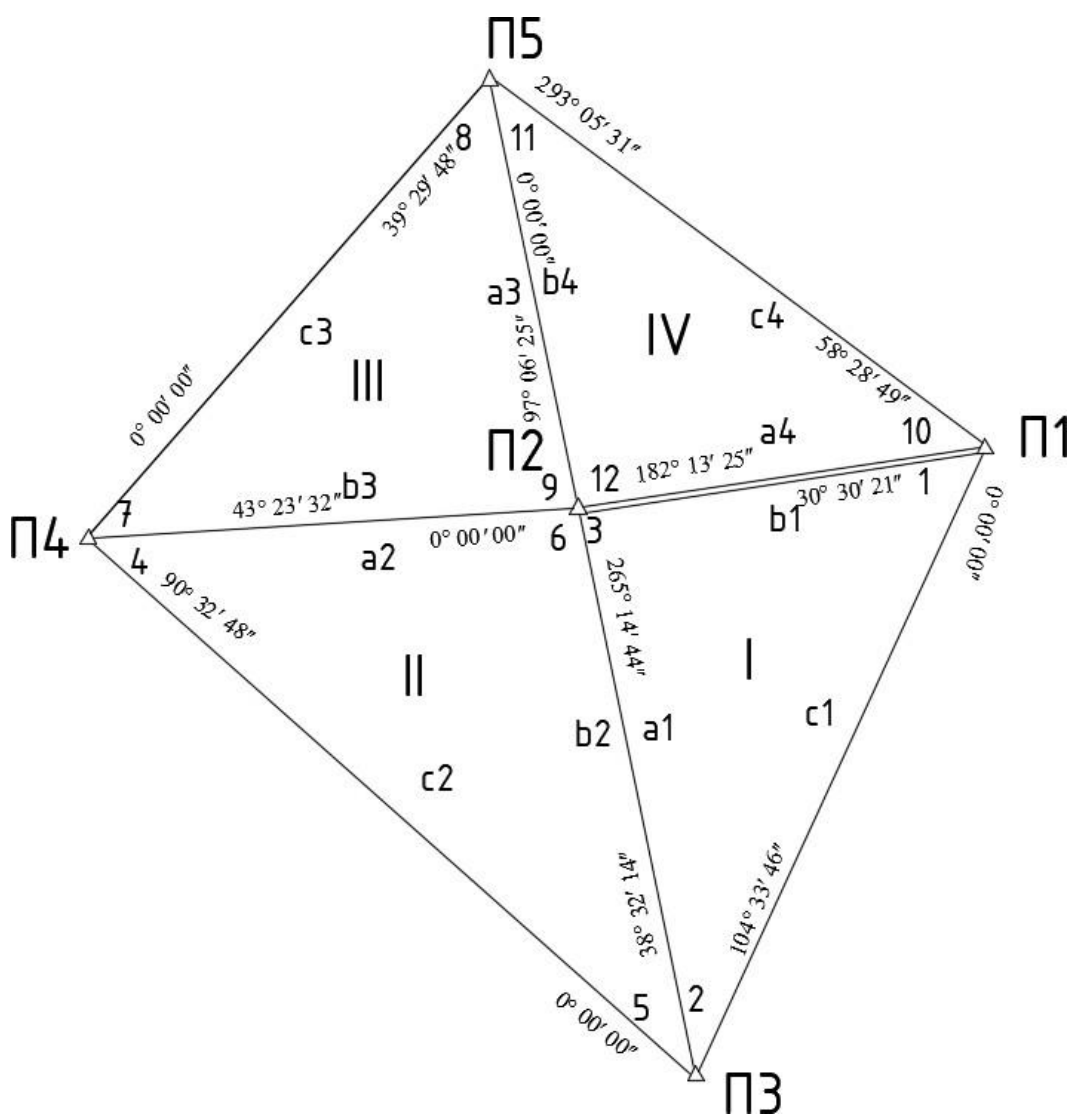


Рисунок 10 – Схема измеренных направлений сети триангуляции

Составление схемы направлений, приведенных к центрам пунктов

Вычисляем направления, приведенные к центрам пунктов, результаты вычислений записываем в таблицу 3. По данным таблицы 3 составляем схему направлений, приведенных к центрам пунктов (рисунок 3). Так же вычисляем сумму углов треугольников и невязку W по формуле:

$$W = \sum \text{углов} - 180^\circ 00' 00''$$

Невязка не должна превышать $40''$.

