

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій

Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і
технологій

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження впливу зовнішніх факторів на точність визначення
координат об'єкта за допомогою глобальної навігаційної системи»

ХАІ.502.560М.22в.172.1705003 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи №560М
Галузь знань 17 – «Електроніка та
телекомунікації»

Спеціальність 172 – «Телекомунікації та
радіотехніка»

Освітня програма Радіоелектронні
комп'ютеризовані засоби

(код і найменування напрямку підготовки)

Кологойда В. В.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: Куліш С. М.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Невлюдов І. Ш.

(прізвище й ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет Радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
(повне найменування)
Кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(повне найменування)
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 17 – «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 – «Телекомунікації та радіотехніка»
(код та найменування)
Освітня програма «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри

О.В. Висоцька

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« » 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Кологойда Владислав Васильович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Дослідження впливу зовнішніх факторів на точність визначення координат за допомогою глобальної навігаційної системи керівник кваліфікаційної роботи доцент., к.т.н. Куліш С. М

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 1496-уч від «27» жовтня

2. Термін подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 15 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Накопичені дані визначених координат трьох базових станцій ТЗОВ «НГЦ» за 2021 – 2022 роки, технічні паспорти базових станцій, програмний засіб «Leica Infinity»

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати):

4.1 Аналітичний огляд архітектури глобальної навігаційної системи джерел виникнення похибки і методів диференційної корекції

4.2 Визначення ступені впливу зовнішнього середовища на точність визначення координат об'єкта за допомогою базових станцій

4.3 Порівняння отриманих результатів для визначення залежності точності координат від зовнішніх факторів

4.4 Розробка стартап-проекту оцінки ефективності роботи базових станцій

5. Перелік графічного матеріалу

5.1 Структурна схема архітектури побудови глобальної навігаційної системи (плакат, арк. А4)

5.2 Приклад RINEX- файлу (плакат, арк. А4)

5.3 Приклад повного звіту про точність визначення координат сформованого у програмному забезпеченні Leica Infinity(плакат, арк. А4)

5.4 Графіки величин поправок на точність координат отримані в результаті експерименту (плакат, арк. А4)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Усі розділи	доцент., к.т.н. проф. Куліш С. М	28.10.22	

Нормоконтроль _____ В.М. Олійник «12» грудня 2022 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «28» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання.	28.10.22	
2	Огляд літератури, накопичення матеріалу.	28.10.22 - 05.11.22	
3	Аналітичний огляд архітектури глобальної навігаційної системи джерел виникнення похибки і методів диференційної корекції.	06.11.22 – 15.11.22	
4	Визначення ступені впливу зовнішнього середовища на точність визначення координат об'єкта за допомогою базових станцій.	16.11.22 – 25.11.22	
5	Аналіз отриманих результатів для визначення залежності точності координат від зовнішніх факторів.	26.11.22 – 01.12.22	
6	Розробка стартап-проекту програмного забезпечення для оцінки ефективності роботи мережі базових станцій.	02.12.22 – 06.12.22	
7	Оформлення пояснювальної записки .	07.12.22 – 11.12.22	
8	Передзахист .	12.12.2022	
8	Захист роботи.	15.12.2022	

Здобувач вищої освіти
Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)
В. В. Кологойда
(ініціали та прізвище)
С. М. Куліш
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра: 109 стор., 48 рис., 45 табл., 23 джерела 4 додатки.

ДОР-ЕФЕКТ, БАГАТОПРОМЕНЕВІСТЬ, БАЗА, БАЗОВА СТАНЦІЯ, ГЛОБАЛЬНА НАВІГАЦІЙНА СУПУТНИКОВА СИСТЕМА, ДИФЕРЕНЦІЙНА КОРЕКЦІЯ.

Об'єкт дослідження – вплив зовнішніх факторів на точність визначення координат об'єкта за допомогою глобальної навігаційної системи..

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення точності визначення координат місцезнаходження об'єкта.

Ціллю кваліфікаційної роботи є підвищення точності визначення координат об'єкта за допомогою глобальної навігаційної системи за рахунок урахування величини впливу зовнішніх факторів.

В роботі проведено аналітичний огляд структури архітектури побудови глобальної навігаційної супутникової системи, алгоритму визначення координат об'єкта за допомогою супутникових систем, фактори які можуть вносити похибку у точність визначення координат. Проаналізовано накопичені дані за 2021 рік. Отримано залежність точності визначення координат від зовнішніх факторів.

Методи дослідження - аналіз та порівняння накопичених статистичних даних.

Новизна виконаної роботи полягає у тому, що проведені дослідження дозволили підвищити точності визначення координат місцезнаходження об'єктів і базових станцій встановлених у Харківській області та місті Харків.

Актуальність роботи полягає у тому, що отримані результати по підвищенню точності визначення координат місцезнаходження об'єктів, можуть бути використані для підвищення точності проведення геодезичних, будівельних робіт, а також для задач орієнтування на місцевості.

ABSTRACT

Explanatory note to the Master's thesis: 109 pages, 48 figures, 45 tables, 23 sources, 4 app.

DOP EFFECT, MULTIBEAM, BASE, BASE STATION, GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM, DIFFERENTIAL CORRECTION.

The object of the study is the influence of external factors on the accuracy of determining the coordinates of an object using a global navigation system.

The purpose of the qualification work is to increase the accuracy of determining the coordinates of the location of the object.

The goal of the qualification work is to increase the accuracy of determining the coordinates of the object using the global navigation system by taking into account the influence of external factors. In the work, an analytical review of the structure of the architecture of the construction of the global navigation satellite system, the algorithm for determining the coordinates of the object using satellite systems, and factors that can introduce an error into the accuracy of determining the coordinates is carried out. The accumulated data for 2021 was analyzed. The dependence of the accuracy of coordinate determination on external factors was obtained.

Research methods - analysis and comparison of accumulated statistical data.

The novelty of the performed work consists in increasing the accuracy of determining the coordinates of the base stations installed in the city of Kharkiv and the Kharkiv region, taking into account the influence of external factors.

The relevance of the work consists in increasing the accuracy of determining the coordinates of the location of the object by taking into account the magnitude of the influence of external factors.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП	11
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АРХІТЕКТУРИ ГЛОБЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ТА ДЖЕРЕЛ ВИНИКНЕННЯ ПОХИБОК І МЕТОДІВ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ КОРЕКЦІЇ	14
1.1 Загальні відомості про архітектуру системи	14
1.2 Космічний сегмент системи GPS.....	15
1.3 Наземний сегмент керування системи GPS.....	18
1.4 Сегмент наземного користувача.....	19
1.5 Визначення координат місцезнаходження об'єкта	20
1.6 Джерела виникнення помилки при визначенні координат місцезнаходження об'єкта.....	24
1.7 Відхилення ефемерид	27
1.8 Зниження точності визначення координат за рахунок взаємного положення супутників	28
1.9 Методи диференційної корекції точності визначення координат місцезнаходження об'єкта. Кінематика в режимі реального часу.....	30
1.10 Кінематика в режимі реального часу	31
1.11 Метод диференційної корекції	33
1.12 Висновки до першого розділу.....	35
2 ВИЗНАЧЕННЯ СТУПІНІ ВПЛИВУ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ.....	36
2.1 Опис базових станцій задіяних у дослідженні	36
2.2 Структура RINEX-файлів. Система координат WGS-84. Система координат УСК-2000.....	42
2.3 Опис алгоритму проведення дослідження	47
2.4 Аналіз величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта.....	53

2.5	Визначення величини впливу DOP – фактору, фактору вибору часу зйомки, на точність визначення координат об’єкта. Оцінка величини впливу взаємного положення супутників на точність визначення координат	61
2.6	Висновки до другого розділу	66
3	АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ВІД ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ.....	68
3.1	Аналіз результатів дослідження величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат	68
3.2	Аналіз величини впливу DOP-фактору, фактору вибору часу виконання спостереження на точність визначення координат об’єкта, а також величини впливу взаємного положення супутників на точність визначення координат	70
3.3	Оцінка ефективності прийнятих рішень.....	74
3.4	Висновки до третього розділу.....	76
4	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МЕРЕЖІ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ	78
4.1	Опис ідеї проекту стартапу	78
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	80
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	81
4.3	Розроблення ринкової стратегії проекту	87
4.4	Розробка маркетингової програми стартап-проекту	89
4.5	Висновки до четвертого розділу.....	91
	ВИСНОВКИ.....	93
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	94
	ДОДАТОК А «Структурна схема архітектури ГНСС»	97
	ДОДАТОК Б «Приклад RINEX-файлу»	99
	ДОДАТОК В «Приклад повного звіту сформованого у програмному забезпеченні Leica Infinity»	101
	ДОДАТОК Г «Графіки величин поправок на точність координат отримані в результаті експерименту»	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГНСС – глобальна навігаційна супутникова система.

КМО – координати місцезнаходження об'єкта.

НП – навігаційне повідомлення.

МПТ – метод підвищення точності.

ІЗ – іоносферна затримка.

БС – базова станція.

ВСТУП

Неможливо уявити сучасний світ без використання переваг глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС). Ідея розробки системи ГНСС виникла у середині 50-х років минулого сторіччя після запуску СРСР першого штучного супутника на орбіту землі. Американські вчені на чолі з Річардом Кершнером, спостерігаючи за супутником виявили, що завдяки ефекту Доплера частота сигналу, що випромінюється супутником, збільшується при його наближенні до пункту спостереження і навпаки - зменшується при його віддаленні від пункту спостереження. Ідея полягала в тому, що знаючи свої точні координати на землі можна визначити координати місцезнаходження і швидкість переміщення супутника і навпаки, знаючи координати супутника можна визначити координати спостерігача сигналу.[1]

Робота над розробкою системи «NavStar» (Navigation Satellite Timing and Ranging), яка у 70-х роках минулого сторіччя отримала знайому усім нам назву «GPS» спочатку велась за ініціативи ВМС США і виключно для військового використання. Проте в подальшому розвитку, враховуючи усі переваги які надає використання цієї системи, поступово поняття навігації за допомогою систем GPS все більше і більше проникало у повсякденне життя. Так, наприклад, використання систем ГНСС для проведення геодезичних вимірювань, геодезичних досліджень або просто будівництва, значно підвищує ефективність і, власне, спрощує сам процес вимірювань за рахунок відсутності необхідності прямої видимості між двома сусідніми опорними пунктами, а також за рахунок того, що всі дані про виміряні величини отримуються зразу у цифровому вигляді, що в подальшому значно пришвидшує і спрощує процес обробки проведених вимірів.

У сучасному світі визначення місцезнаходження користувача за допомогою систем ГНСС проникло майже у всі сфери звичного для нас життя. Визначення координат місцезнаходження користувача використовується майже усюди, починаючи від банального виклику таксі за допомогою безлічі

мобільних додатків, закінчуючи відстеженням пересування громадського транспорту по маршруту його слідування.

Ідея визначення координат місцезнаходження користувача за допомогою систем ГНСС досить проста і базується на декількох принципах, а саме – знання про точне положення супутника в певний момент часу і двох фізичних принципах (мова йде про знання швидкості поширення радіохвилі у просторі і формулу з курсу фізики за сьомий клас для визначення відстані за відомим часом і швидкістю). Знаючи точні координати трьох супутників і відстані від них до користувача, шляхом геометричних побудов, або алгебраїчних пошуків, можна визначити координати місцезнаходження спостерігача. Проте незважаючи на простоту описаного вище процесу, існує безліч явищ і факторів, які вносять істотну долю похибки в точність визначення координат. До них можна віднести неточність ходу приймача, погодні умови, положення супутників відносно горизонту, явище багатопроменевості, особливості місця встановлення приймача, вплив іоносфери і тропосфери і безліч інших.

Робота над зменшенням впливу цих факторів на точність визначення координат, або ж взагалі виключенням їх з подальшого розрахунку координат місцезнаходження почалися майже одночасно з початком масового використання систем ГНСС у житті людини. Проте досі не існує універсального алгоритму або ж способу для повного виключення їх впливу на точність визначення координат.

Найбільш поширеними на даний момент часу способами підвищення точності визначення координат місцезнаходження об'єкта є методи диференційної корекції, а саме методи диференційної корекції і метод кінематики реального часу. Основна ідея обох методів полягає у встановленні приймача на точці з відомими і розрахованими з великою точністю координатами для того, щоб приймачі вираховували своє місцезнаходження за допомогою сузір'я супутників, порівнювали його з своїми істинними координатами і передавали значення різниці між істинними і розрахованими

за допомогою сузір'я супутників координатами у мережу, де на основі цієї різниці формується величина поправки яка передається кінцевому користувачу.

Незважаючи на суттєве підвищення точності визначення координат за допомогою методів диференційної корекції, повністю виключити похибку з процесу розрахунків неможливо. Тому набуває актуальності задача оцінки ступеню впливу тих чи інших зовнішніх факторів на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта. Для дослідження ступені впливу використовуються накопичені дані з мережі базових станцій встановлених у місті Харків, а також у Харківській області за 2021 рік і початок 22 року.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення точності визначення координат місцезнаходження об'єкту.

Ціллю кваліфікаційної роботи є підвищення точності визначення координат об'єкта за допомогою глобальної навігаційної системи за рахунок урахування величини впливу зовнішніх факторів.

Новизна виконаної роботи полягає у тому, що проведені дослідження дозволили підвищити точності визначення координат місцезнаходження об'єктів і базових станцій встановлених у Харківській області та місті Харків.

Актуальність роботи полягає у тому, що отримані результати по підвищенню точності визначення координат місцезнаходження об'єктів, можуть бути використані для підвищення точності проведення геодезичних, будівельних робіт, а також для задач орієнтування на місцевості.

Проведене у цій роботі дослідження дає змогу підвищити точність проведення геодезичних, будівельних або інших робіт, які пов'язані з використанням глобальної навігаційної системи.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АРХІТЕКТУРИ ГЛОБЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ТА ДЖЕРЕЛ ВИНИКНЕННЯ ПОХИБОК І МЕТОДІВ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ КОРЕКЦІЇ

1.1 Загальні відомості про архітектуру системи

Глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС) (Global Navigation Satellite System) – поняття, яке ототожнює у собі усі супутникові сузір'я супутникових систем, які є доступними до використання на даний момент часу або знаходяться у стадії розгортки. Ідея ввести поняття ГНСС виникла з моменту початку повсюдного використання двоканальних приймачів.

До цього моменту, через складність технологічного процесу виготовлення, великої собівартості і як наслідок великої вартості для кінцевого користувача, усюди використовувалися одноканальні приймачі, тобто приймачі які приймають супутниковий сигнал лише від сузір'я супутників однієї з багаточисельних систем, наприклад GPS (Америка) або ГЛОНАСС (Росія). Необхідність використання двоканальних приймачів обумовлена тим, що для точного визначення координат місцезнаходження об'єкта (КМО) супутниковому приймачу необхідне виконання умови прямої видимості мінімум трьох супутників однієї системи (у випадку одноканального приймача), а місце встановлення приймача не завжди задовольняє цю умову.

Подальший опис архітектури і принципів визначення КМО буде проведено на основі супутникової системи GPS.

GPS (global positioning system) – глобальна система позиціонування. Ідея визначення КМО за допомогою супутника виникла ще у п'ятидесятих роках минулого сторіччя, коли група американських астрономів яку очолював Річард Кешнер, спостерігала за траєкторією руху першого штучного супутника Землі, який був запущений СРСР. Під час спостереження група науковців виявила, що завдяки ефекту Доплера при наближенні супутника до пункту спостереження частота сигналу, що випромінює супутник

збільшується і навпаки – зменшується при віддаленні супутника від точки спостереження. Таким чином, спостерігаючи за зміною частоти сигналу яку випромінює супутник і знаючи свої КМО на земній поверхні можна відслідкувати траєкторію руху супутника і навпаки – знаючи координати супутника можна визначити свої КМО [1].

Робота по розгортанню супутникового сузір'я системи GPS почалися у семидесятих роках минулого сторіччя з ініціативи ВМС США і виключно для військового використання. Проте з плином часу було виявлено, що систему GPS можна використовувати не лише для військових цілей. Так, наприклад, її використання у геодезичних вимірах дає суттєву перевагу порівняно з традиційними методами проведення геодезичних вимірювань, а саме відсутність необхідності прямої видимості між двома сусідніми опорними пунктами для визначення КМО. Тому у 1983 році систему дозволили використовувати у цивільних цілях (для потреб цивільної авіації, спрощення орієнтування на місцевості і т.д.), проте для запобігання використанню системи GPS у військових цілях точність визначення КМО для цивільних користувачів була штучно знижена програмним шляхом, але згодом, у 2000 році, штучне зниження точності визначення КМО було відмінено особистим указом президентом США Біла Клінтона [1].

Умовно систему GPS можна розділити на три сегменти:

1. Космічний сегмент.
2. Наземний сегмент керування.
3. Наземний сегмент користувача.

Структурна схема архітектури ГНСС приведена у додатку А.

1.2 Космічний сегмент системи GPS

Космічний сегмент системи GPS налічує у собі 24 супутника розташованих на 6 навколоремних орбітах, на висоті приблизно у 22000 км., від рівня моря.

Середня кутова відстань між супутниками дорівнює приблизно 60° , кутовий нахил відносно екватору дорівнює 55° . Таким чином супутники рухаються як одне ціле і не змінюють свого взаємного положення [1].

Положення супутників у певні проміжки часу розраховані з великою точністю і занесені у ефемериди.

Ефемериди – таблиця попередньо обчислених координат місцезнаходження супутника у рівні проміжки часу[2]. Супутники передають свої ефемериди кожні 30 секунд, проте актуальними вони лишаються лише протягом 30 хвилин з моменту передачі. [3]

Орбіти супутників постійно контролюються за допомогою наземного сегменту керування. У випадку відхилення траєкторії руху супутника від розрахованої, величина помилки у точності визначенні координат яка через це виникає обчислюється і передається кінцевому користувачу[4].

Для порівняння, супутникове сузір'я системи ГЛОНАСС, другої найбільш поширеної у використанні супутникової системи, також нараховує 24 супутника, але розташовані вони на трьох навколоземних орбітах і на висоті приблизно 19000 км. Порівняння супутникових систем приведено у таблиці 1.1[1], [4].

Таблиця 1.1 – Порівняння супутникових систем GPS і ГЛОНАСС

Назва супутникової системи	GPS	ГЛОНАСС
1	2	3
Країна походження	США	СРСР
Оператор	AFSPC	Роскосмос
Використання	Військове/цивільне	Військове/цивільне
Статус	Дійсна	Дійсна
Покриття	Глобальне	Глобальна
Точність	0,75 м.	2,5 м.

Продовження таблиці 1.1

Необхідна кількість супутників	24	24
На орбіті	32	26
Використовується	24	22
Орбіта	Середньовисока	Середньовисока
Висота польоту	22 км.	19 км.

Схематично орбіти супутникового сузір'я системи GPS показано на рисунку 1.1, супутникового сузір'я системи ГЛОНАСС показано на рисунку 1.2



Рисунок 1.1 – Схематичне зображення орбіт супутникового сузір'я системи GPS



Рисунок 1.2 – Схематичне зображення орбіт супутникового сузір'я системи ГЛОНАСС

1.3 Наземний сегмент керування системи GPS

Сегмент наземного контролю за станом системи GPS включає у себе 5 станцій наземного контролю, які розташовані у площині екватору. Одна зі станцій є основною, чотири інших – додаткові. Також до сегменту наземного контролю можна віднести додаткові антени, розташовані на земній поверхні і призначені для моніторингу стану супутникового сузір'я.

Сегмент наземного контролю стану системи GPS виконує наступні функції:

1. Дистанційний контроль стану супутників. А саме контроль за технічним станом бортових сонячних батарей.
2. Контроль і, за необхідності, корегування, ходу атомного годинника, який встановлено на борту кожного супутника.
3. Контроль і, за необхідності, корегування орбіти кожного з супутників[1].

У разі виявлення відхилення траєкторії руху супутника від розрахованої, похибка вираховується і заноситься у таблицю ефемерид кожного супутника.

Альманах – журнал, який містить у собі дані, стосовно розташування кожного з супутників у певні моменти часу, а також дані стосовно взаємного положення супутників. Дані які записані у альманаху не мають високу точність і дійсні лише декілька місяців. [5]. Альманах містить у собі дані стосовно орієнтовного положення супутників у довільні проміжки часу, а також «рекомендації» стосовно вибору найбільш «оптимального» супутника.

В свою чергу дані ефемерид мають значно більшу точність і містять у собі усі доступні на даний момент часу поправки на відхилення орбіти супутника. Таким чином, таблиця ефемерид – таблиця поправок на траєкторію руху супутника [6].

Основною задачею наземного сегменту керування системи GPS можна назвати відстеження орбіт руху супутників, формування поправок ефемерид і

передача їх на супутники, для подальшої корекції навігаційного повідомлення, які вони формують.

1.4 Сегмент наземного користувача

До сегменту наземного користувача можна віднести усі супутникові приймачі, які здатні приймати обробляти сигнали L-діапазону, тобто частотного діапазону від 1 до 2 гігагерц. [6].

У залежності від призначення, GPS приймачі поділяють на:

1. Навігаційні приймачі. Точність визначення КМО за допомогою навігаційних приймачів може становити ± 10 метрів. За умови увімкненого SA-кодування ± 300 метрів.

2. Геодезичні – більш точні приймачі. Точність вимірювання таких приймачів може становити до 1 сантиметру.

3. Спеціальні – можуть мати різне призначення, зокрема визначення точного часу. [2]

Навігаційне повідомлення (НП) шифрується за допомогою доступних на даний момент часу типів кодування. На даний момент часу доступні наступні типи кодування сигналу:

1. C/A – загальнодоступне кодування сигналу. Раніше при використанні такого типу кодування НП вводилася спеціальна поправка, яка штучним чином зменшувала точність визначення КМО. Робилося це для унеможливлення використання НП такого типу для військових цілей. Проте з 2000 року США повністю відмовилися від концепції використання штучного загублення точності сигналу.

2. P (protected) або P(Y) -кодування НП призначене для військових цілей. Основна відмінність цього типу кодування від попереднього полягає у високій завадостійкості, а також високій криптостійкості. Для прийому такого типу шифрування НП приймачем необхідне встановлення спеціального військового модулю.

3. М – кодування. Кодування, яке було введено у експлуатацію з 2005 року. Також призначене для військових цілей і використовується у рамках концепції Navwar (тобто навігаційна війна). Основна відмінність порівняно з типом P(Y) – кодування полягає в тому, що для визначення КМО достатньо сигналу зашифрованого кодом типу М, тоді як при використанні кодування типу P(Y) необхідною умовою також є отримання сигналу закодованого С/А кодом.

4. Також за потреби є можливість використати режим SA (Selective Availability), тобто режим вибіркового доступу. За такого режиму шифрування у НП навмисно вводиться хибна інформація стосовно точності ходу бортових годинників, а також ефемерид супутників і точність визначення КМО не перевищує ± 300 метрів.

1.5 Визначення координат місцезнаходження об'єкта

Припустимо що справедливою вважається умова, що користувач знаходиться на відстані 10 умовних одиниць від точки А, що зображено на рисунку 1.3. Таким чином можна сказати, що спостерігач може знаходитися у будь якій з безлічі доступних точок точці на радіусі умовного кола, утвореного радіусом у 10 умовних одиниць з центром у точці А.

Припустимо також, що окрім цього відомо, що користувач знаходиться на відстані 15 умовних одиниць від об'єкту Б. Таким чином, провівши геометричну побудову по аналогії з попередньою умовою, можна сказати що спостерігач може знаходитися у будь якій точці з доступної множини точок на колі з радіусом 15 умовних одиниць з центром у точці Б (рис. 1.4).

Якщо вважати, що обидві умови вважати істинними одночасно, то ми отримуємо ситуацію зображену на рис. 1.5, тобто ситуацію, коли спостерігач може одночасно знаходитися у двох точках.

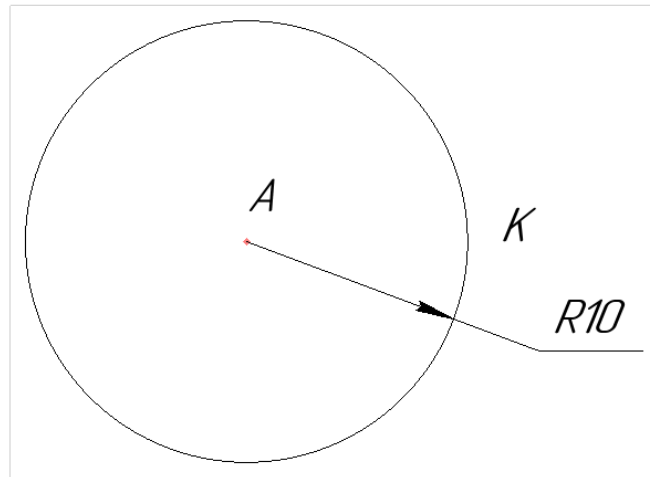


Рисунок 1.3 – Відстань до точки А 10 умовних одиниць

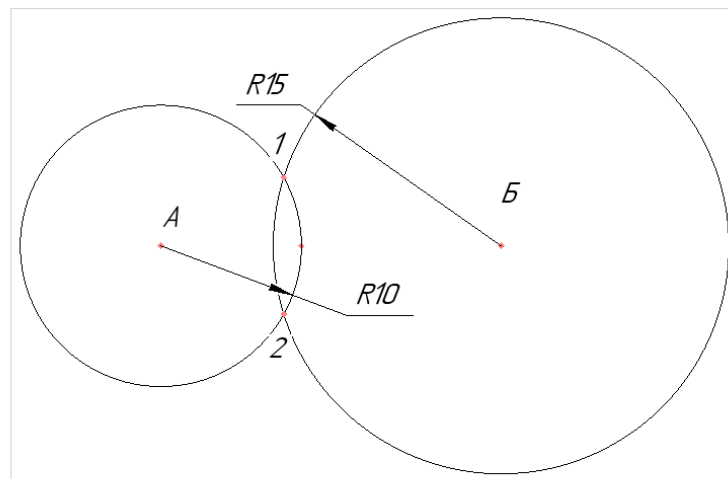


Рисунок 1.4 – Ситуація з двома істинними умовами

У випадку визначення КМО за допомогою супутникових систем, у якості точок А і Б виступають супутники. Для двомірного простору, визначити відстань від двох супутників достатньо, тобто для того, аби знати КМО необхідно визначити відстань (псевдодальність) від мінімум трьох супутників.

Псевдодальність - відстань між супутником і приймачем, вирахована шляхом перемноження швидкості світла - c і вимірної за показаннями годинників приймача і супутника часової затримки [6]. Годинникова затримка

визначається як різниця між часом початку передачі - T_{tx} і часом прийому сигналу - T_{rx} .

Для визначення псевдодальності від супутника до користувача використовується формула розрахунку відстані за допомогою часу за який ця відстань була пройдена, а також швидкості, з якою ця відстань була пройдена.

$$l = V * T. \quad (1.1)$$

У даному випадку швидкість з якою НП було пройдено шлях від супутника до користувача дорівнює швидкості поширення радіосигналу у просторі, тобто швидкості світла.

$$V = c. \quad (1.2)$$

А час, як було зазначено вище, дорівнює різниці між початком передачі НП і початком прийому НП супутниковим приймачем (рис.1.5).

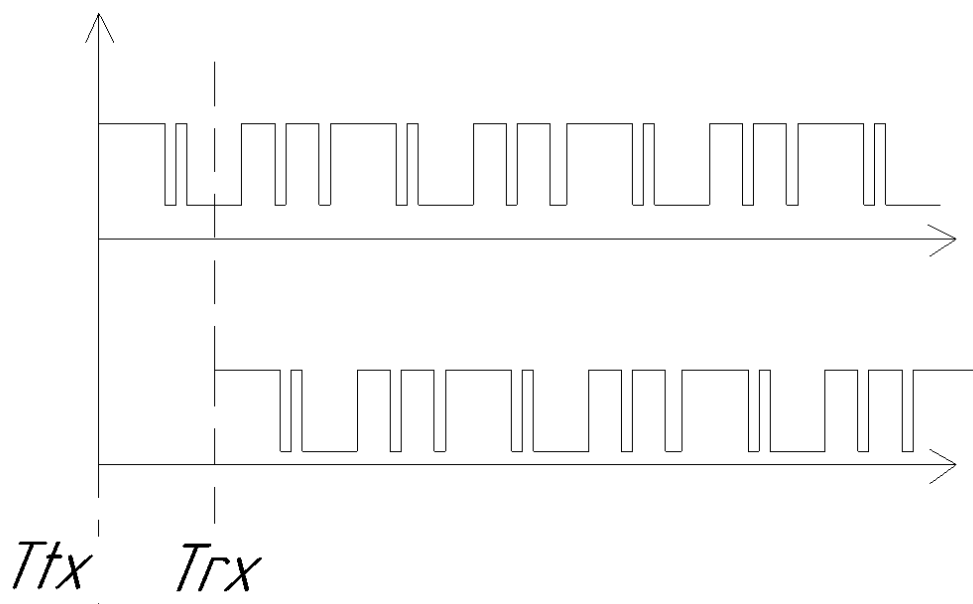


Рисунок 1.5 – Приклад визначення часової різниці

Це правило справедливе лише у випадку, якщо бортовий годинник, встановлений на супутнику і годинник встановлений у супутниковому приймачі синхронізовані (рис. 1.6).

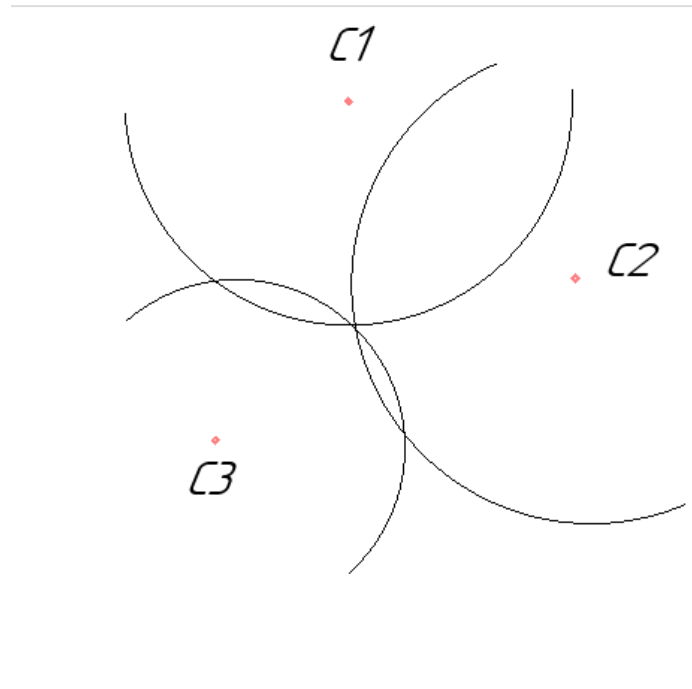


Рисунок 1.6 – Випадок точної синхронізації годинників

На борту супутників встановлено атомні годинники, точність яких становить $2,5 \times 10^{-19}$, що відповідає накопиченню помилки у одну секунду за декілька мільярдів років [1], проте встановлення такого годинника на супутниковий приймач є недоцільним через велику вартість і габаритні розміри. На супутникових приймачах встановлено більш бюджетні аналоги атомних годинників, які своєю неточністю ходу можуть вносити помилку у визначення КМО. У випадку не синхронізації бортового годинника встановленого на приймачі і годинника встановленого на супутнику, картина зображена на рисунку 1.6 отримує вигляд зображений на рис. 1.7. Як видно з малюнку, в наслідок часового зсуву утворюється область невизначеності. На рисунку штриховими лініями показано можливий від'ємний або додатній часовий зсув.

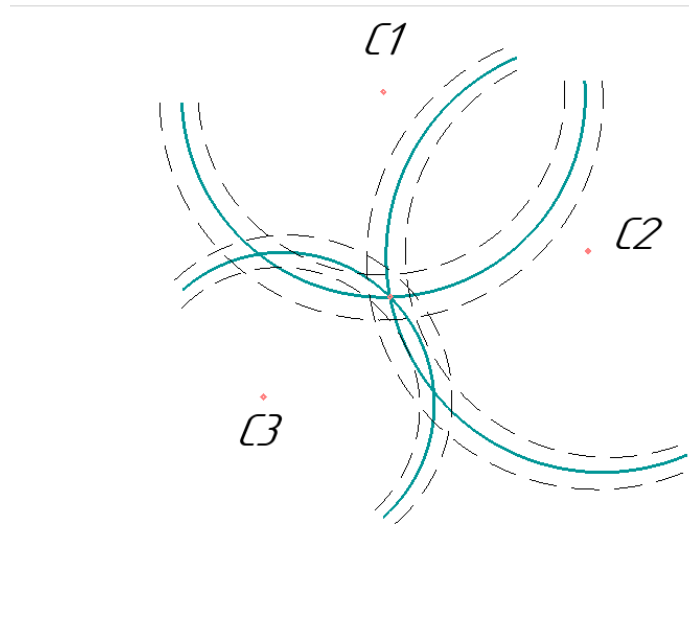


Рисунок 1.7 – Область невизначеності КМО

Існує два методи вирішення даної проблеми:

1. Пограмний метод. Суть методу полягає в тому, що у випадку виявлення неточності у визначенні КМО, приймач починає збільшувати або зменшувати значення псевдодальностей до моменту співпадіння координат.
2. Використання четвертого супутника для прийому технічного НП. В технічному повідомленні закладена інформація стосовно супутникового часу і поправок ефемерид супутників.

Таким чином, для визначення КМО необхідною умовою можна назвати отримання сигналу мінімум від чотирьох супутників, три з них необхідні для визначення КМО об'єкту, а четвертий для отримання технічного НП.

1.6 Джерела виникнення помилки при визначенні координат місцезнаходження об'єкта

Похибка у визначенні КМО може бути викликана впливом кожного з умовних сегментів архітектури системи GPS, як космічним сегментом, так і сегментом наземного керування, так і сегментом користувача.

Деякі причини виникнення помилки є очевидними:

1. Неточність ходу годинника, який встановлено на супутниковому приймачі.
2. Неточність ефемерид (траєкторія руху кожного з супутників визначається з точністю до 30 сантиметрів).
3. Неточність обчислення КМО, яка виникає в наслідок округлення значень при розрахунках.

Деякі з причин стають явними при аналізі фізичного процесу визначення КМО:

1. Приймач може рухатися в інший від супутника бік. Таким чином виникає ефект Доплера, який приводить до зменшення частоти несучої хвилі і, як наслідок, до збільшення часу проходження сигналу від супутника до приймача, що веде за собою спотворення розрахованого значення КМО.

2. Заломлення траєкторії руху сигналу, яке виникає при його проходженні границі іоносфери і тропосфери. Внаслідок цього заломлення також змінюється час проходження сигналу від супутника до приймача супутникового сигналу (рис. 18). Кут заломлення залежить від погодних умов.

3. Явище багатопроменевості сигналу тобто повторне потрапляння сигналу від супутника до фазового центру приймача (рис. 1.9). У випадку коли амплітуда відбитого сигналу приблизно рівна амплітуді прямого сигналу можливе явище хибного визначення КМО.

4. Явище затінення сигналу. У випадку, коли приймач супутникового сигналу розташований за перешкодою, або, наприклад, під кроною дерева, прямий сигнал може бути затінений, тобто амплітуда сигналу зменшується за експонентою при відбитті від кожної перешкоди.

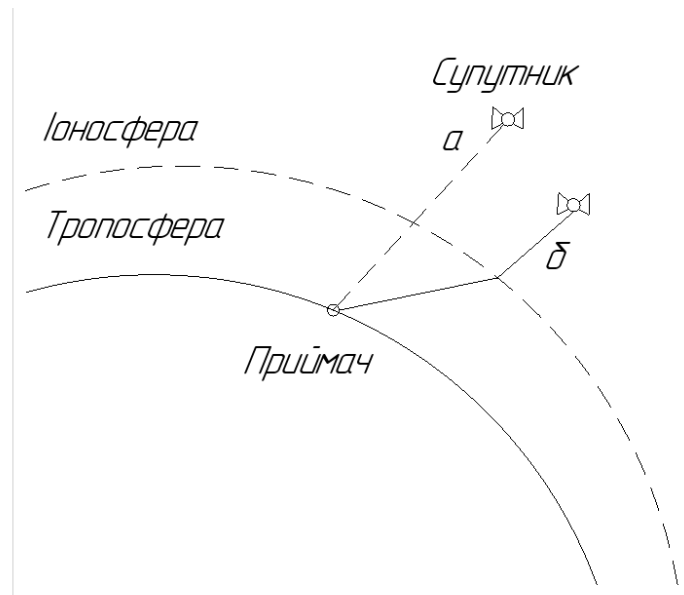


Рисунок 1.8 – Ефект заломлення сигналу на границі тропосфери і іоносфери
 а – траєкторія проходження сигналу при відсутності заломлення сигналу;
 б – реальна траєкторія руху сигналу.