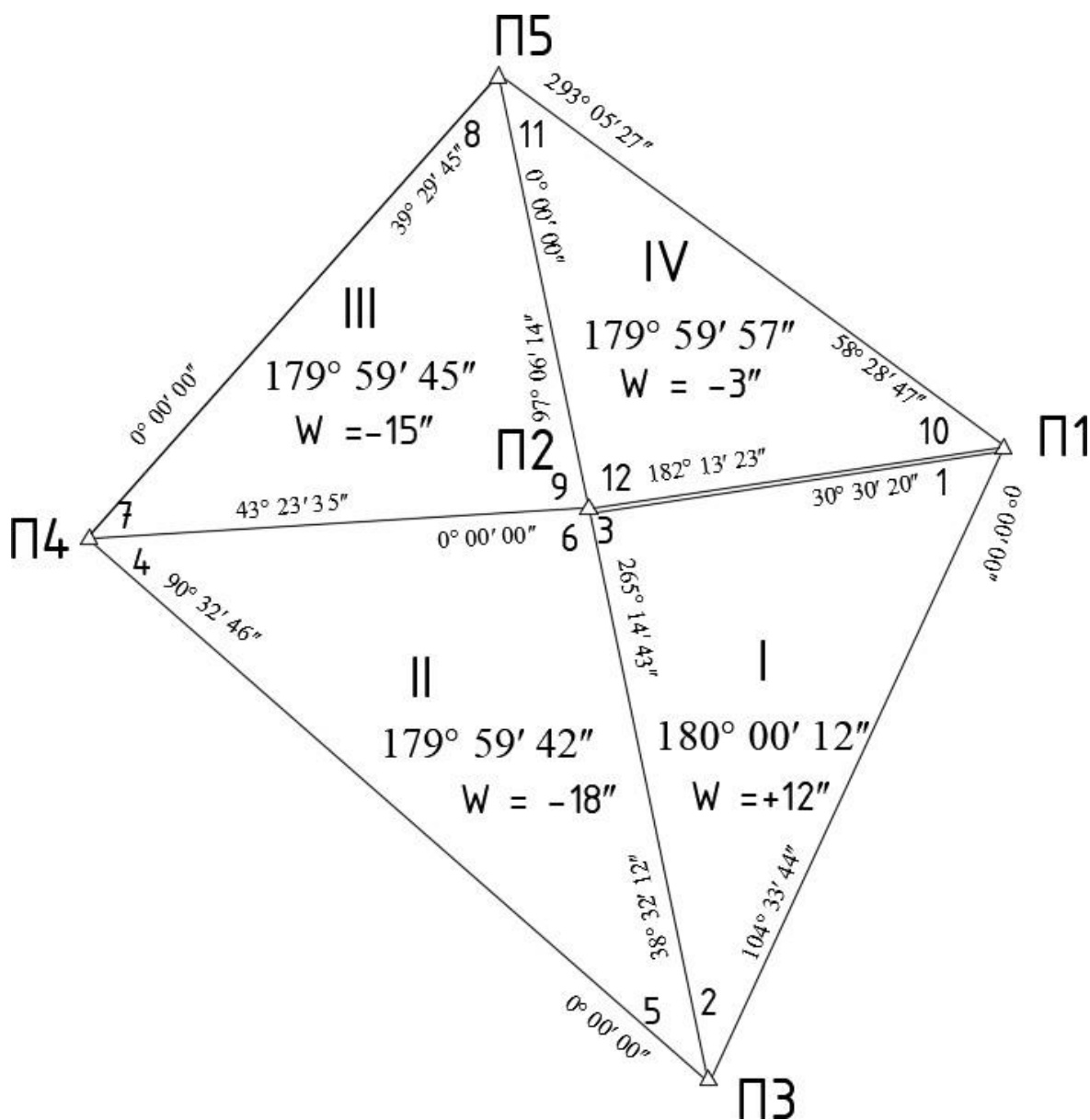


Рисунок 11 – Схема направлений, приведенных к центрам пунктов

Таблица 3 – Направления, приведенные к центрам пунктов

Направление	Измеренное направление	C"	r"	(c + r)"	(c + r)" ₀	Направления, приведенные к центрам пунктов
1-3	0° 00' 00"	-	-2,4	-2,4	0	0° 00' 00"
1-2	30° 30' 21"	-	-3,2	-3,2	-0,8	30° 30' 20"
1-5	58° 28' 49"	-	-4,0	-4,0	-1,6	58° 28' 47"
2-4	0° 00' 00"	+0,3	-	+0,3	0	0° 00' 00"
2-5	97° 06' 25"	-3,9	-7,7	-11,6	-11,	97° 06' 14"
2-1	182° 13' 25"	+12	-2,4	-1,2	-1,5	182° 13' 23"
2-3	265° 14' 44"	+2,1	-2,5	-0,4	-0,7	265° 14' 43"
3-4	0° 00' 00"	-	-	-	0	0° 00' 00"
3-2	38° 32' 14"	-	-2,3	-2,3	-2,3	38° 32' 12"
3-1	104° 33' 46"	-	-1,9	-1,9	-1,9	104° 33' 44"
4-5	0° 00' 00"	+1,8	-2,2	-0,4	0	0° 00' 00"
4-2	43° 23' 32"	+0,7	+2,0	+2,7	+3,	43° 23' 35"
4-3	90° 32' 48"	-1,0	-1,6	-2,6	-2,2	90° 32' 46"
5-2	0° 00' 00"	-0,8	+4,1	+3,3	0	0° 00' 00"
5-4	39° 29' 48"	-1,3	-	-1,3	-4,6	39° 29' 45"
5-1	293° 05' 31"	+0,2	-0,6	-0,4	-3,7	293° 05' 27"

Вычисляем среднюю квадратическую погрешность измерения угла по невязкам W в треугольниках по формуле:

$$m_{\beta} = \frac{\sqrt{W^2}}{3N}$$

где N – число треугольников

$$m_{\beta} = \frac{\sqrt{108^2}}{12} = 3,0''$$

Ведомость уравнивания горизонтальных углов

Порядок вычислений:

1. В ведомость уравнивания (таблица 4) со схемы триангуляции (рисунок 11) выписываем измеренные углы, приведенные к центрам пунктов.

2. Вычисляем первые поправки фигур по формуле: $(i)'_k = -1/3 W_k$.

Поправки округляем до целых секунд так, чтобы их сумма была равна невязке с противоположным знаком. Результаты вычислений записываем в таблицу 4.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		23