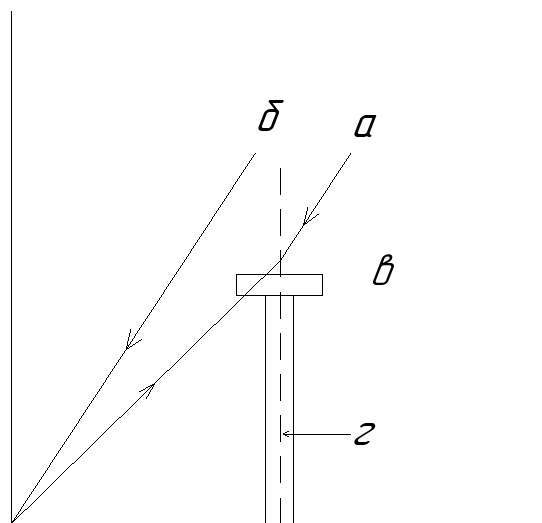


Рисунок 1.9 – Зображення ефекту багатопроменевості сигналу
 а – прямий сигнал;
 б – відбитий сигнал;
 в – приймач супутникового сигналу;
 г – фазовий центр приймача супутникового сигналу.

1.7 Відхилення ефемерид

НП повідомлення кожного супутника можна умовно розділити на дві частини – оперативна і не оперативна навігаційна інформація. До оперативної навігаційної інформації стосується конкретного супутника, з якого ця інформація була надіслана і містить вона наступні дані:

1. Координати і параметри орбіти супутника в певний момент часу (ефемериди).
2. Зсув шкали часу відносно системної шкали.
3. Код мітки часу, який необхідний для синхронізації бортового годинника супутника і годинника, який встановлений у супутниковому приймачі.

До не оперативної навігаційної інформації відноситься:

1. Дані про функціональний стан усіх супутників (альманах станів).
2. Зсув супутникового часу для усіх супутників відносно системної шкали (альманах фаз).
3. Параметри орбіт усіх супутників (альманах орбіт).
4. Поправка супутникового часу [7].

Альманах завантажується у приймач через мережу Ethernet, або через систему Bluetooth і використовується для так званого «гарячого пуску». В момент запуску приймача система звіряється з завантаженим у неї альманахом у якому зафіксовані дані стосовно приблизного положення супутників у певний момент часу для швидшого пошуку супутнику на небесному просторі. Проте як було сказано раніше, орбіта супутника може дещо відрізнятись від розрахованої і внесеної у альманах (рис.1.10). В такому випадку розрахована псевдодальність буде відрізнятись від істинної, що буде вносити похибку у розрахунок КМО.

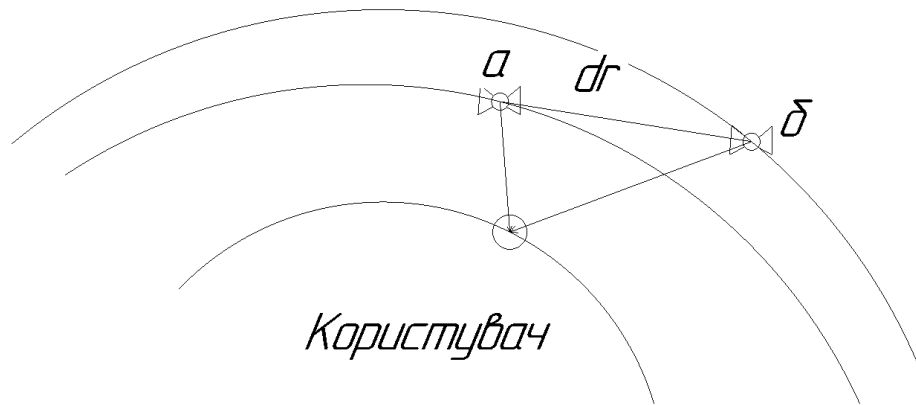


Рисунок 1.10 – Приклад відхилення орбіти супутника від розрахованого значення

а – розрахована орбіта супутника;

б – реальне положення супутника;

. Оцінка і прогнозування ефемерид кожного супутника виконується наземним сегментом керування і передається на супутник разом з повним навігаційним повідомленням. Остаточна помилка ефемерид це вектор dr , зображений на рис. 1.10 [4].

1.8 Зниження точності визначення координат за рахунок взаємного положення супутників

DOP (dilution of precision) – зниження точності за рахунок взаємного положення супутників. Термін, який використовується у понятті ГНСС для описання взаємного геометричного положення супутників відносно антени приймача. Коли супутники знаходяться близько один від одного, то мова йде про «слабку геометрію» положення, тобто високе значення DOP і навпаки, коли супутники знаходяться далеко один від одного, мова йде про «сильну» геометрію положення, тобто про мале значення DOP [6]. Графічне зображення

малого значення DOP приведено на рис. 2.11. Графічне зображення великого значення DOP показано на рис. 1.12.

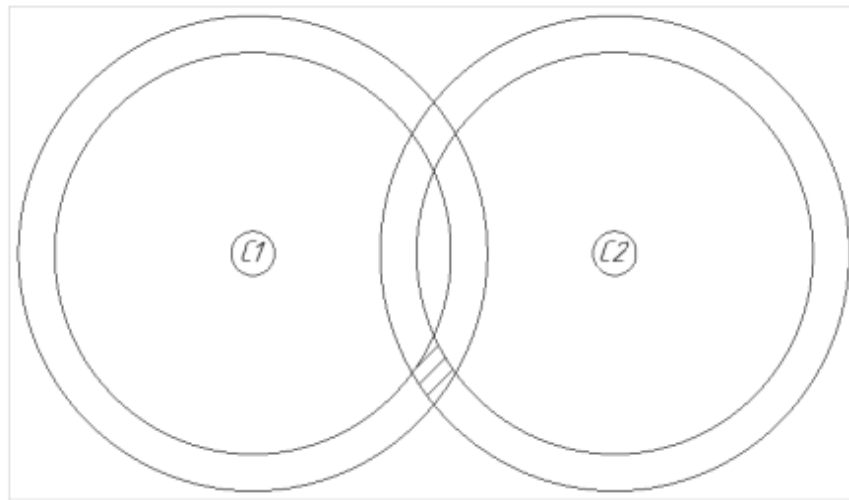


Рисунок 1.11 – Графічне зображення малого значення DOP

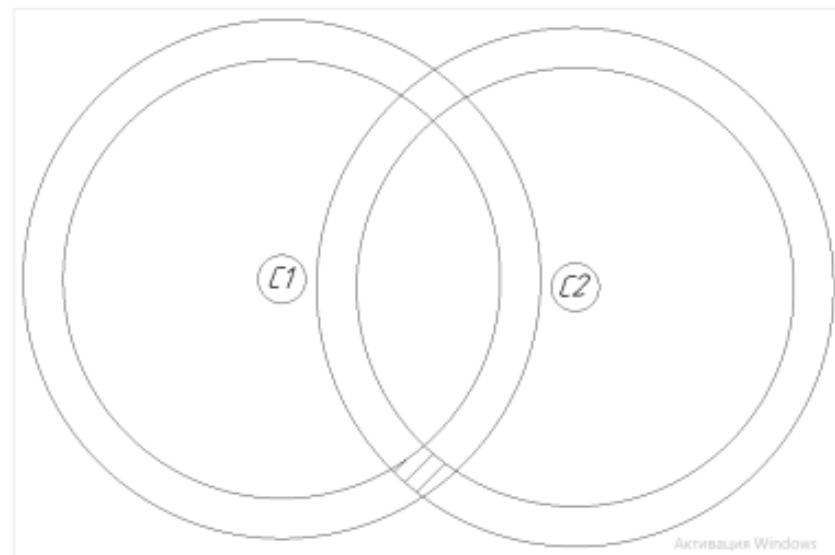


Рисунок 1.12 – Графічне зображення великого значення DOP

Як видно з малюнків, відповідно до розділу 1.5 цієї роботи, при малому значенні DOP площа невизначеності, яка виникає при не синхронізації годинників менша, аніж при великому значенні DOP.

1.9 Методи диференційної корекції точності визначення координат місцезнаходження об'єкта. Кінематика в режимі реального часу

Приймачі супутникового сигналу, за умови ідеальних для проведення вимірів умов, можуть досягнути точності визначення КМО 5...10 м. Для вирішення задач орієнтування на місцевості такої точності може бути достатньо, проте потрібно враховувати, що для використання системи ГНСС при будівництві або для вирішення геодезичних задач точність визначення КМО повинна бути набагато більшою. На даний момент часу існує два методи підвищення точності (МПТ) визначення КМО:

1. МПТ який засновано на внесенні поправки у розрахунки координат шляхом використання поправок, які надходять з зовнішніх датчиків.

2. МПТ який засновано на порівнянні опорним пунктом своїх істинних координат місце-встановлення, тобто координат які розраховані з дуже великою точністю і запрограмовані у пам'ять супутникового приймача, з розрахованими шляхом визначення своїх координат за допомогою супутників. Також існують програми, які призначені для обробки даних після проведення процесу вимірювання.

РПК (post processing kinematic) – кінематика в постобробці. Один з методів диференційної корекції. Суть методу в тому, що база (опорний приймач) та ровер (мобільний приймач ГНСС сигналу) знаходяться під одним і тим же сузір'ям супутників та записують «сирі» дані стосовно КМО, тобто необроблені журнали ГНСС. Пізніше ці дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення та з урахуванням поправки від опорної станції (бази), а також з урахуванням фазових вимірів [8]. В залежності від умов, результуюче значення може бути отримане з точністю до 1 метра.

1.10 Кінематика в режимі реального часу

Кінематика в режимі реального часу (Real-Time Kinematics, RTC) – метод супутникового позиціонування для отримання результатів визначення КМО з точністю до сантиметру. Метод передбачає вимірювання супутникових даних відносно наземної станції для отримання точної інформації стосовно поправок, а також внесення коригувань у виміри в режимі реального часу [9].

Вимірювання проводиться за допомогою двох або більшої кількості супутникових приймачів. Один з приймачів (база) розташовується на пункті з відомими координатами, які розраховані з великою точністю, або на пункті державної геодезичної мережі (рис.1.13). База передає по радіоканалу (на діапазоні ультра коротких хвиль) або за допомогою gms-модему (мобільний зв'язок), або за допомогою мережі Ethernet набір даних, які називають поправками.

Для підвищення точності вимірювань проводиться вимірювання фази несучої частоти ГНСС хвилі. Однак головною проблемою фазових вимірювань можна назвати повторюваність фази. Іншими словами, виміряти відстань від об'єкта до об'єкта за допомогою фазових вимірювань можна лише на певній відстані, тому що у залежності від довжини несучої хвилі, через певну відстань фаза почне повторюватись (рис. 1.14), а можливість зафіксувати кількість повторень фази на даний момент часу відсутня. З аналізу цього процесу випливає один з недоліків технології кінематики реального часу, а саме відносно малі відстані на яких можна успішно користуватися цією технологією.

На рисунку 1.13 літерами d_r позначено вектор відстані між базою і ровером. Для компенсації неможливості виміряти відстань від супутника до приймача супутникового сигналу фазовим методом, вимірювання відстані виконується на ділянці між базою і ровером, в силу того, що ця відстань, порівняно з відстанню між супутником і приймачем відносно мала.

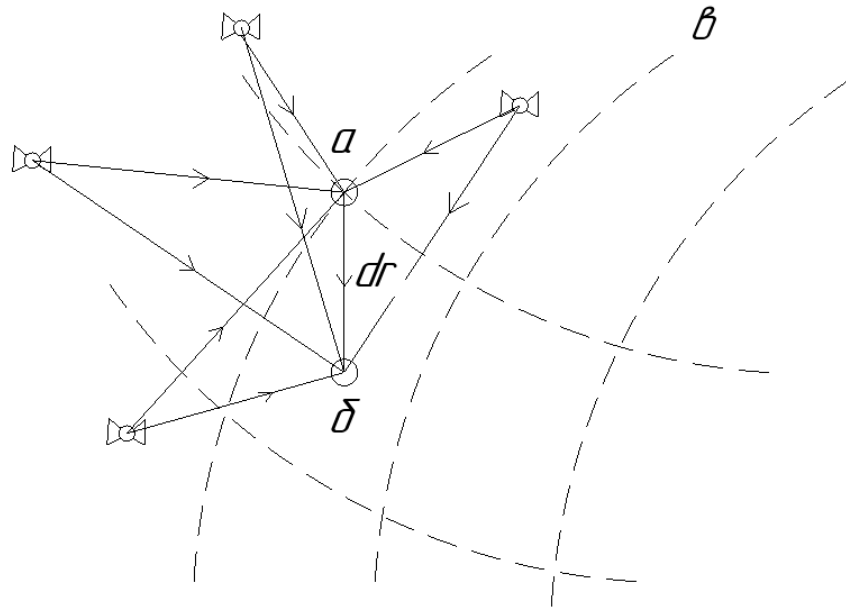


Рисунок 1.13 – Схематичне зображення принципу роботи кінематики в режимі реального часу

а – місце встановлення бази;

б – місце встановлення ровера;

в – державна геодезична мережа.

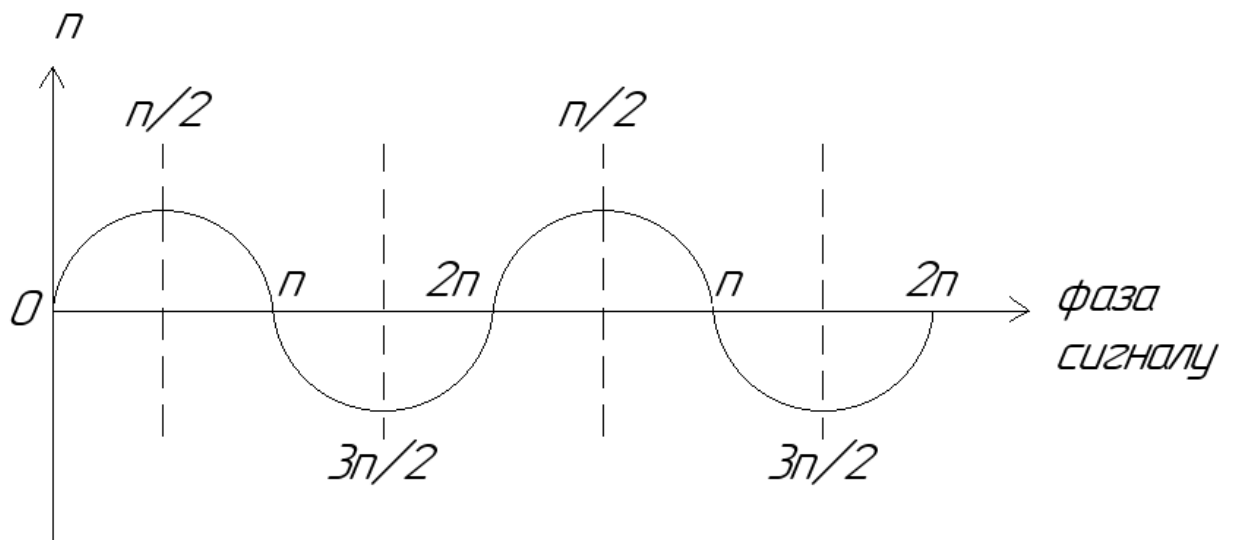


Рисунок 1.14 – Повторюваність фази сигналу

1.11 Метод диференційної корекції

DGPS (differential global positioning system) – диференційна глобальна система позиціонування. В основі методу лежить той же принцип, що і у основі методу кінематики в режимі реального часу. Вимірювання проводяться за допомогою двох приймачів супутникового сигналу, перший (база) – опорний, другий (ровер) – мобільний приймач супутникового сигналу.

Менш точний метод, порівняно з методом кінематики в режимі реального часу (дециметрова точність за сприятливих умов, порівняно з сантиметровою точністю у систем кінематики в режимі реального часу), проте використання системи DGPS також має певні переваги:

1. Можливість використовувати більш дешеві, одночастотні приймачі.
2. Збільшення, у порівнянні з номінальною точністю системи GPS (від 3 м.), точності визначення КМО.
3. Можливості отримати поправки безпосередньо під час зйомки.

Мінусами цього методу можна назвати наступне:

1. За несприятливих умов точність поправок може бути достатньо грубою.
2. Для отримання більшої точності КМО необхідна процедура пост-обробки.

DGPS можна використовувати для вирішення задач, де не потребується сантиметрова точність, наприклад для деяких задач лісництва [10].

Однак слід враховувати те, що величина похибки яка виникає внаслідок атмосферних явищ не є однаковою для двох або більшої кількості приймачів, які рознесені на великій відстані.

Іоносферна затримка (ІЗ) по різному впливає на різні частоти, тому для компенсації ІЗ можна використовувати вимірювання на двох частотах L_1 і L_2 . Враховуючи те, що іоносфера має тенденцію досить повільно змінюватися і з часом усереднюватися, можна сказати, що поправка на вплив іоносфери може

бути використана на певній території зі схожими або ж однаковими кліматичними умовами.

На величину ІЗ також впливають погодні умови і час доби. Так, наприклад вночі ІЗ майже відсутня, а вдень значення ІЗ найбільше. Також під час опадів значення ІЗ збільшується, хоча це явище тимчасове і швидко змінюється у залежності від інтенсивності опадів. На величину ІЗ також впливає кут під яким розташовані до приймача супутники, відносно зеніту (рис.1.15).

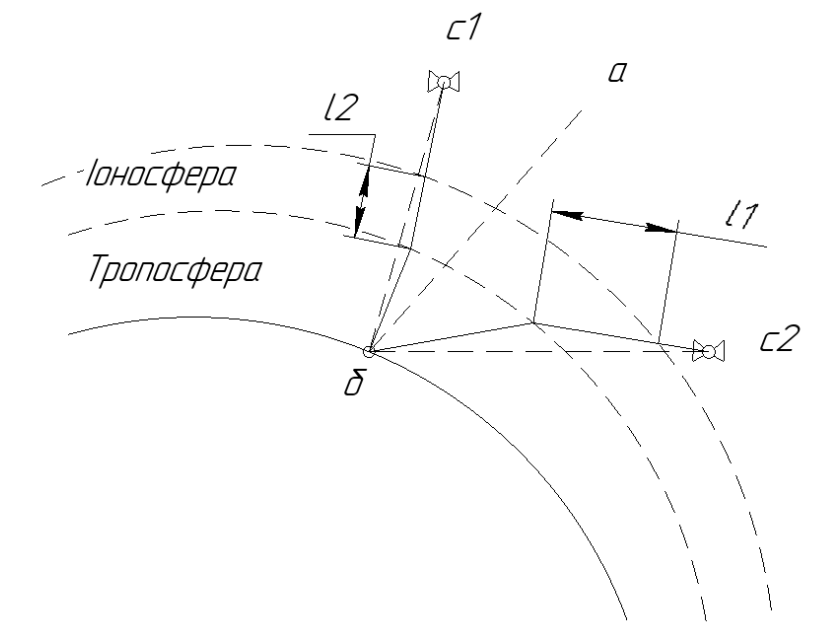


Рисунок 1.15 – Величина іоносферної затримки у залежності від кута під яким розташовано супутник відносно зеніту

а – зенітний кут;

б – приймач навігаційного сигналу;

c1 – перше можливе положення супутника;

c2 – друге можливе положення супутника.

Як видно з рисунку кут утворений лінією зеніту і лінією між першим можливим положенням супутника, менший ніж кут утворений лінією між зенітом і другим можливим положенням супутника. З рисунку також видно,

що шлях пройдений супутниковим сигналом від другого можливого положення супутника (12 на рис. 1.15) більший, ніж шлях пройдений від першого можливого положення супутника. З цього отримуємо, що внаслідок збільшення шляху проходження супутникового сигналу від супутника до приймача збільшиться час проходження, що вносить похибку у точність визначення КМО.

Тропосфера – нижня частина атмосфери Землі. Параметри тропосферної затримки однакові для частот f_1 і f_2 і залежать лише від кута, під яким супутник орієнтовано відносно умовного зенітного положення приймача. При оцінці впливу тропосферної затримки також треба враховувати те, що тропосфера зберігає однорідність на відносно малій ділянці своєї площини і, як наслідок, використання однієї і тієї ж поправки для двох приймачів супутникового сигналу рознесених на велику відстань не можливе. Слід також розуміти, що при використанні DGPS для підвищення точності визначення КМО, поправки передаються через радіоканал в діапазоні ультра коротких хвиль. Тобто помилка також може бути внесена через затримку поправки при поширенні її від бази до ровера.

1.12 Висновки до першого розділу

У розділі розглянуто структуру архітектури ГНСС, принцип визначення КМО за допомогою систем ГНСС, основні причини і фактори які впливають на точність визначення КМО за допомогою ГНСС, а також МПТ визначення КМО такі як: пост-обробка даних (PPC), кінематика реального часу (RTC) і метод диференційної корекції (DGPS). Аналіз алгоритму роботи цих методів показав, що для формування коректної поправки, важливу роль відіграє точність визначення КМО за допомогою базових станцій, тому набуває актуальності задача проведення дослідження оцінки величини впливу зовнішніх факторів на точність визначення КМО.

2 ВИЗНАЧЕННЯ СТУПІНІ ВПЛИВУ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ

2.1 Опис базових станцій задіяних у дослідженні

Для проведення дослідження використовуються накопичені за 2021 рік і початок 2022 року дані з трьох приймачів супутникового сигналу (рис. 2.1) мережі базових станцій (БС) розташованих у Харківській області та безпосередньо у місті Харків.

Для дослідження було обрано БС, яка розташована у місті Харків, БС розташовану у місті Красноград, а також БС розташовану у місті Ізюм.



Рисунок 2.1 – Обрані для проведення дослідження базові станції

Постійно діюча базова станція у місті Ізюм обладнана двочастотним приймачем Leica GR-10, у комплекті із супутниковою антеною Leica AT 504 GG None компанії Leica Geosystems. Антена встановлена на зварному кронштейні, який за допомогою анкерних болтів кріпиться до несучої стіни будівлі. На рисунку 2.2 показано будівлю на якій встановлено супутникову

антену і саму антену. Кріплення антени до стіни показано на рис. 2.3. Як видно з рисунку, перешкоди для проходження супутникового сигналу, які б могли створювати ефект затінення прямого сигналу відсутні.



Рисунок 2.2 – Будівля на якій встановлена постійно діюча базова станція у місті Ізюм

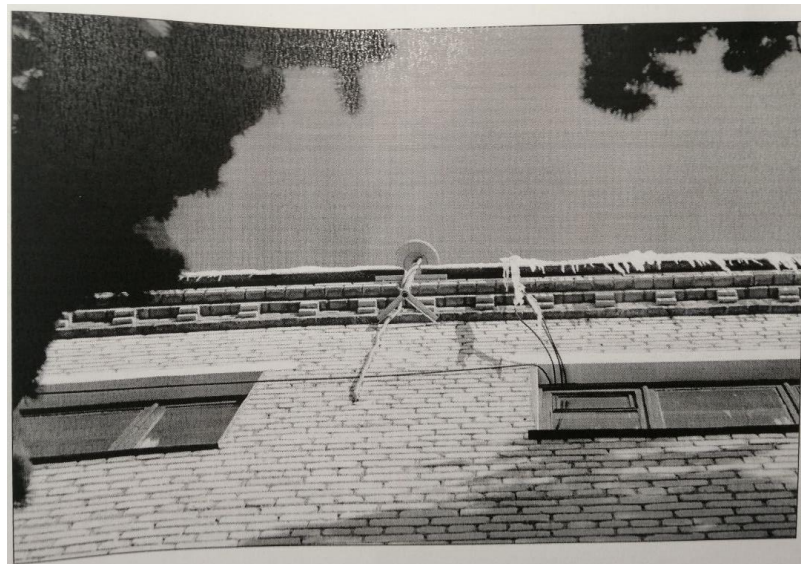


Рисунок 2.3 – Спосіб кріплення антени до стіни будівлі у місті Ізюм

Антену з'єднано семиметровим кабелем з приймачем супутникового сигналу Leica GR10, який розташовано у будівлі.

Постійно діюча базова станція у місті Красноград обладнана двочастотним приймачем Leica GR-10 у комплекті із супутниковою антеною Leica AT 504 GG None компанії Leica Geosystems. Антена також встановлена на зварному кронштейні, який за допомогою анкерних болтів кріпиться до несучої стіни будівлі. На рисунку 2.4 показано будівлю на якій встановлено супутникову антену. На рисунку 2.5 показано спосіб кріплення антени до несучої стіни будівлі. Як видно з рисунку, перешкоди для проходження супутникового сигналу, які б могли створювати ефект затінення прямого сигналу відсутні.



Рисунок 2.4 – Будівля на якій встановлено постійно діючу станцію у місті Красноград

Постійно діюча базова станція у місті Харків обладнана двочастотним приймачем Leica GR-10, у комплекті із супутниковою антеною Leica AT 504 GG None компанії Leica Geosystems. Будівля на даху якої змонтовано антену показано на рисунку 2.6.

Антена встановлена на пілоні, який вмонтовано до несучої стіни будівлі (рис 2.7). Як видно з рисунку, перешкоди для проходження супутникового сигналу, які б могли створювати ефект затінення прямого сигналу відсутні.



Рисунок 2.5 – Кріплення антени постійно діючої базової станції у місті Красноград



Рисунок 2.6 – Будівля на даху якої встановлено постійно діючу базову станцію у місті Харків



Рисунок 2.7 – Кріплення антени постійно діючої базової станції у місті Харків

Описані вище БС було обрано через їх географічне положення тобто відносно велику відстань між сусідніми антенами, що дозволяє у більшій мірі відслідкувати величину впливу зовнішніх факторів на точність визначення КМО, а також через те що вони зібрані на однаковій апаратурі, що урівнює точність визначення координат.

Антенa Leica AT 504 GG None без радіо-прозорого ковпаку зображена на рисунку 2.8.

Супутникова антена GNSS AT504 GG типу choke ring розроблена NASA/JPL і відповідає стандарту міжнародної служби International GNSS Service (IGS). Антенa має високу точність, з чудовими можливостями для придушення ефекту багатопроменевості супутникового сигналу і високою

стабільністю положення фазового центру (<1мм) і стійкістю до RF спотворень. Choke ring антена відповідає вимогам створення мереж базових GNSS станцій в усьому світі [11].



Рисунок 2.8 – Антена Leica AT 504 GG без радіо-прозорого ковпаку

Супутниковий приймач Leica GR-10 зображено на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Супутниковий приймач Leica GR-10

Технічні характеристики приймача супутникового сигналу Leica GR-10 приведені у таблиці 2.1 [12].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики приймача супутникового сигналу Leica GR-10

Характеристика	Значення
Формати	MDB, RINEX, Hatanaka
Об'єм пам'яті	32 гб.
Функція smart-clean	+
Формати видачі даних	Leica, Leica 4G, RTCM, LB2, BINEX, CMR, CMR+
Можливість інтеграції з Leica GNSS Spyder	+
Ступінь захисту	IP67

2.2 Структура RINEX-файлів. Система координат WGS-84. Система координат УСК-2000

Після визначення свого місцеположення за допомогою супутників, БС формують RINEX (Receiver Independent Exchange Format) файли – формат файлів для обміну вихідних даних («сирих») даних супутникових навігаційних приймачів. Такий формат дозволяє користувачам проводити пост-обробку отриманих даних для отримання більш точних результатів з урахуванням тих даних, які недоступні приймачу на момент вирахування КМО, таких як, наприклад, більш точна модель атмосферних параметрів в момент проведення розрахунку [13].

Формат містить у собі сім типів ASCII – файлів:

1. Файл з даними спостереження.
2. Файл навігаційного повідомлення.
3. Файл метеорологічних даних.
4. Файл навігаційного повідомлення ГЛОНАСС.
5. Файл навігаційного повідомлення GPS.
6. Файл даних супутникового годинника і годинника приймача.

7. Файл широкозонної коректуючої інформації.[14]

Структура заголовку RINEX файлу показана на рисунку 2.10

Формально RINEX файлу можна розділити на декілька блоків:

1. Заголовок файлу – включає у себе інформацію про версію RINEX файлу, дату і час спостереження, інформацію про приймач, яким виконано спостереження, антену за допомогою якої було прийнято сигнал і розраховані координати місця встановлення антени приймача.

2. Вимірювальний блок, тобто блок, в якому записано усі дані про виміряні псевдодальності від кожного супутника, а також тип спостереження.

Оскільки використовуються для визначення КМО використовуються супутники різних систем, то для їх ідентифікації використовуються окремі символи для кожної з супутникових систем, а також дві цифри (номер супутнику)[15].

У таблиці 2.2 приведено символи для позначення супутників.

Таблиця 2.2 – Символи для позначення супутників

Символ	Супутникова система G
G	GPS
R	ГЛОНАСС
E	Галілео
S	Сигнал з геостаціонарних супутників

Тобто позначення G11 буде означати, що сигнал отримано з одинадцятого супутнику системи GPS

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка						
1.0			COMPACT RINEX FORMAT							CRINEX VERS / TYPE
RNX2CRX ver.4.0.4				01-Jun-21 02:59						CRINEX PROG / DATE
2.11			OBSERVATION DATA	M						RINEX VERSION / TYPE
Spider V4,1,0,3784				2021 06 01 02:59						PGM / RUN BY / DATE
CHUG										MARKER NAME
CHUG										MARKER NUMBER
			LEICA GRX1200							OBSERVER / AGENCY
			TPSCR3 GG							REC # / TYPE / VERS
3304637.1947	2462566.6743	4851694.3371								ANT # / TYPE
0.0000	0.0000	0.0000								APPROX POSITION XYZ
1	1									ANTENNA: DELTA H/E/N
7	C1	L1	D1	P2	L2	D2	C2			WAVELENGTH FACT L1/2
1.000										# / TYPES OF OBSERV
2021	06	01	02	00	0.0000000		GPS			INTERVAL
2021	06	01	02	59	59.0000000		GPS			TIME OF FIRST OBS
18										TIME OF LAST OBS
24										LEAP SECONDS
G 5	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			# OF SATELLITES
G 7	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G 8	2943	2943	2943	2943	2943	2943	0			PRN / # OF OBS
G13	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G14	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G15	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G17	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G19	1394	1394	1394	1390	1390	1390	0			PRN / # OF OBS
G20	3217	3217	3217	3212	3212	3212	0			PRN / # OF OBS
G21	1190	1190	1190	1189	1189	1189	0			PRN / # OF OBS
G23	1677	1677	1677	1675	1675	1675	0			PRN / # OF OBS
G24	1260	1260	1260	1257	1257	1257	0			PRN / # OF OBS
G28	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
G30	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R 1	2874	2874	2874	2394	2394	2394	0			PRN / # OF OBS
R 6	847	847	847	0	0	0	0			PRN / # OF OBS
R 7	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R 8	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R 9	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R10	3272	3272	3272	0	0	0	0			PRN / # OF OBS
R16	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R17	1902	1902	1902	1902	1902	1902	0			PRN / # OF OBS
R18	3272	3272	3272	3272	3272	3272	0			PRN / # OF OBS
R19	2482	2482	2482	2414	2414	2414	0			PRN / # OF OBS
FOR DEMONSTRATION PURPOSES ONLY										COMMENT
THIS RINEX FILE IS CREATED FROM LB2 DATA										COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION										COMMENT
SNR is mapped to RINEX snr flag value [2-9]										COMMENT
Lx: = 25dBHz -> 1; 26-27dBHz -> 2; 28-31dBHz -> 3										COMMENT
32-35dBHz -> 4; 36-38dBHz -> 5; 39-41dBHz -> 6										COMMENT
42-44dBHz -> 7; 45-48dBHz -> 8; >=49dBHz -> 9										COMMENT
END OF HEADER										COMMENT
&21 06 01 02 00 0.0000000 0 18G05G07G08G13G14G15G17G20G28G30R06R07R08R09R10R16R17R18										

Рисунок 2.10 – Структура заголовку RINEX файлу

Приклад повного RINEX-файлу приведено у додатку В.

Отримані після проведення спостереження RINEX-файли завантажуються у програмне забезпечення Leica GNSS Spyder.

Пакет програмного забезпечення Leica GNSS Spyder. – програмна оболонка для централізованого керування мережами базових станцій ГНСС, за допомогою якого відкривається можливість роботи с диференційними поправками на точність визначення КМО як у режимі реального часу, так і під час пост-обробки виміряних даних [16].

Усі спостереження виконуються у системі координат WGS-84 (World Geodetic System 1984) – всесвітня геодезична система координат, заснована у

1984 році. На відміну від локальних систем координат, WGS-84 є єдиною для усієї планети. За основу WGS-84 взято еліпсоїд, оскільки реальна форма земної поверхні (геоїд) занадто складна для математичного опису, внаслідок чого, навіть при ідеальних умовах визначення КМО присутня помилка у 2 см.. У WGS-84, нульовим меридіаном вважається опорний меридіан, який проходить у $5,31''$ (~ 100 м) від Грінвіцьського меридіану [17]. Вісь z проходить через північний полюс, вісь x проходить через Грінвіцький меридіан (рис 2.11), що означає, що система координат обертається разом із Землею, а отже і координати точок змінюватися не повинні.

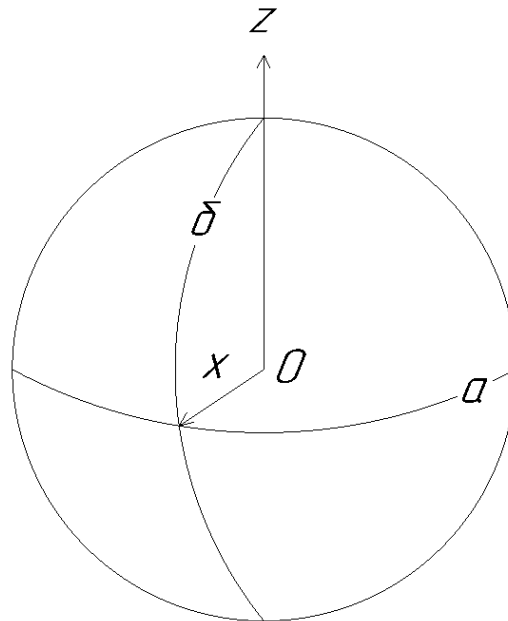


Рисунок 2.11 – Система координат WGS-84

а – лінія екватору;

б – Грінвіцьський меридіан;

Недоліком цієї системи координат можна назвати її статичність. Як відомо, тектонічні плити постійно рухаються. Так, наприклад, Австралія рухається на 70 мм., за рік. Таким чином, за останні 14 років, координати опорних точок системи WGS-84 у Австралії змістилися майже на метр. Саме через це більшість країн створили свої референсні системи координат для

використання з системами ГНСС, а також для проведення геодезичних вишукувань, робіт з землеустрою і будівельних робіт.

В Україні на державному рівні затверджена обов'язковість використання Державної референцної системи координат УСК-2000 під час виконання будь який робіт з землеустрою [18]. Деякі основні параметри системи УСК 2000 приведено у таблиці 2.3 [19].

Таблиця 2.3 – Деякі основні параметри системи координат УСК 2000

Назва параметру	Значення параметру
Назва вихідної системи координат	Державна референцна система координат УСК-2000
Назва еліпсоїду	Еліпсоїд Красовського
Одиниця виміру піввісі	Метр
Велика піввісь	6 378 245.00
Стиснення еліпсоїду	1/298,3
Одиниця виміру осьового меридіану	Градуси, хвилини, секунди
Тип місцевої системи координат	Прямокутна
Картографічна проекція	Гаусса-Крюгера
Масштабний коефіцієнт вздовж осьового меридіану	1.0000
Орієнтація координатної осі x	Північ
Орієнтація координатної осі y	Схід

Слід також враховувати, що похибка у визначенні КМО може бути викликана округленням значень, при перерахуванні отриманих значень координат від однієї системи координат до іншої.

2.3 Опис алгоритму проведення дослідження

Як було зазначено раніше, для проведення дослідження було обрано накопичені за 2021 рік і початок 2022 року дані з БС розташованих у місті Харків, місті Красноград і місті Ізюм. Вибір обумовлено їх географічним розташуванням (рис 2.11).

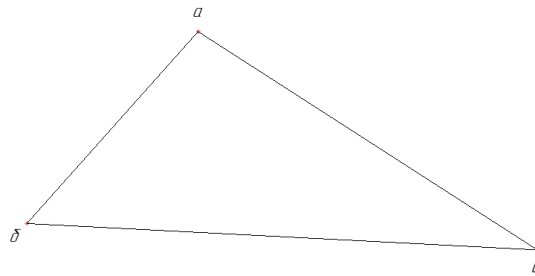


Рисунок 2.12 – Розташування обраних станцій

а – базова станція встановлена у місті Харків;

б – базова станція встановлена у масті Красноград;

в – базова станція встановлена у місті Ізюм.

Як видно з рисунку, у випадку побудови базової лінії між ними, утворюється трикутник, що є зручним для проведення трилатерації – процесу визначення координат місцезнаходження геодезичних пунктів, шляхом побудови на місцевості суміжних трикутників в яких вимірюються довжини їх сторін [20].