Таблица 4 – Ведомость уравнивания горизонтальных углов

№ геод. триуг.	№ углов	Значение углов, β_i	Первичные поправки			β_i	(i)	β_i , уравненное	$\sin\beta_i$	$S_{1, m}$
			(i ₁)'	(i ₂)'	$\sum (i)''$					
I	1	30° 30' 21"	- 4"	+ 1"	- 3"	30° 30' 18"	+ 5"	30° 30' 23"	0,507689	$S_{2-3} = 312,961$
	3	83° 28' 19"	- 4"	- 1"	- 5"	83° 28' 14"	-	83° 28' 14"	0,993512	$S_{1-3} = 612,443$
	2	66° 01' 32"	- 4"	0	- 4"	66° 01' 28"	- 5"	66° 01' 23"	0,913687	$S_{1-2} = 563,235$
	$\sum \beta_i$	180° 00' 12"				180° 00' 00"	0	180° 00' 00"		$q = 616,442$
	W	+ 12"	- 12"	0	- 12"					
II	5	38° 32' 14"	+ 6"	+ 1"	+ 7"	38° 32' 21"	+ 5"	38° 32' 26"	0,623061	$S_{2-4} = 265,972$
	6	94° 18' 12"	+ 6"	- 1"	+ 5"	94° 18' 17"	-	94° 18' 17"	0,997185	$S_{3-4} = 425,677$
	4	47° 09' 16"	+ 6"	0	+ 6"	47° 09' 22"	- 5"	47° 09' 17"	0,733137	$S_{2-3} = 312,961$
	$\sum \beta_i$	179° 59' 42"				180° 00' 00"	0	180° 00' 00"		$q = 426,879$
	W	- 18"	+ 18"	0	+ 18"					
III	7	43° 23' 32"	+ 5"	+ 1"	+ 6"	43° 23' 38"	+ 5"	43° 23' 43"	0,687088	$S_{5-2} = 287,302$
	9	97° 06' 25"	+ 5"	- 1"	+ 4"	97° 06' 29"	-	97° 06' 29"	0,992310	$S_{4-5} = 414,928$
	8	39° 29' 48"	+ 5"	0	+ 5"	39° 29' 53"	- 5"	39° 29' 48"	0,636078	$S_{2-4} = 265,972$
	$\sum \beta_i$	179° 59' 45"				180° 00' 00"	0	180° 00' 00"		$q = 418,144$
	W	- 15"	+ 15"	0	+ 15"					
IV	11	66° 54' 29"	+ 1"	0	+ 1"	66° 54' 30"	+ 5"	66° 54' 35"	0,919890	$S_{2-1} = 563,499$
	12	85° 07' 00"	+ 1"	0	+ 1"	85° 07' 01"	-	85° 07' 01"	0,996375	$S_{1-5} = 610,351$
	10	27° 58' 28"	+ 1"	0	+ 1"	27° 58' 29"	- 5"	27° 58' 24"	0,469009	$S_{5-2} = 287,302$
	$\sum \beta_i$	179° 59' 57"				180° 00' 00"	0	180° 00' 00"		$q = 612,572$
	W	- 3"	+ 3"	0	+ 3"					

3. Вычисляем предварительно исправленные углы при центральном пункте 2, для чего находим невязку W_{Γ} за условие горизонта (таблица 5).

4. Вычисляем вторые поправки, в каждый из связующих углов треугольников в размере половины поправки за условие горизонта в центральный угол с противоположным знаком.

5. Вычисляем первичную поправку по формуле: $(i)' = (i) / 4 + (i)$.

Таблица 5 – Расчет второй первичной поправки

№ ц.у.	β_i , центр.	$(i_1)'$	β_i , исправ.	$(i_1)'_{ц}$
3	83° 28' 19"	- 4"	83° 28' 15"	- 1"
6	94° 18' 12"	+ 6"	94° 18' 18"	- 1"
9	97° 06' 25"	+ 5"	97° 06' 30"	- 1"
12	85° 07' 00"	+ 1"	85° 07' 01"	0"

$$\sum \beta_i \text{ испр.} = 360^{\circ} 00' 03''$$

$$W_{\Gamma} = + 03''$$

$$(i_1)'_{ц} = (-1/4) \cdot W_{\Gamma} = 0,75''$$

6. Вторичные поправки в связующие углы находим по первично исправленным углам i' (A_k и B_k). Вычисления выполняем по формулам, помещенным в соответствующих местах схемы решения задачи (таблица 6). Знаками П1 и П2 обозначены произведения синусов углов, записанных в соответствующих столбцах таблицы 6.