Для аналізу даних необхідних для дослідження використовується програмне забезпечення швейцарської компанії Leica Geosystems – Leica Infinity.

Leica Infinity – програмне забезпечення призначене для управління, обробки, аналізу і оцінки якості даних, які отримано з тахеометрів, ГНСС, цифрових нівелірів або БПЛА [21]. Містить у собі алгоритми передові алгоритми для обробки мультичастотних статичних і кінематичних спостережень, інструменти для глибокого аналізу результатів супутникових

спостережень, а також інструменти для автоматичного завантаження RINEX даних і точних поправок ефемерид [22].

Оцінювання величини впливу тих чи інших зовнішніх факторів виконано шляхом порівняння величини поправки, яка сформована програмним забезпеченням Leica Infinity за тих чи інших умов. У якості опорного пункту було обрано БС, яка встановлена у місті Харків. Таким чином БС встановлені у місті Красноград і у місті Ізюм у дослідженні виступають у якості мобільних приймачів супутникового сигналу. Такий вибір обумовлено найбільшим значенням стабільності роботи, яке показане БС яка встановлена у місті Харків.

З метою оцінки величини впливу атмосферних явищ на точність визначення КМО було обрано дані за перше число кожного місяця за обраний період часу. Період обертання супутника навколо земної поверхні становить 24 години, тому для зменшення впливу фактору взаємного положення супутників для аналізу обрано дані, які були сформовані у один і той же час, з періодичністю у один місяць.

Для цього дані завантажуються у програмне забезпечення Leica Infinity (рис. 2.12).

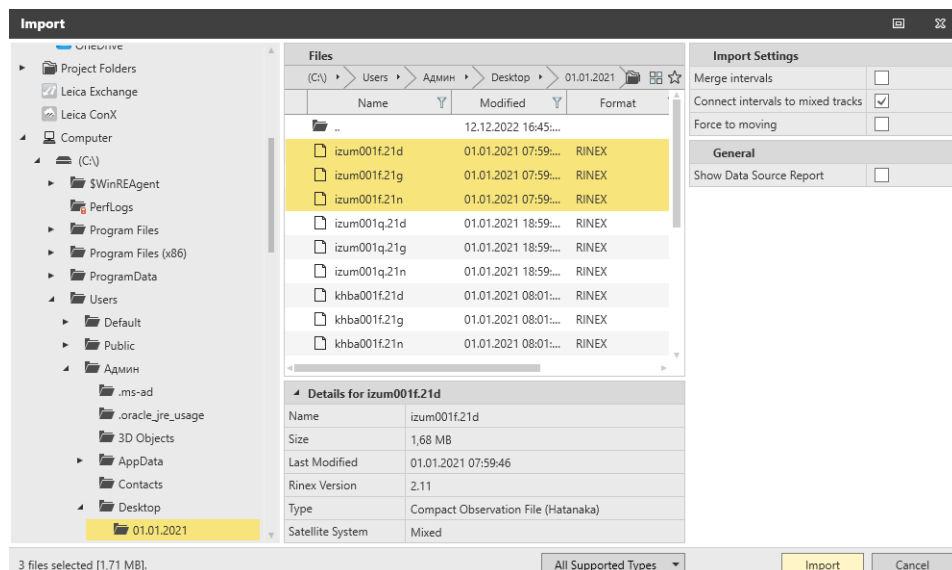


Рисунок 2.12 – Завантаження обраних даних у програмне забезпечення Leica Infinity

Призначається опорний пункт і мобільні приймачі супутникового сигналу (рису 2.13).

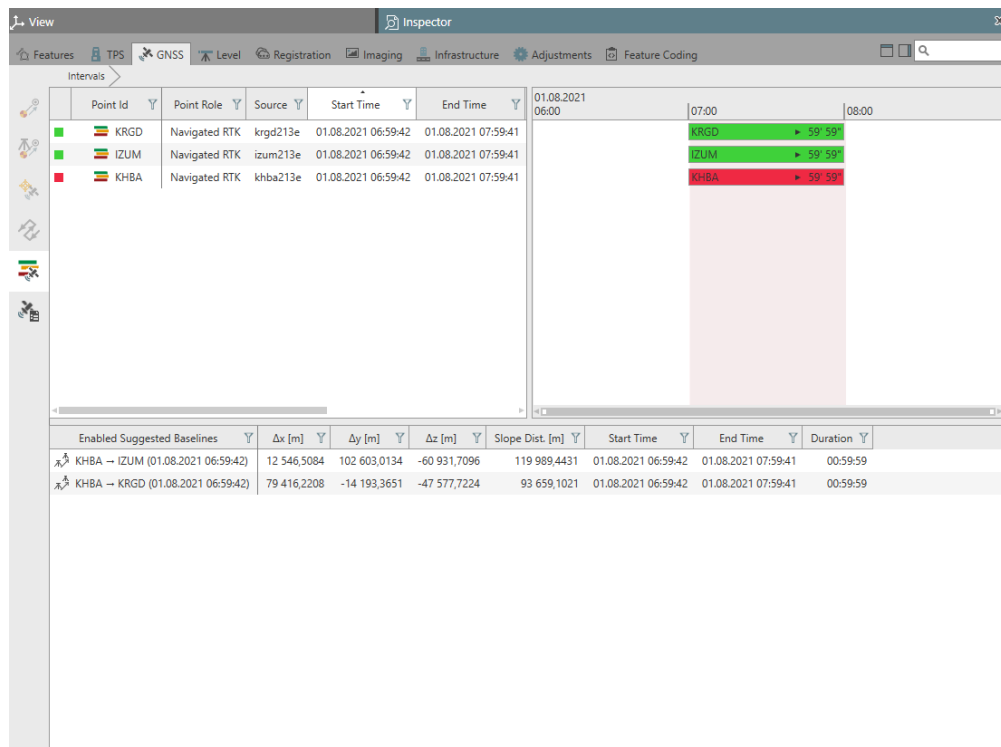


Рисунок 2.13 – Призначення опорного пункту і мобільних приймачів супутникового сигналу у програмному забезпечення Leica Infinity

Після цього виконується обробка даних і формування звіту. Алгоритм обробки показано на рисунку 2.14.

Для визначення величини впливу ефекту взаємного положення супутників, описаного у розділі 1.8 цієї роботи, проаналізовано накопичені за один день дані, з БС встановленої у місті Ізюм. БС станція виступала у ролі ровера. У якості бази було обрано БС встановлену у місті Харків. Для аналізу було обрано дані за 15 липня. Вибір аргументовано технічними особливостями роботи системи Leica GNSS Spyder. Приблизно в середині року у систему вносяться поправки на неточності ходу годинників, поправки на зміщення геодезичних пунктів через рух тектонічних плит, поправки ефемерид. Алгоритм проведення дослідження показано на рисунку 2.15.

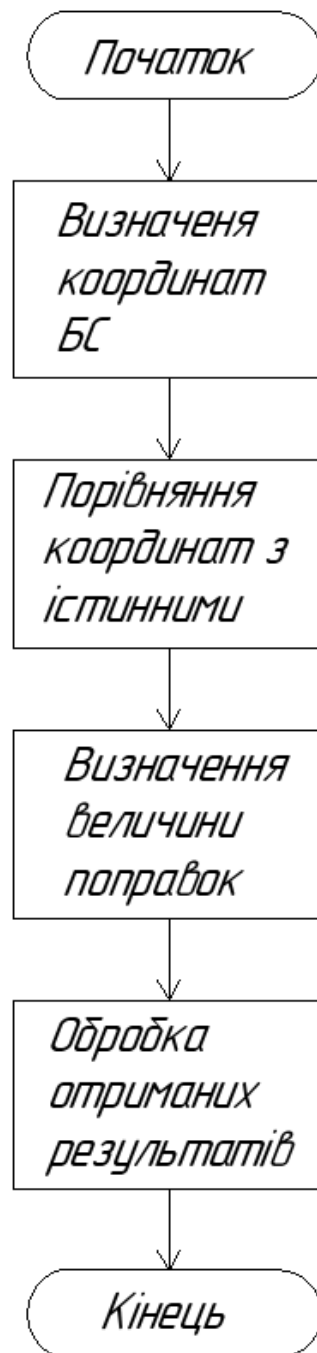


Рисунок 2.14 – Алгоритм визначення величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат об’єкта

Задля оцінки величини впливу фактору часу дня на точність визначення КМО виконано аналіз даних за 15 липня. Вибір аргументовано результатом дослідження впливу величини впливу атмосферних явищ на точність визначення КМО, оскільки обрано день з найменшим параметром сформованої поправки для обох мобільних приймачів супутникового сигналу.

Алгоритм проведення дослідження не відрізняється від алгоритму визначення величини впливу атмосферних явищ і зображений на рисунку 2.14.

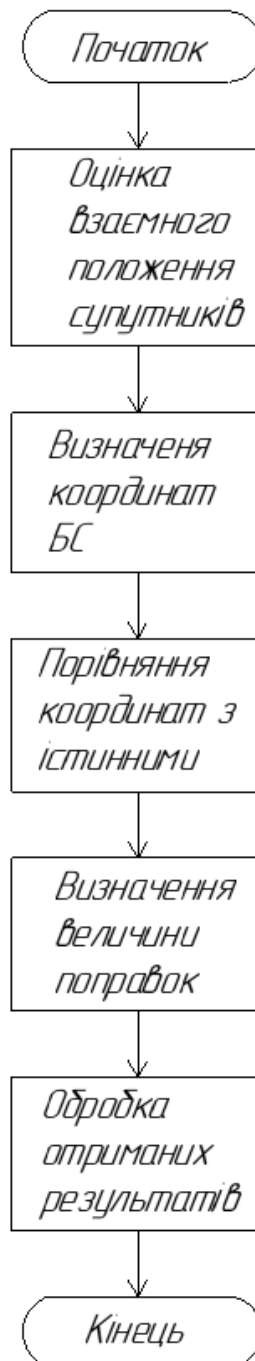


Рисунок 2.15 – Алгоритм оцінки впливу DOP-фактору на точність визначення координат

Для оцінки величини впливу кількості супутників, які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцеположення, виконано

аналіз величини поправки сформованої для кожного з мобільних приймачів сигналу також за 15 липня. Для дослідження виконано аналіз RINEX файлів, які сформовані БС встановленої у місті Харків. Алгоритм проведення експерименту показано на рисунку 2.16.

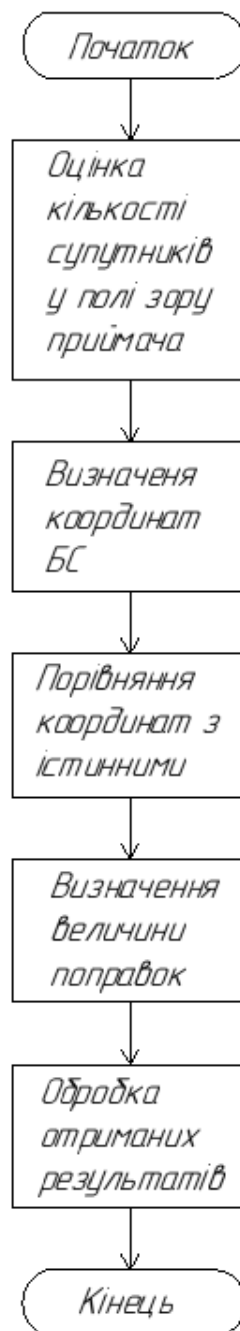


Рисунок 2.16 – Алгоритм оцінки величини впливу фактору кількості супутників які спостерігає приймач у момент визначення координат

2.4 Аналіз величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта

Координати БС встановленої у місті Ізюм, у системі WGS-84 показано у таблиці 2.4. Координати тієї ж БС у системі УСК-2000 показано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Координати базової станції встановленої у місті Ізюм в системі WGS-84

Широта	49°11' 31,97" N
Довгота	37° 16' 38,74" E
Висота еліпсу	107, 4940 м.

Таблиця 2.5 – Координати базової станції встановленої у місті Ізюм в системі координат УСК-2000

На схід	7 374 554, 1397 м.
На північ	5 452 532, 1377 м.
Висота еліпсу	90, 7509 м.

Координати БС, встановленої у місті Харків у системі координат WGS-84, показано у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Координати базової станції встановленої у місті Харків у системі координат WGS-84.

Широта	50°02' 11,59" N
Довгота	36° 14' 37,98" E
Висота еліпсу	218, 3401 м.

Координати БС, встановленої у місті Харків у системі координат УСК - 2000 показано у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Координати базової станції встановленої у місті Харків у системі координат УСК-2000

На схід	7 302 670, 4877 м.
На північ	5 548 653, 1139 м.
Висота еліпсу	200, 3787 м.

Координати БС, встановленої у місті Красноград у системі координат WGS-84, показано у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Координати базової станції встановленої у місті Красноград у системі координат WGS-84.

Широта	49°22' 31,55" N
Довгота	35° 26' 22,91" E
Висота еліпсу	189, 1190 м.

Координати БС, встановленої у місті Красноград у системі координат УСК -200 показано у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Координати базової станції встановленої у місті Красноград у системі координат УСК-2000

На схід	7 241 584, 0997 м.
На північ	5 477 579, 9359 м.
Висота еліпсу	170, 0521 м.

Величина поправки визначення шляхом спостереження за зміною координат обраних БС, які виступають у якості роверів, після корегування координат базою і розраховані для системи координат УСК – 2000.

Значення координат БС після врахування поправки на 8:00, 01.01.2021 показано на рисунках 2.17 і 2.18 для БС у місті Ізюм і для БС у місті Красноград відповідно.

Local Position	
Easting	7 374 554,4639 m
Northing	5 452 531,9597 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	90,5915 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▼
Latitude	49° 11' 31,97" N
Longitude	37° 16' 38,76" E
Ellip. Height	107,3345 m

Рисунок 2.17 – Координати БС у місті Ізюм після внесення поправки
На 8:00, 01.01.2021

Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.01.2021 приведені у таблиці 2.10. Величини поправок для БС у місті Красноград, в той же момент часу приведені у таблиці 2.11

Local Position	
Easting	7 241 584,4177 m
Northing	5 477 579,7696 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	169,8688 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▼
Latitude	49° 22' 31,55" N
Longitude	35° 26' 22,92" E
Ellip. Height	188,9357 m

Рисунок 2.18 – Координати БС у місті Красноград після внесення поправки
на 8:00, 01.01.2021

Таблиця 2.10 – Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.01.2021

На схід	+ 0,3242 м.
На північ	- 0,178 м.
Висота еліпсу	- 0,1594 м.

Таблиця 2.11 – Величини поправок для БС у місті Красноград на 8:00, 01.01.2021

На схід	+ 0,318 м.
На північ	- 0,163 м.
Висота еліпсу	- 0,1833 м.

Приклад повний звіт, сформованого за результатами експерименту приведено у додатку Б.

Значення координат БС після врахування поправки на 8:00, 01.02.2021 показано на рисунках 2.19 і 2.20 для БС у місті Ізюм і для БС у місті Красноград відповідно.

Local Position	
Easting	7 374 554,4693 m
Northing	5 452 531,9513 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	90,5611 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▾
Latitude	49° 11' 31,97" N
Longitude	37° 16' 38,76" E
Ellip. Height	107,3041 m

Рисунок 2.19 – Координати БС у місті Ізюм після внесення поправки на 8:00, 01. 02.2021

Local Position	
Easting	7 241 584,4177 m
Northing	5 477 579,7549 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	169,8964 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▾
Latitude	49° 22' 31,55" N
Longitude	35° 26' 22,92" E
Ellip. Height	188,9634 m

Рисунок 2.20 – Координати БС у місті Красноград після внесення поправки
На 8:00, 01. 02.2021

Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.02.2021 приведені у таблиці 2.12. Величини поправок для БС у місті Красноград, в той же момент часу приведені у таблиці 2.13

Таблиця 2.12 – Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.02.2021

На схід	+0,3296 м.
На північ	- 0,1864 м.
Висота еліпсу	- 0,1898 м.

Таблиця 2.13 – Величини поправок для БС у місті Красноград на 8:00, 01.02.2021

На схід	+ 0,318 м.
На північ	- 0,181 м.
Висота еліпсу	- 0,1557 м.

Значення координат БС після врахування поправки на 8:00, 01.03.2021 показано на рисунках 2.21 і 2.22 для БС у місті Ізюм і для БС у місті Красноград відповідно.

Local Position	
Easting	7 374 554,4606 m
Northing	5 452 531,9714 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	90,6344 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▼
Latitude	49° 11' 31,97" N
Longitude	37° 16' 38,76" E
Ellip. Height	107,3775 m

Рисунок 2.21 – Координати БС у місті Ізюм після внесення поправки на 8:00, 01. 03.2021

Local Position	
Easting	7 241 584,4269 m
Northing	5 477 579,7682 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	169,8906 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▼
Latitude	49° 22' 31,55" N
Longitude	35° 26' 22,92" E
Ellip. Height	188,9575 m

Рисунок 2.22 – Координати БС у місті Красноград після внесення поправки на 8:00, 01. 03.2021

Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.03.2021 приведені у таблиці 2.14. Величини поправок для БС у місті Красноград, в той же момент часу приведені у таблиці 2.15

Таблиця 2.14 – Величини поправок для БС у місті Ізюм на 8:00, 01.03.2021

На схід	+0,3209 м.
На північ	-0,1636м.
Висота еліпсу	-0,1165м.

Таблиця 2.15 – Величини поправок для БС у місті Красноград на 8:00, 01.03.2021

На схід	+0,3272м.
На північ	-0,1677м.
Висота еліпсу	-0,1615м.

У роботі показано процес розрахування величини поправки для трьох місяців. Повний результат дослідження впливу атмосферних явищ на точність визначення КМО для базової станції розташованої у місті Ізюм, відображено у таблиці 2.16. Результати експерименту для базової станції, розташованої у місті Красноград показано у таблиці 2.17.

Таблиця 2.16 – Результат дослідження впливу атмосферних явищ на точність визначення координат об'єкта базової станції встановленої у Ізюмі

1	Вид поправки (м.)		
	2	3	4
Місяць	На схід	На північ	Висота еліпсу
Січень	+ 0,3242	- 0,1780	- 0,1594
Лютий	+0,3296	- 0,1864	- 0,1898
Березень	+0,3209	-0,1636	-0,1165

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4
Квітень	.+0,2957	-0,1374	-0,0985
Травень	+0,1463	-0,0085	-0,0685
Червень	-0,0067	-0,0015	-0,0352
Липень	-0,0003	+0,007	-0,0109
Серпень	+0,0016	-0,0085	-0,0050
Вересень	+0,0164	+0,0063	-0,0221
Жовтень	+0,1957	-0,0864	-0,0658
Листопад	+0,3156	-0,2576	-0,1123
Грудень	+0,3287	-0,1689	-0,1456

Таблиця 2.17 - Результат дослідження впливу атмосферних явищ на точність визначення координат об'єкта базової станції встановленої у Краснограді

1	Вид поправки (м.)		
	2	3	4
Місяць	На схід	На північ	Висота еліпсу
Січень	+ 0,3180	- 0,1630	- 0,1833
Лютий	+0,3180	- 0,1810	- 0,1557
Березень	+ 0,3272	-0,1677	-0,1615
Квітень	+0,2985	-0,1364	-0,1243
Травень	+0,1365	-0,0847	-0,0964
Червень	+0,0465	-0,0598	-0,0432
Липень	+0,0225	-0,0367	-0,0125
Серпень	+0,0059	-0,0119	-0,0050
Вересень	+0,0289	-0,0355	-0,0063
Жовтень	+0,0786	-0,0862	-0,0381
Листопад	+0,1685	-0,1345	-0,0932
Грудень	+0,2975	-0,1563	-0,1238

2.5 Визначення величини впливу DOP – фактору, фактору вибору часу зйомки, на точність визначення координат об'єкта. Оцінка величини впливу взаємного положення супутників на точність визначення координат

Кількість супутників, які спостерігає приймач протягом обраного для проведення аналізу дня (15.07.2021), приведена у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Кількість супутників, які спостерігає приймач протягом дня

Часовий проміжок спостереження	Супутникова система		Усього супутників
	GPS	ГЛОНАСС	
1	2	3	4
0:00 – 0:59	11	6	17
1:00 – 1:59	10	8	18
2:00 – 2:59	11	7	18
3:00 – 3:59	11	9	20
4:00 – 4:59	11	9	20
5:00 – 5:59	11	8	19
6:00 – 6:59	12	9	21
7:00 – 7:59	9	7	16
8:00 – 8:59	10	9	19
9:00 – 9:59	9	9	18
10:00 – 10:59	10	8	18
11:00 – 11:59	11	9	20
12:00 – 12:59	13	9	21
13:00 – 13:59	10	7	17
14:00 – 14:59	11	8	19
15:00 – 15:59	9	7	16
16:00 – 16:59	10	8	18
17:00 – 17:59	11	10	21

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4
18:00 – 18:59	11	9	20
19:00 – 19:59	9	10	19
20:00 – 20:59	12	9	21
21:00 – 21:59	13	8	21
22:00 – 22:59	10	7	17
23:00 – 23:59	10	7	17

Координат БС після врахування поправки, у часовий проміжок спостереження 0:00 – 0:59, 15.07.2021 для БС у місті Ізюм показано на рисунку 2.23

Величини поправок для БС у місті Ізюм за час спостереження 0:00 – 0:59, 15.07.2021 приведені у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Величини поправок для БС у місті Ізюм за час спостереження 0:00 – 0:59, 15.07.2021

На схід	-0,0077 м.
На північ	+0,0113 м.
Висота еліпсу	- 0,0269м.

Координат БС після врахування поправки, у часовий проміжок спостереження 1:00 – 1:59, 15.07.2021 для БС у місті Ізюм показано на рисунку 2.24

Величини поправок для БС у місті Ізюм за час спостереження 1:00 – 1:59, 15.07.2021 приведені у таблиці 2.21.

▲ Текущее местоположение	
Восток	7 241 584,101 м
Север	5 477 579,943 м
Ортометрическая выс	- м
Эллипсоидальная выс	169,991 м
Аномалия высоты	- м
▲ WGS84 координаты	
На выходе	Геодезическая WG!▼
Широта	49° 22' 31,55" С
Долгота	35° 26' 22,91" В
Эллипсоидальная выс	189,058 м

Рисунок 2.23 – Координаты БС у місті Ізюм у часовий проміжок спостереження 0:00 – 0:59, 15.07.2021

▲ Текущее местоположение	
Восток	7 374 554,135 м
Север	5 452 532,141 м
Ортометрическая выс	- м
Эллипсоидальная выс	90,647 м
Аномалия высоты	- м
▲ WGS84 координаты	
На выходе	Геодезическая WG!▼
Широта	49° 11' 31,97" С
Долгота	37° 16' 38,74" В
Эллипсоидальная выс	107,390 м

Рисунок 2.24 – Координаты БС у місті Ізюм у часовий проміжок спостереження 1:00 – 1:59, 15.07.2021

Таблиця 2.20 – Величини поправок для БС у місті Ізюм а час спостереження 1:00 – 1:59, 15.07.2021

На схід	-0,0047 м.
На північ	+0,0033 м.
Висота еліпсу	-0,039 м.

Координат БС після врахування поправки, у часовий проміжок спостереження 2:00 – 2:59, 15.07.2021 для БС у місті Ізюм показано на рисунку 2.25.

Величини поправок для БС у місті Ізюм за час спостереження 2:00 – 2:59, 15.07.2021 приведені у таблиці 2.22.

Local Position	
Easting	7 374 554,4606 m
Northing	5 452 531,9714 m
Ortho. Height	- m
Ellip. Height	90,6344 m
Geoid Separation	- m
WGS84 Position	
Output	WGS84 Geodetic ▼
Latitude	49° 11' 31,97" N
Longitude	37° 16' 38,76" E
Ellip. Height	107,3775 m

Рисунок 2.25 – Координати БС у місті Ізюм у часовий проміжок спостереження 2:00 – 2:59, 15.07.2021

Таблиця 2.20 – Величини поправок для БС у місті Ізюм за час спостереження 2:00 – 2:59, 15.07.2021

На схід	-0,0056 м.
На північ	+ 0,0040 м.
Висота еліпсу	- 0, 0360 м.

У роботі показано процес розрахування величини поправки для часових проміжків спостереження. Повний результат визначення величини впливу фактору кількості супутників, які спостерігає приймач супутникового сигналу під час проведення вимірювань показано у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Результат дослідження впливу фактору кількості супутників, які спостерігає приймач під час вимірювань.

Часовий проміжок	Кількість супутників	Поправка на схід (м)	Поправка на північ (м)	Поправка на висоту еліпсоїду(м)
1	2	3	4	5
0:00 – 0:59	17	-0,0077.	+0,0113	- 0,0369
1:00 – 1:59	18	-0,0047	+0,0033	-0,0390
2:00 – 2:59	18	-0,0056	+0,0040	-0,0360
3:00 – 3:59	20	-0,0043	+0,0035	-0,0271
4:00 – 4:59	20	-0,0039	+0,0037	-0,0273
5:00 – 5:59	19	-0,0045	+0,0041	-0,0280
6:00 – 6:59	21	-0,0038	+0,0033	-0,0268
7:00 – 7:59	16	-0,0102	+0,0098	-0,0380
8:00 – 8:59	19	-0,0042	+0,0040	-0,0278
9:00 – 9:59	18	-0,0044	+0,0047	-0,0392
10:00 – 10:59	18	-0,0044	+0,0047	-0,0394
11:00 – 11:59	20	-0,0038	+0,0035	-0,0274
12:00 – 12:59	21	-0,0037	+0,0032	-0,0237
13:00 – 13:59	17	-0,0098	+0,0087	-0,0280
14:00 – 14:59	19	-0,0046	+0,0042	-0,0278
15:00 – 15:59	16	-0,0106	+0,0098	-0,0365
16:00 – 16:59	18	-0,0039	+0,0037	-0,0345
17:00 – 17:59	21	-0,0035	+0,0031	-0,0244
18:00 – 18:59	20	-0,0040	+0,0037	-0,0270
19:00 – 19:59	19	-0,0043	+0,0039	-0,0275

Продовження таблиці 2.21

1	2	3	4	5
19:00 – 19:59	19	-0,0043	+0,0039	-0,0275
20:00 – 20:59	21	-0,0039	+0,0037	-0,0265
21:00 – 21:59	21	-0,0036	+0,0035	-0,0263
22:00 – 22:59	17	-0,0093	+0,0079	-0,0365
23:00 – 23:59	17	-0,0094	+0,0083	-0,0370

Проаналізувавши дані про положення супутників у певні моменти часу, було прийнято рішення для визначення величини впливу, використати дані з попереднього дослідження, але з періодичністю у 3 години. Таким чином, для оцінки величини впливу DOP-фактору на точність визначення КМО використано дані приведені у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Дані для оцінки величини впливу DOP-фактору на точність визначення координат об'єкта

Проміжок часу	Поправка на схід (м)	Поправка на північ (м)	Поправка на висоту еліпсоїду(м)
0:00 – 0:59	-0,0077.	+0,0113	- 0,0369
3:00 – 3:59	-0,0043	+0,0035	-0,0271
6:00 – 6:59	-0,0038	+0,0033	-0,0268
9:00 – 9:59	-0,0044	+0,0047	-0,0392
12:00 – 12:59	-0,0037	+0,0032	-0,0237
15:00 – 15:59	-0,0106	+0,0098	-0,0365
18:00 – 18:59	-0,0036	+0,0035	-0,0263
21:00 – 21:59	-0,0036	+0,0035	-0,0263
23:00 – 23:59	-0,0094	+0,0083	-0,0370

2.6 Висновки до другого розділу:

1. У розділі виконано опис місця встановлення, технічних характеристик, а також апаратної частини базових станцій, які використовуються для дослідження величини впливу

2. Розглянуто структуру даних RINEX-файлів, тобто файлів які формують базові станції, що дає розуміння тих супутникових даних, які

записують приймачі в момент визначення координат свого місцезнаходження. З метою розуміння не явних причини виникнення похибки у точності координат описано основні параметри систем координат WGS-84, а також УСК-2000.

3. Описано алгоритм проведення дослідження.

4. Проаналізовано дані з базових станцій встановлених у місті Ізюм, а також у місті Красноград з метою оцінки величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта, а також з метою визначення величини впливу фактору вибору часу виконання спостереження на точність визначення координат об'єкта. Проведена оцінка величини впливу взаємного положення супутників на точність визначення координат

3 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ВІД ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ

3.1 Аналіз результатів дослідження величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат

Результати дослідження величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат для БС встановлених у місті Ізюм і місті Красноград представлені у таблицях 2.16 і 2.17 відповідно розділу 2.4 цієї роботи. Для більш наглядної демонстрації результатів побудовано графіки залежності величини поправки на координати БС у залежності від атмосферних умов. Побудовані графіки представлені на рисунку 3.1 для БС встановленої у місті Ізюм і на рисунку 3.2 для базової станції встановленої у місті Красноград.

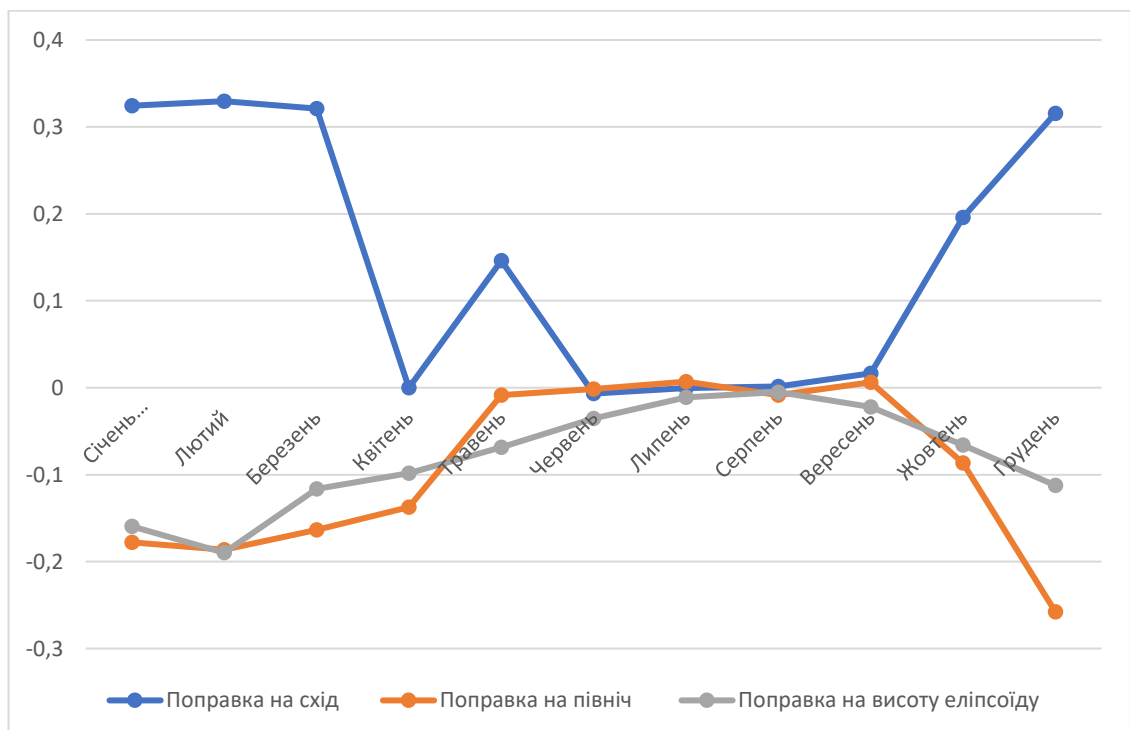


Рисунок 3.1 – Графік залежності величини поправки у залежності від величини впливу атмосферних явищ за 2021 рік для базової станції встановленої у місті Ізюм

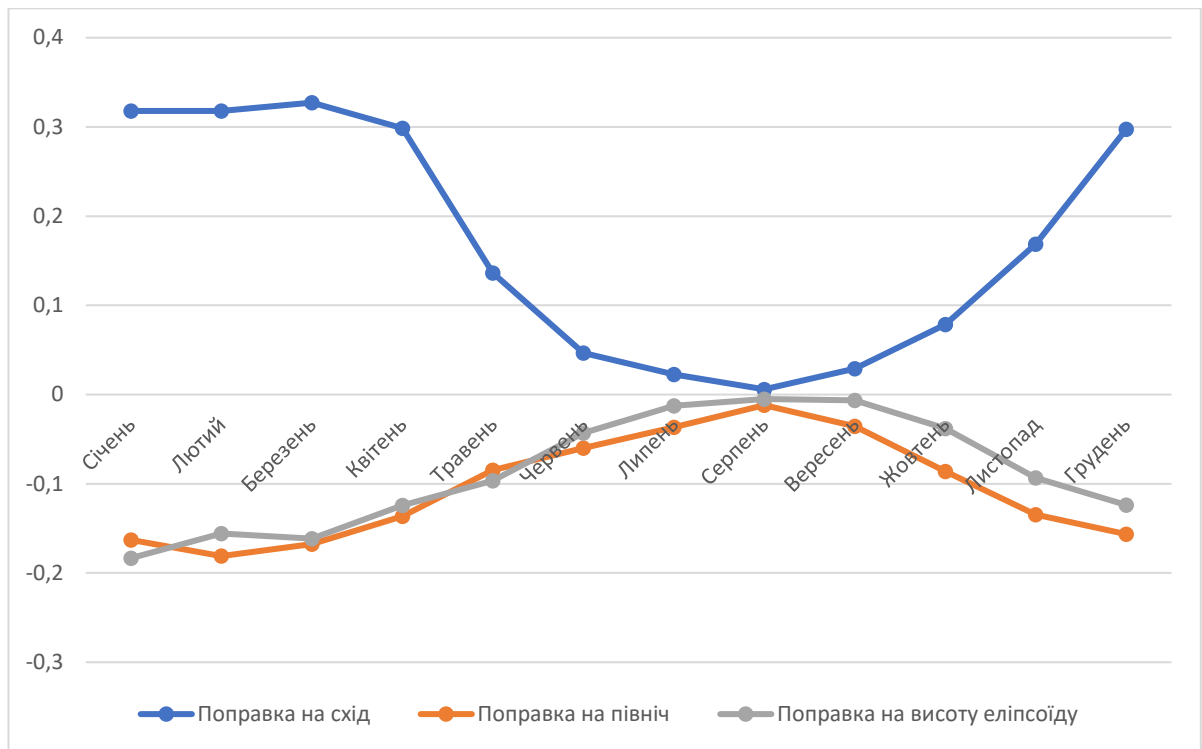


Рисунок 3.2 - Графік залежності величини поправки у залежності від величини впливу атмосферних явищ за 2021 рік для базової станції встановленої у місті Красноград

Як видно з графіків, величина поправки зменшується ближче до середини року. Це може бути обумовлено декількома факторами:

1. Проведенням регламентних робіт на web-сервері Leica GNSS Spyder, які включають у себе внесення нових поправок на точність місцеположення опорних пунктів внаслідок руху тектонічних плит, поправок на точність ходу годинників і інші.

2. Внесенням поправки компанією власником мережі БС «Сістем Солюшн» які працюють напряду з інститутом геодезії у картографії України.

Таким чином, виходячи з результатів дослідження величини впливу атмосферних явищ, а саме іоносферної і тропосферної затримки, хмарності, опадів, на точність визначення координат об'єкта, можна сказати, що найбільший вплив атмосферних явищ спостерігається у зимні місяці року (починаючи з жовтня і закінчуючи початком травня). Найменший вплив

атмосферних явищ на точність визначення координат спостерігається у літні місяці (починаючи з початку травня і закінчуючи початком жовтня місяцю).

3.2 Аналіз величини впливу DOP-фактору, фактору вибору часу виконання спостереження на точність визначення координат об'єкта, а також величини впливу взаємного положення супутників на точність визначення координат

Результати дослідження величини впливу фактору кількості супутників, які спостерігає приймач під час визначення свого місцеположення приведено у таблиці 2.21 розділу 2.5 цієї роботи. Для більш наглядної демонстрації побудовано графіки зміни величини поправки КМО у залежності від кількості супутників на небесному тлі під час визначення координат. На рисунку 3.3 представлено графік залежності величини поправки на схід від кількості супутників, які спостерігає приймач у момент визначення координат свого місцезнаходження, розрахований за допомогою даних отриманих з БС встановленої у місті Ізюм за 15.07.2021.