Таблица 6 – Расчет вторичной поправки

№ пр. св. уг.	β_{Ak}	$\sin \beta_{Ak}$	$\text{ctg } \beta_{Ak}$	№ лев. св. уг.	B_{Bk}	$\sin \beta_{Bk}$	$\text{ctg } \beta_{Bk}$	$qAk + qBk$	$Ak = - Bk$
1	30° 30' 18"	0,5075	1,70	2	66° 01' 28"	0,9137	0,44	2,14	-4,8"
5	38° 32' 21"	0,6231	1,26	4	47° 09' 22"	0,7333	0,93	2,19	-4,8"
7	43° 23' 38"	0,6870	1,06	8	39° 29' 53"	0,6361	1,21	2,27	-5,1"
11	66° 54' 30"	0,9199	0,43	10	27° 58' 29"	0,4690	1,88	2,31	-5,2"

$$\Pi_1 = 0,199844$$

$$\Pi_2 = 0,199887$$

$$W'' = \left(\frac{\Pi_1}{\Pi_2} - 1 \right) \cdot \rho''$$

$$k = \frac{-44,37}{19,86} = -2,23$$

$$W'' = \left(\frac{0,199844}{0,199887} - 1 \right) \cdot 206265 = -44,37$$

$$i_A'' = i_B''$$

$$k = \frac{W''}{\Sigma(qAk+qBk)^2} = -2,23$$

$$i'' = k \cdot (qAk+qBk)^2$$

Контроль вычислений: сумма уравненных углов в треугольнике равна 180°.

Расчет горизонтальных проложений

Расчет горизонтальных проложений осуществляем по теореме синусов:

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = q$$

Треугольник 1:

$$q = \frac{S_{1-2}}{\sin\beta_2}$$

$$q = \frac{563,235}{0,913687} = 616,442$$

$$S_{2-3} = q \cdot \sin \beta_1$$

$$S_{2-3} = 616,442 \cdot 0,507689 = 312,961$$

$$S_{1-3} = q \cdot \sin \beta_3$$

$$S_{1-3} = 616,442 \cdot 0,993512 = 612,443$$

Треугольник 2:

$$q = \frac{S_{2-3}}{\sin\beta_4}$$

$$q = \frac{312,961}{0,733137} = 426,879$$

$$S_{2-4} = q \cdot \sin \beta_5$$

$$S_{2-4} = 426,879 \cdot 0,623061 = 265,972$$

$$S_{3-4} = q \cdot \sin \beta_6$$

$$S_{3-4} = 426,879 \cdot 0,997185 = 425,677$$

Треугольник 3:

$$q = \frac{S_{2-4}}{\sin\beta_8}$$

$$q = \frac{265,972}{0,636078} = 418,144$$

$$S_{5-2} = q \cdot \sin \beta_7$$

$$S_{5-2} = 418,144 \cdot 0,687088 = 287,302$$

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		27

$$S_{4-5} = q \cdot \sin \beta_9$$

$$S_{4-5} = 418,144 \cdot 0,992310 = 414,928$$

Треугольник 4:

$$q = \frac{S_{5-2}}{\sin \beta_{10}}$$

$$q = \frac{287,302}{0,469009} = 612,572$$

$$S_{1-5} = q \cdot \sin \beta_{12}$$

$$S_{1-5} = 612,572 \cdot 0,996375 = 610,351$$

$$S_{2-1} = q \cdot \sin \beta_{11}$$

$$S_{2-1} = 612,572 \cdot 0,919890 = 563,499$$

Контроль решения: вычисленное значение исходной стороны не отличается от заданного более 5 см.

Таблица 7 – Вычисление сторон треугольников

№ Треуголь-ника	Название пункта	Номер угла	Значение угла	Sin Уг-ла	Длина стороны (м.)
I	1	1	30°30'21"	0,50768	310 (a1)
	2	3	83°28'19"	0,99351	610 (c1)
	3	2	66°01'32"	0,91368	560 (b1)
					qI = 620
II	3	5	38°32'14"	0,62306	270 (a2)
	2	6	94°18'12"	0,99718	430 (c2)
	4	4	47°09'16"	0,73313	310 (b2)
					qII = 430
III	4	7	43°23'32"	0,68708	290 (a3)
	2	9	97°06'25"	0,99231	410 (c3)
	5	8	39°29'48"	0,63607	270 (b3)
					qIII = 420
IV	5	11	66°54'29"	0,91989	560 (a4)
	2	12	85°07'00"	0,99637	610 (c4)
	1	10	27°58'28"	0,46900	290(b4)
					qIV = 610

Контроль:

					СКПБ ОЭМЗК. 1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		28

$b_1 = a_4$ выч; 560 = 560 – расхождений нет, вычисления произведены верно.