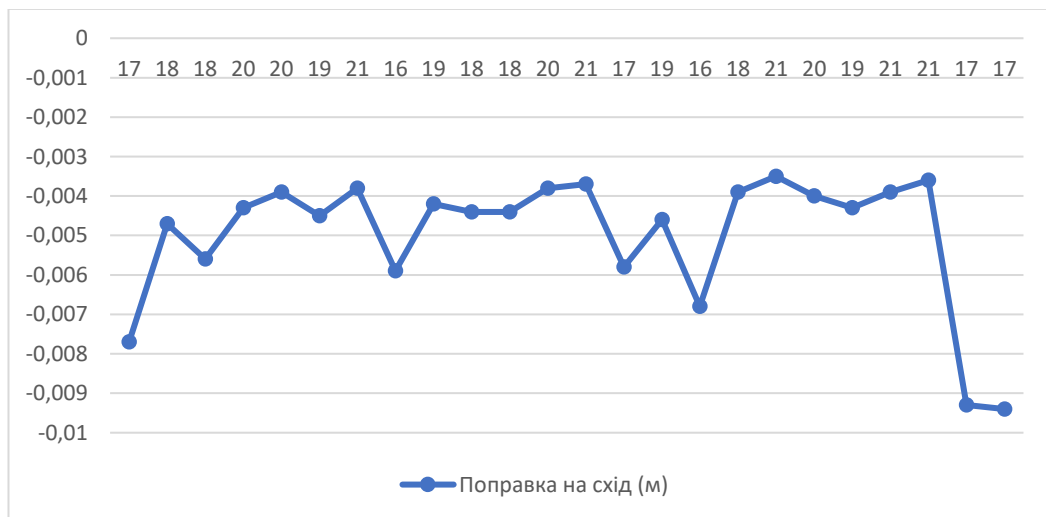


Рисунок 3.3 - представлено графік залежності величини поправки на схід від кількості супутників, які спостерігає приймач у момент визначення координат свого місцезнаходження

Графік залежності величини поправки на південь від кількості супутників які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження для БС розташованої у місті Ізюм за 15.07.2021 показано на рисунку 3.4.

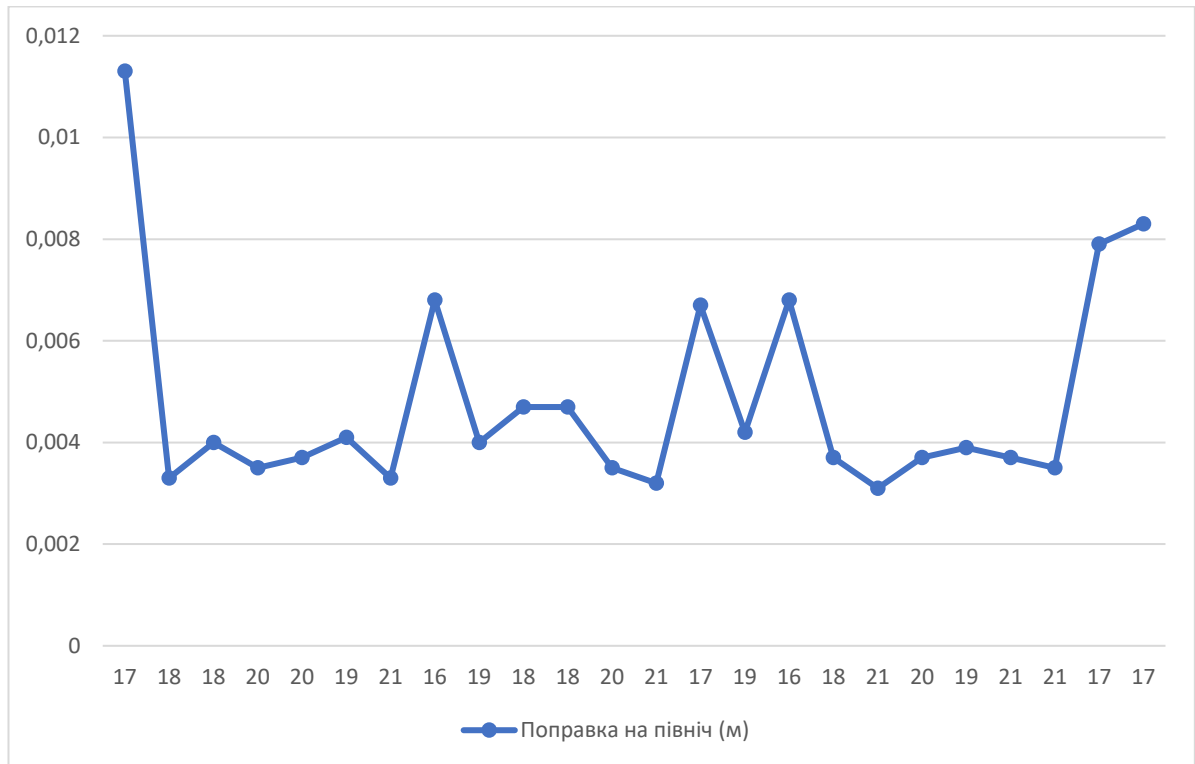


Рисунок 3.4 - Графік залежності величини поправки на південь від кількості супутників які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження для БС розташованої у місті Ізюм за 15.07.2021

Графік залежності величини поправки на висоту еліпсоїда від кількості супутників які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження для БС розташованої у місті Ізюм за 15.07.2021 показано на рисунку 3.5.

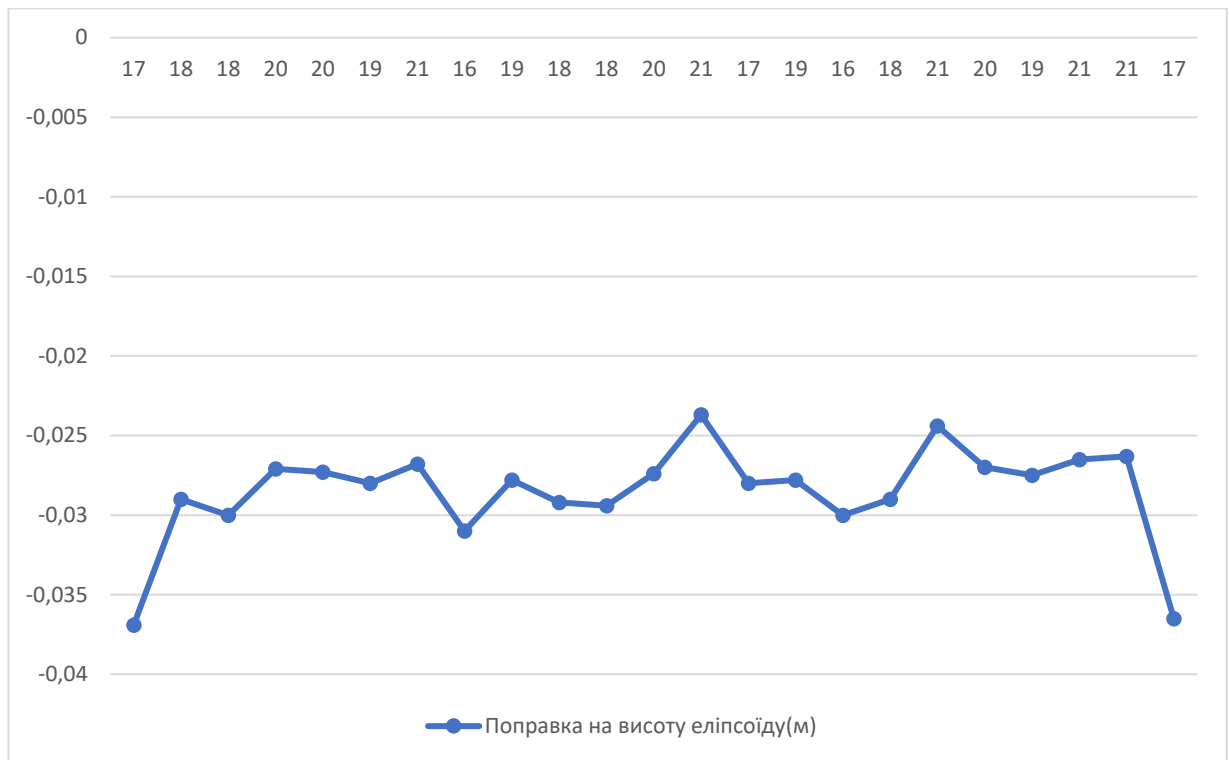


Рисунок 3.5 - Графік залежності величини поправки на висоту еліпсоїда від кількості супутників які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження для БС розташованої у місті Ізюм за 15.07.2021

Проаналізувавши отримані графіки можна зробити висновок, що найменше значення поправки спостерігається у випадку, коли під час визначення КМО супутниковий сигнал спостерігає найбільшу кількість супутників.

З метою оцінки величини впливу DOP-фактору на величину сформованої поправки побудовано графік, показаний на рисунку 3.6.

Для побудови графіку було використано дані, отримані в ході виконання аналізу величини впливу фактору кількості супутників, які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження. Після аналізу траєкторії і швидкості руху супутників, було прийнято рішення використати дані з періодичність у три години. Обрані дані представлено у таблиці 2.22 розділу 2.5 цієї роботи.

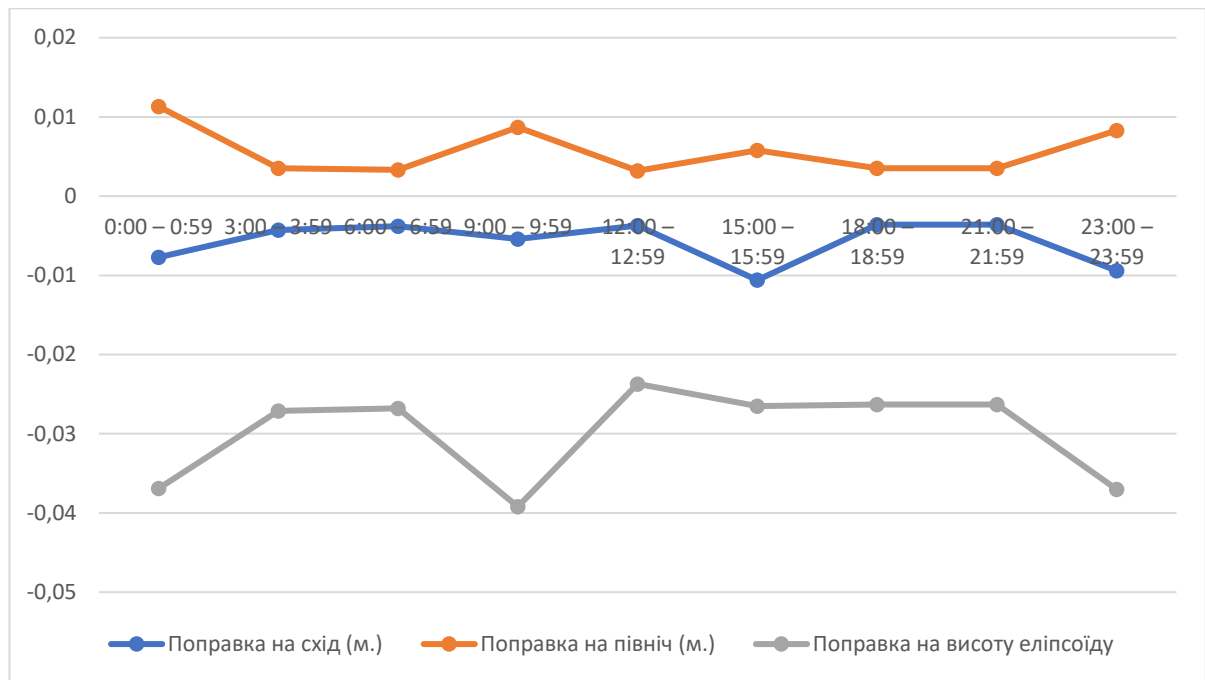


Рисунок 3.6 – Графік залежності величини поправки від DOP-фактору

Величина DOP-фактору пропорційна величині похибки, яка виникає у результаті її впливу на точність визначення координат. Таким чином проаналізувавши дані за більший період часу, наприклад за весь період роботи базових станцій, систематизувавши результати по рокам, усереднивши результати можна обрати години для проведення геодезичних, будівельних робіт, або робіт з землеустрою, під час яких вплив DOP – фактору на точність визначення координат найменший. Отримані результати свідчать, що найменший вплив взаємного положення супутників спостерігається у періоди з третьої години ранку до сьомої години ранку, а також у період с шостої години вечора до 10 години вечора.

Графік залежності величини поправки на схід від вибору часу проведення зйомки показано на рисунку 3.7.

Усі представлені у розділі графіки показані для ознайомлення. Для більш детального аналізу графіки приведені у додатку Г.

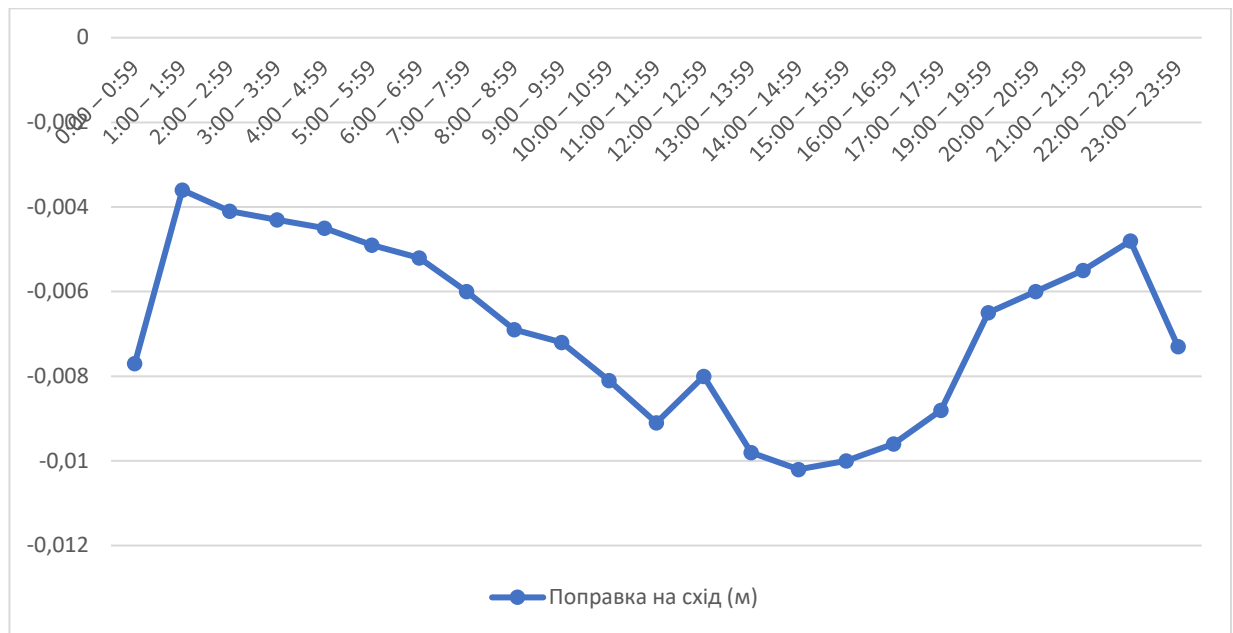


Рисунок 3.7 – Графік залежності величини поправки на схід від часу доби

3.3 Оцінка ефективності прийнятих рішень

З метою оцінки ефективності прийнятих рішень було проведено серію вимірювань координат місцезнаходження об'єкта за допомогою з урахуванням отриманих даних. Результати, отримані в ході оцінки приведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Величина похибки для вимірювань, з урахуванням отриманих даних.

Часовий проміжок	Кількість супутників	Поправка на схід (м)	Поправка на північ (м)	Поправка на висоту еліпсоїду(м)
1	2	3	4	5
0:00 – 0:59	17	-0,0036.	+0,0095	- 0,0369
1:00 – 1:59	18	-0,0032	+0,0021	-0,0350
2:00 – 2:59	18	-0,0043	+0,0029	-0,0330
3:00 – 3:59	20	-0,0038	+0,0021	-0,0251
4:00 – 4:59	20	-0,0030	+0,0029	-0,0243
5:00 – 5:59	19	-0,0034	+0,0031	-0,0230
6:00 – 6:59	21	-0,0026	+0,0023	-0,0238
7:00 – 7:59	16	-0,0072	+0,0071	-0,0360
8:00 – 8:59	19	-0,0029	+0,0030	-0,0238

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
9:00 – 9:59	18	-0,0034	+0,0032	-0,0362
10:00 – 10:59	18	-0,0034	+0,0032	-0,0364
11:00 – 11:59	20	-0,0028	+0,0028	-0,0254
12:00 – 12:59	21	-0,0027	+0,0026	-0,0227
13:00 – 13:59	17	-0,0068	+0,0045	-0,0260
14:00 – 14:59	19	-0,0036	+0,0055	-0,0258
15:00 – 15:59	16	-0,0086	+0,0062	-0,0345
16:00 – 16:59	18	-0,0025	+0,0025	-0,0325
17:00 – 17:59	21	-0,0021	+0,0024	-0,0224
18:00 – 18:59	20	-0,0027	+0,0026	-0,0260
19:00 – 19:59	19	-0,0021	+0,0022	-0,0235
19:00 – 19:59	19	-0,0026	+0,0027	-0,0215
20:00 – 20:59	21	-0,0028	+0,0025	-0,0245
21:00 – 21:59	21	-0,0023	+0,0032	-0,0233
22:00 – 22:59	17	-0,0079	+0,0065	-0,0345
23:00 – 23:59	17	-0,0075	+0,0014	-0,0340

Графік величини поправки отриманих результатів показано на рис. 3.8

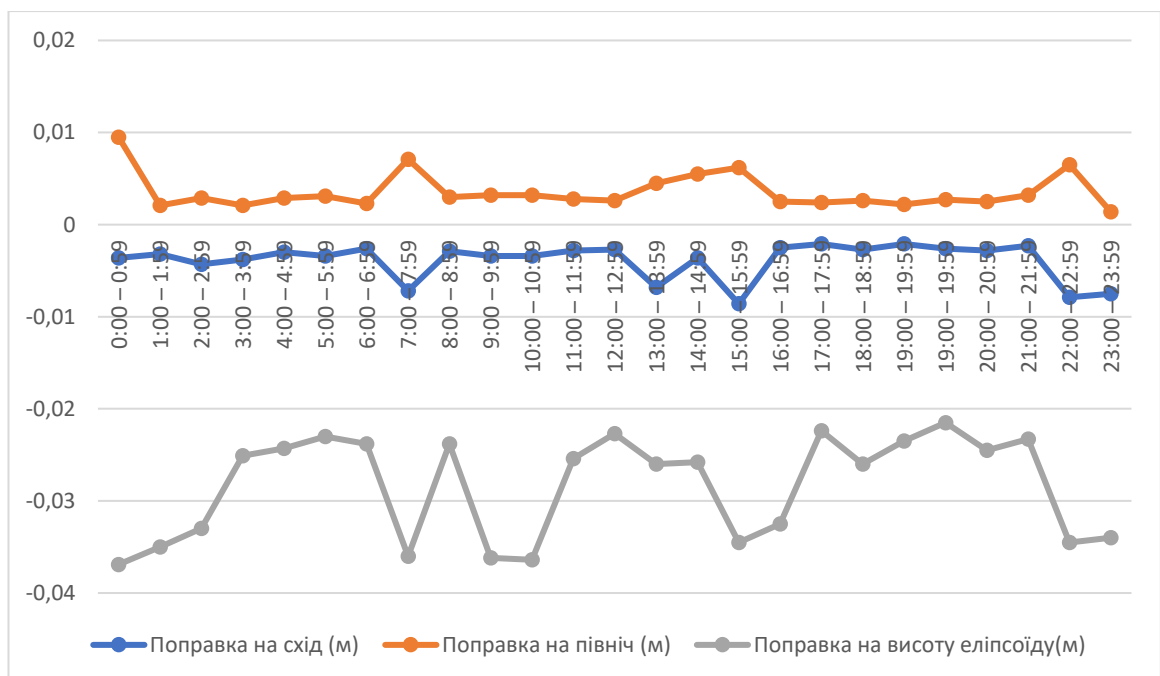


Рисунок 3.8 – Графік залежності величини поправки для вимірюванням з урахуванням отриманих даних

3.4 Висновки до третього розділу

У розділі проведено аналіз розрахованих даних для оцінки величини впливу зовнішніх факторів на точність визначення координат об'єкта. Оцінка виконувалася шляхом порівняння величини сформованої поправки за тих чи інших умов проведення експерименту.