Расчёт координат пунктов

Вычисляем координаты пунктов центральной системы, решая прямую геодезическую задачу.

$$\alpha_{1-2} = 137^\circ 15' 09''$$

$$\alpha_{2-3} = 180^\circ + \alpha_{1-2} + \beta_3$$

$$\alpha_{2-3} = 180^\circ + 137^\circ 15' 09'' + 83^\circ 28' 14'' = 400^\circ 43' 23''$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} - 180^\circ - \beta_5$$

$$\alpha_{3-4} = 400^\circ 43' 23'' - 180^\circ - 38^\circ 32' 26'' = 182^\circ 10' 57''$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4 - \beta_7$$

$$\alpha_{4-5} = 182^\circ 10' 57'' + 180^\circ - 47^\circ 09' 17'' - 43^\circ 23' 43'' = 271^\circ 37' 57''$$

$$\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_8 - \beta_{11}$$

$$\alpha_{5-1} = 271^\circ 37' 57'' + 180^\circ - 39^\circ 29' 48'' - 66^\circ 54' 35'' = 345^\circ 13' 34''$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} - 180^\circ - \beta_{10}$$

$$\alpha_{1-2} = 345^\circ 13' 34'' - 180^\circ - 27^\circ 58' 24'' = 137^\circ 15' 10''$$

$$X_1 = 3342,8 \text{ м}; Y_1 = 2742,6 \text{ м}$$

$$X_2 = X_1 + S_{1-2} \cdot \cos\alpha_{1-2}$$

$$X_2 = 3342,8 + 563,235 \cdot \cos(137^\circ 15' 09'') = 2929,2 \text{ (м)}$$

$$Y_2 = Y_1 + S_{1-2} \cdot \sin\alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = 2742,6 + 563,235 \cdot \sin(137^\circ 15' 09'') = 3124,9 \text{ (м)}$$

$$X_3 = X_2 + S_{2-3} \cdot \cos\alpha_{2-3}$$

$$X_3 = 2929,2 + 312,961 \cdot \cos(400^\circ 43' 23'') = 3166,4 \text{ (м)}$$

$$Y_3 = Y_2 + S_{2-3} \cdot \sin\alpha_{2-3}$$

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		29

$$Y_3 = 3124,9 + 312,961 \cdot \sin(400^\circ 43' 23'') = 3329,1 \text{ (м)}$$

$$X_4 = X_3 + S_{3-4} \cdot \cos\alpha_{3-4}$$

$$X_4 = 3166,4 + 425,677 \cdot \cos(182^\circ 10' 57'') = 2741,0 \text{ (м)}$$

$$Y_4 = Y_3 + S_{3-4} \cdot \sin\alpha_{3-4}$$

$$Y_4 = 3329,1 + 425,677 \cdot \sin(182^\circ 10' 57'') = 3312,9 \text{ (м)}$$

$$X_5 = X_4 + S_{4-5} \cdot \cos\alpha_{4-5}$$

$$X_5 = 2741,0 + 414,928 \cdot \cos(271^\circ 37' 57'') = 2752,8 \text{ (м)}$$

$$Y_5 = Y_4 + S_{4-5} \cdot \sin\alpha_{4-5}$$

$$Y_5 = 3312,9 + 414,928 \cdot \sin(271^\circ 37' 57'') = 2898,1 \text{ (м)}$$

$$X_1 = X_5 + S_{5-1} \cdot \cos\alpha_{5-1}$$

$$X_1 = 2752,8 + 610,351 \cdot \cos(345^\circ 13' 34'') = 3342,9 \text{ (м)}$$

$$Y_1 = Y_5 + S_{5-1} \cdot \sin\alpha_{5-1}$$

$$Y_1 = 2898,1 + 610,351 \cdot \sin(345^\circ 13' 34'') = 2742,5 \text{ (м)}$$

Контроль вычисления координат пунктов: координаты исходного пункта 1, полученные в результате решения задачи не отличаются от заданных более чем на 5 см.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		30

Составление каталога координат

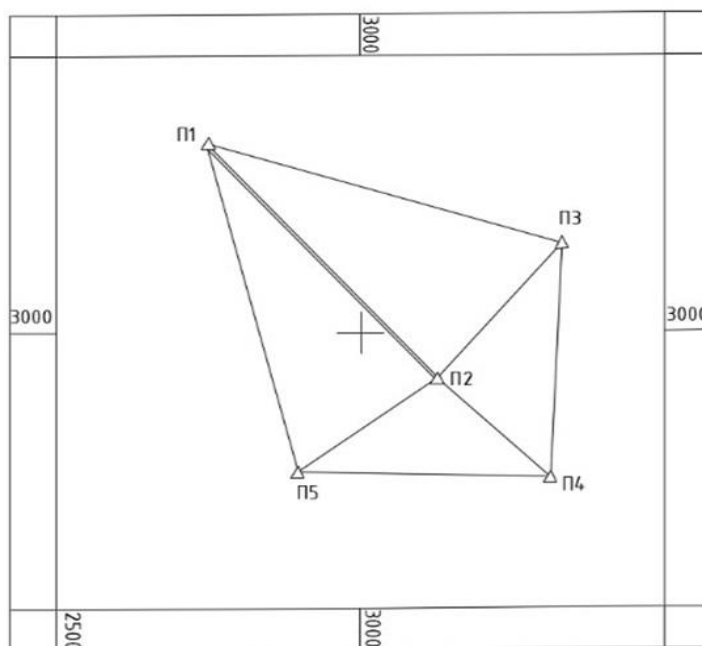
Составляем каталог координат (таблица 8), куда выписываем координаты пунктов центральной системы, дирекционные углы направлений на один – два смежных пункта и расстояния до них.

Таблица 8 – Каталог координат

№ пункта	X,м	Y,м	S,м	α
1	3342,8	2742,6	563,235	137° 15' 09"
2	2929,2	3124,9		
3	3166,4	3329,1	312,961	400° 43' 23"
4	2741,0	3312,9	425,677	182° 10' 57"
5	2752,8	2898,1	414,928	271° 37' 57"
1	3342,8	2742,6	610,351	345° 13' 34"

Затем составляем отчетную схему триангуляции 2 разряда в масштабе 1:5000. Ее оформление показано на рисунке 12.

ОТЧЕТНАЯ СХЕМА ТРИАНГУЛЯЦИИ 2 РАЗРЯДА



М 1:5000

Выполнил: Крючек Н.С.

Рисунок 12 - Отчетная схема триангуляции 2 разряда в масштабе 1:50

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		31

M 1:2000

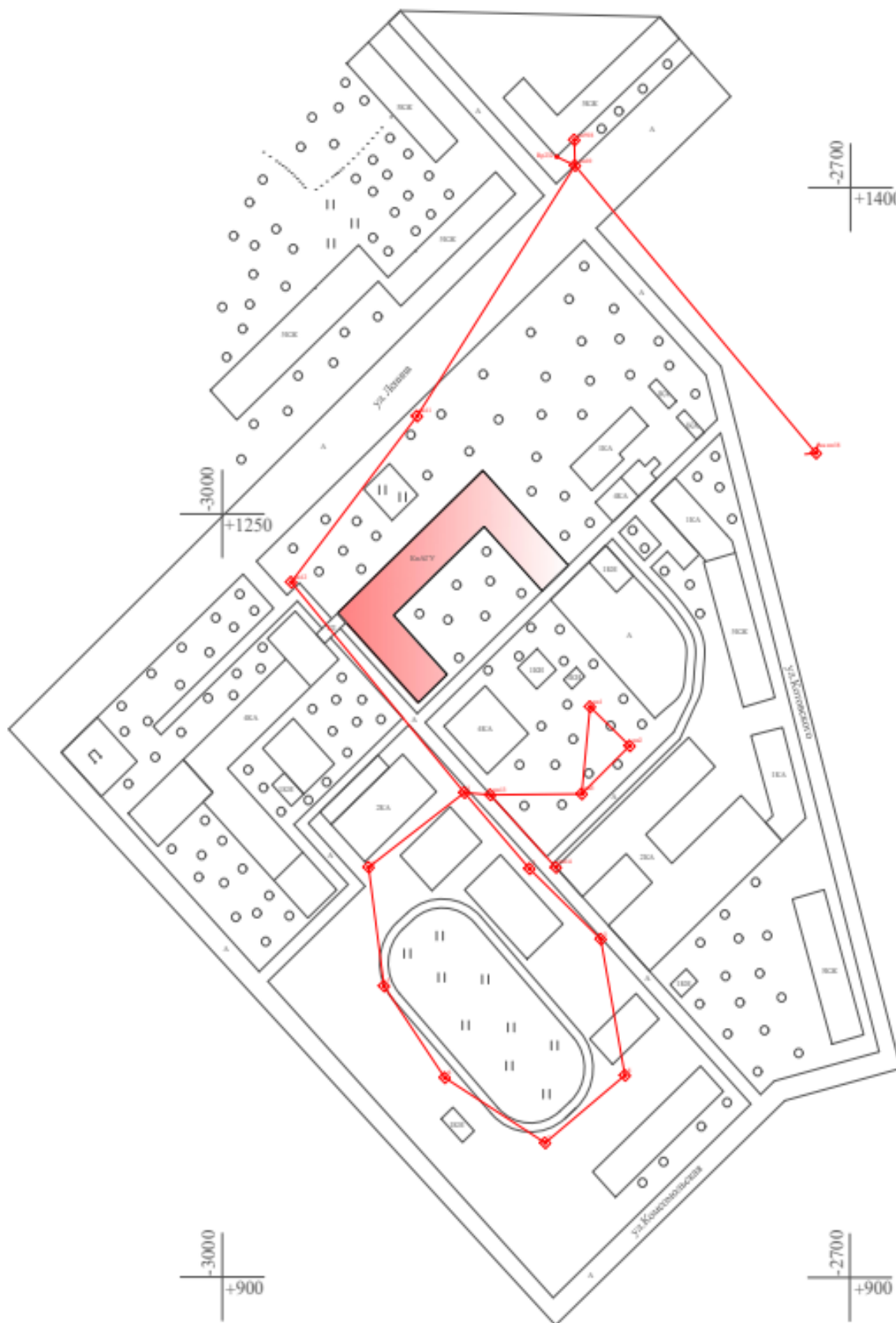


Рисунок 13 – План схема геодезического полигона КНАГУ

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000

Лист

32

5 Заключение

В процессе реализации работ по проекту «Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ» выполнены:

- теоретическое обоснование проекта и формирование каталога исходных данных;
- выполнение комплекса геодезических измерений методом оптико-электронной тахеометрии;
- разработка методики проектирования и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КнАГУ.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.03000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		33

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

 Е.М. Димитриади

« 14 » 04 20 24 г.

Декан ФКС

 Н.В. Гринкруг

« 17 » 04 20 24 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

 А.В. Космынин

« 17 » 04 20 24 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта

«Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети
методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона
КнАГУ»

г. Комсомольск-на-Амуре « » декабрь 2023 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- В.И. Зайков – руководитель СКПБ;
- Н.В. Муллер – и.о. заведующей кафедрой КТБ;
- Н.В. Гринкруг – декана ФКС

со стороны исполнителя

- В.И. Зайкова – руководителя проекта,

Крючек Никита Сергеевич, ответственный исполнитель проекта гр.3КЗм-1

составил акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Проектирование и расчет параметров высокоточной геодезической сети методом оптико-электронной тахеометрии на базе геодезического полигона КНАГУ» в составе:

- ПАСПОРТ (техническое описание) проекта

Руководитель проекта


(подпись/дата)

В.И. Зайков

Отв. исполнитель проекта


(подпись/дата)

Н.С. Крючек