Результати експерименту по дослідженню впливу атмосферних явищ на точність визначення координат показали, що найменша величина поправки спостерігається у період з початку травня місяцю до середини вересня місяця. З середини вересня місяцю починається стрімкий зріст величини поправки на точність визначення координат, що свідчить про зменшення точності визначення координат за допомогою базових станцій. Це може бути обумовлено проведенням регламентних робіт на серверах програмного забезпечення Leica GNSS Spyder, тобто внесенням поправок на точність визначення координат, а також внесенням поправок компанією власником мережі БС «Сістем Солюшин», яка працює напряду з державним інститутом геодезії і картографії України.

Аналіз величини впливу DOP-фактору показав, що площа невизначеності, яка виникає у результаті «слабкої» або «сильної» геометрії супутників суттєво впливає на точність визначення координат. Результати експерименту показали, що у випадку «слабкої геометрії» величина поправки, яка сформована базовою станцією майже в два рази більша, ніж величина поправки у випадку «сильної геометрії». Варто враховувати те, що супутник виконує один оберт навколо земної поверхні приблизно за 24 години. Таким чином можна сказати, що аналізуючи отримані результати, можна визначити час доби для проведення вимірювань, у який вплив геометрії супутників найменший і, як наслідок, спостерігається найбільша точність визначення координат об'єкта.

Хоча для визначення КМО, як було сказано раніше, необхідною умовою є спостереження в момент прийому сигналу супутниковим приймачем

мінімум чотирьох супутників на небесному просторі і виконання більшої кількості вимірів псевдодальностей до супутника можна вважати надлишковими, результати експерименту показали, що у випадку спостереження більшої кількості супутників під час визначення координат об'єкту, величина поправки на точність значно менша, ніж у випадку коли супутників менше. Таким чином, проаналізувавши результати експерименту було виділено години для роботи, під час яких супутниковий приймач встановлений у місті Ізюм спостерігає найбільшу кількість супутників, що приводить для збільшення точності.

Аналіз залежності величини поправки, яку формується для базової станції показав, що величина поправки менша вночі і поступово збільшується починаючи з восьмої години ранку. Максимального значення величина поправки досягає о другій годині дня, а потім поступово зменшується. Отримані дані можна використати для обрання часу проведення зйомки, з метою зменшення впливу атмосферних явищ.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МЕРЕЖІ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ

4.1 Опис ідеї проекту стартапу

Опираючись на проведенне в попередніх розділах дослідження набуває актуальності задача розробки програмного забезпечення здатного у автоматичному режимі проводити аналіз ефективності роботи мережі базових станцій. Ідея проекту – створення програмного забезпечення, яке здатне у автоматичному режимі проводити оцінку параметрів базових станцій, величину параметрів впливу на них оточуючого середовища, а також ефективності роботи цих базових станцій.

У таблиці 4.1 приведено вміст ідеї, вигода для користувача, а також сегмент користувачів, серед яких знаходиться цільова група клієнтів.

Аналіз потенційних переваг порівняно з пропозиціями конкурентів передбачає:

- визначення переліку технічних та економічних характеристик пропозиції;
- визначення пропозицій конкурентів, а також дослідження їх технічних та економічних характеристик;
- Проведення порівняльного аналізу між запропонованою ідеєю і пропозиціями конкурентів.

Для власної ідеї вводяться позначення:

- W – слабка сторона ідеї;
- N – аналогічні значення (нейтральні);
- S – сильні значення (сильна сторона).

Порівняльний аналіз приведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Зміст ідеї, вигода для користувача, а також цільова група клієнтів

Зміст ідеї	Напрямок застосування	Цільова група клієнтів	Вигода для користувача
Програмне забезпечення для аналізу ефективності роботи мережі базових станцій	Оцінка ефективності роботи мережі базових станцій	Власники мереж базових станцій	Менша ціна, простіший інтерфейс користувача
роботи мережі базових станцій	Оцінка ефективності роботи супутникових приймачів	Геодезисти, будівельники, лісові господарства	Менша ціна, можливість роботи у автоматичному режимі

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз власної ідеї і пропозицій конкурентів

№	Технічні та економічні характеристики	Концепції конкурентів		W	N	S
		Власна ідея	Ідея конкурентів			
1	Робота в автоматичному режимі	Дає змогу	Не дає змогу	Швидкодія	Точність оцінки	Робота в автоматичному режимі
2	Зменшення системних вимог до програмного забезпечення	Дає змогу	Не дає змогу	Швидкодія	Точність оцінки	Використання на менш слабких ПК

Проведений аналіз слабких і сильних сторін ідеї формує підґрунтя для формування конкурентноспроможності ідея з запропонованими конкурентами рішеннями.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Технологічний аудит включає у себе дослідження наступних питань:

- наявність технологій, які необхідно допрацювати або розробити для реалізації ідеї;
- доступність до цих технологій автора ідеї;

У таблиці 4.3 показано параметри можливості технологічної реалізації ідеї проекту.

Таблиця 4.3 – параметри можливості технологічної реалізації ідеї

№	Ідея проекту	Технологія реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Оцінка ефективності роботи мережі базових станцій у автоматичному режимі	Web – інтерфейс	Наявна	Доступна
2	Оцінка ефективності роботи приймачів супутникового сигналу	Web – інтерфейс	Наявна	Доступна

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів. Аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку показано у таблиці 4.4).

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За результатами попереднього оцінювання ринок є привабливим для входження.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проект

№ п/п	Показник стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних конкурентів	4
2.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
3.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Точність визначення координат
4.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, СТТУ, ТУУ
5.	Середня норма рентабельності в галузі або по ринку, %	93%

Потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи показано у таблиці 4.5.

Фактори, що сприяють ринковому впровадженню стартап-проекту приведені у таблиці 4.6

Фактори, що перешкоджають ринковому впровадженню стартап-проекту показано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Оцінка ефективності роботи мереж базових станцій, а також супутникових приймачів з метою підвищення точності визначення координат об'єкта	Власники мереж базових станцій, геодезисти, будівельники, лісові господарства	особливостей купівлі та експлуатації товару немає	– надійність – дешевизна – доступність – простота – швидкість

Таблиця 4.6 – Фактор загрози

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Швидкість обробки даних	Через малі потужності компанії, швидкість обробки даних може бути менша	Нарощування потужностей компанії для підвищення швидкості обробки даних

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Спонукає розробляти та виробляти нові продукти, знижувати витрати на них	Ускладнення структури та функціональної наповненості пропозиції
2.	Попит	Існування стійкого попиту означає, що більшість клієнтів зацікавлені у введенні доступної мобільної терапії	Рекламна діяльність, просування товару в Інтернеті

Загальні риси конкуренції на ринку показані у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	2	3
1. Вказати тип конкуренції – олігополія	На ринку присутня невелика кількість підприємств, що займаються розробкою такого типу програмного забезпечення	Підвищувати якість послуг за рахунок використання прогресивних технологій
2. Локальний	Попит програмного забезпечення на всій території країни	Окремий підхід до кожної локальної ділянки
3. Внутрішньо-галузева	Пропозиції конкурентів мають більш високу швидкість обробки	Попереднє створення бази даних потенційних покупців

Продовження таблиці 4.8

4. Товарно-видова	Потужність наявних технічних засобів для розгортання удосконаленого інтерфейсу мережі	За необхідності, використання обладнання схожого типу
5. Цінова	Можливість заощадити за допомогою підвищення точності	Гнучка політика цін
6. За інтенсивністю – марочна	Вимірювання точності мають бути стандартизованими	Реклама товару, проведення тендерів

Після аналізу конкуренції проведено більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 4.9)[23].

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі

Назва	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Технологічні постачальники	Необхідність пошуку дилерів з міжнародними зв'язками	Залучення малопопулярних постачальників	Незалежність у прийнятті клієнтських рішень	Надання переваги більш авторитетним технологічним рішенням
Висновки	Інтенсивність незначна	Можливість виходу на ринок є	Постачальники диктують цінову політику на обладнання	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від діагностики

На основі аналізу конкуренції, наведеного в табл. 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 4.6 і табл. 4.7) визначено та обґрунтовано перелік факторів конкурентоспроможності представлених в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональніший ціновий показник	Можливість більш раціонально використати ресурсів
2	Доступність	Значно нижча ціна ніж у конкурентів
3	Спектр застосувань	Використання для ряду потреб користувачів.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні							
			-3	-2	-1	0	1	2	3	
1	Раціональніший ціновий показник	17	+							
2	Доступність	20				+				
3	Спектр застосувань	19			+					

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад, зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту.

Сильні сторони: створення рішення за допомогою якого можна в автоматичному режимі оцінити ефективність роботи базових станцій.	Слабкі сторони: менша швидкість обробки даних, відсутність признаного світом ім'я
Можливості: дослідження ефективності роботи мереж базових станцій і супутникових приймачів	Загрози: незацікавленість клієнтів.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Дослідження поведінки споживачів, пошук наукових ресурсів, розробка обладнання, створення реклами, взаємодія з покупцями для перевірки працездатності обладнання	80%	6 міс
2.	Дослідження поведінки споживачів, пошук інвесторів, створення наукових ресурсів, розробка обладнання, тестування	65 %	1 рік

Обрано альтернативу №1.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів).

4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.14).

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Власники мереж базових станцій	Не готові	Низький	Висока	Висока
2.	Власники супутникових приймачів	Готові	Середній	Середня	Середня
Як цільову групу було обрано групу №2					

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Використання альтернативних технологій та обладнання	Встановлення нового стандарту якості та ціни	Дешевизна та менші вимоги для системи	Стратегія диференціації

Обрано стратегію диференціації. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект "першопрохідцем" на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Забирати існуючих та шукати нових	Так, основний функціонал	Наслідування лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (табл. 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16) розробляється стратегія озиціонування (табл. 4.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові позиції власного стартап-проекту	Асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1.	Висока якість послуг	Диферен - ціації	Універсальність рішення, дешевизна	Якість, продуктивність, надійність

4.4 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач.

Для цього у табл. 4.18 наведені результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Доступність	Доступність	Доступність
2	Дешевизна	Мала ціна продукту	Менша ціна у порівнянні з конкурентами

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточняється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумкою	Якісний товар та послуги, стандартизована якість послуг та обладнання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Н м	Вр/Тх/Тл/ Е/Ор
	1. Вартість обслуговування	М	
	2. Сумісність з більшістю обладнання	М	
	3. Висока надійність	М	
	4. Безпечний для користування	М	
	Якість: стабільна робота та високопродуктивний функціонал		
	Встановлення та налаштування		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – визначення ефективності роботи супутникових приймачів		

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне

визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	3000-5000 долл..	–	Високий	Н. 2000 – В. 3500 долл

Останнім кроком буде визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення. Так як налаштування обладнання у кінцевого користувача потребує певних професійних навиків від персоналу і обладнання налаштовано на стадії виробництва, то збут можна проводити через постачальників ГНСС послуг.

4.5 Висновки до четвертого розділу

У розділі описано ідею стартап-проекту яка полягає у створенні програмного забезпечення здатного у автоматичному режимі проводити аналіз ефективності роботи мережі базових станцій і приймачів супутникового сигналу.

Для впровадження стартапу доцільно обрати альтернативу дослідження поведінки споживачів, здійснити пошук наукових ресурсів, розробити необхідне технічне обладнання, налагодити зв'язки з рекламодавцями, постійно взаємодіяти з покупцями для перевірки працездатності програмного забезпечення та отримання зворотного зв'язку. Подальше виконання стартап-проекту вважається доцільним.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було проведено дослідження величини впливу зовнішніх факторів на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта.

Для цього було проведено аналітичний огляд структури архітектури глобальної навігаційної системи, а також принципу визначення координат місцезнаходження об'єкта з метою виявлення причин і факторів, які можуть впливати на точність процесу.

З метою визначення величини впливу атмосферних явищ на точність визначення координат було проаналізовано накопичені за 2021 рік дані з базових станцій встановлених у місті Харків, у місті Красноград і у місті Ізюм. Обрані базові станції є частиною мережі диференційної корекції розташованої у Харківській області. Результати дослідження показали, що у період з початку травня місяцю і по середину вересня місяця спостерігається найменша величина поправки на точність визначення координат. Найменша величина поправки спостерігається у серпні місяці. І навпаки, у проміжок часу від середини вересня і до початку травня спостерігається збільшення величини поправки на точність визначення координат. Отримані дані обумовлені проведенням регламентних робіт на серверах програмного забезпечення «Lesca GNSS Spyder», а також через внесення поправок безпосередньо компанією власником мережі БС «Сістем Солюшн».

Описана система координат WGS-84, яка використовуються супутниковими приймачами для визначення координат місцезнаходження, а також система координат УСК-2000, використання на території України обумовлено на законодавчому рівні. Аргументовано причину виникнення похибки при перерахунку отриманих значень від однієї системи координат до іншої.

Проаналізовано величину впливу взаємного положення супутників відносно приймача супутникового сигналу на точність визначення координат.

Результати аналізу показали, що у випадку «слабкої» геометрії супутників, тобто великого значення DOP, величина поправки, яку формує базова станція збільшується майже у два рази, порівняно з випадком «сильної» геометрії, тобто великим значенням DOP.

Результати, отримані в ході дослідження впливу фактору вибору часу проведення вимірів на точність визначення координат, показали, що величина поправки має найменше значення у нічний час, починаючи з восьмої години ранку величина поправки поступово зростає, досягає свого піку приблизно о другій годині дня і потім поступово зменшується. Таким чином, можна сказати, що найбільше значення точності може бути досягнуте у випадку проведення вимірів у зазначені часи.

Отримані під час проведення дослідження впливу зовнішніх факторів на точність визначення координат місцезнаходження об'єкта за допомогою систем ГНСС, результати показують доцільність розробки програмного забезпечення здатного у автоматичному режимі проводити оцінку ефективності роботи мереж базових станцій, а також супутникових приймачів, а також розширення часового інтервалу дослідження для отримання усереднених результатів стосовно впливу зовнішніх факторів на точність визначення координат, з метою підвищення точності виконання геодезичних, будівельних робіт або робіт з землеустроювання.

У роботі описано ідею стартап-проекту яка полягає у створенні програмного забезпечення здатного у автоматичному режимі проводити аналіз ефективності роботи мережі базових станцій і приймачів супутникового сигналу. Аналіз ринкового попиту, а також інших факторів показав доцільність реалізації ідеї.

З урахуванням отриманих результатів було проведено серію вимірів, які показали зменшення величини поправки, до усереднених значень 3 мм., на схід, 5 мм., на північ і 14 міліметрів на висоту еліпсоїду, порівняно з 7мм., на схід, 8 мм., на північ і 25 мм., на висоту еліпсоїду, що свідчить про підвищення точності проведення вимірювання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Синякин А. К., Кошелев А. В. Физические принципы работы GPS/ГЛОНАСС. Новосибирск: СГТА. 2009.
2. Агроосвіта [Електронний ресурс]:
https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Golub/%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B82016/teoria2.html
(15.09.2022)
3. Software defined radio: architectures, systems, and functions. Dillinger, Madani, Alonistioti. Wiley, 2003.
4. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. Global Positioning System: theory and practice //Springer-Verlag. 1997.
5. Liu G., and Lachapelle G. (2002). Ionosphere Weighted GPS Cycle Ambiguity Resolution, Proceedings of the U.S. Institute of Navigation National Technical Meeting, (San Diego, CA, January 2002).
6. Вікіпедія [Електронний ресурс]:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/L-%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BD>
(21.09.2022)
7. Навчальна бібліотека для українських студентів [Електронний ресурс]:
http://ni.biz.ua/9/9_4/9_48652_navigatsionnie-soobshcheniya.html
(28.09.2022)
8. Вікіпедія [Електронний ресурс]:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Post_Processing_Kinematic
(06.10.2022)
9. Бібліотека «КПІ» [Електронний ресурс]:
http://tk-its.kpi.ua/sites/default/files/2019-03/Tymoshenko_magistr.pdf
(10.10.2022)
10. Офіційний сайт «НГЦ» [Електронний ресурс]:
<https://ngc.com.ua/ua/info/correction.html>

(15.10.2022)

11. Офіційний сайт «НГЦ» [Електронний ресурс]:

<https://ngc.com.ua/ua/info/antennas.html>

(18.10.2022)

12. Офіційний сайт «Leica Geosystems» [Електронний ресурс]:

https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/gnss/leica_gr10-gr25_user-guide_ru.pdf

(23.10.2022)

13. Офіційний сайт «SystemNet» [Електронний ресурс]:

<https://systemnet.com.ua/zagruzka-rinex/>

(30.10.2022)

14. Інтернет архів Wayback Machine [Електронний ресурс]:

<https://web.archive.org/web/20120324175005/http://www.meteolab.ru/doc/rinex211rus.pdf>

(05.11.2022)

15. Suard, N., W. Gurtner, L. Estey (2004): "Proposal for a new RINEX-type Exchange File for GEO SBAS Broadcast Data".

16. Офіційний сайт «НГЦ» [Електронний ресурс]:

https://ngc.com.ua/p/726-leica-leica_gnss_spider.html

(07.11.2022)

17. Maling, D.H. Coordinate Systems and Map Projections. Pergamon Press, 1992

18. Сайт управління держкадастру [Електронний ресурс]:

<https://cherkaska.land.gov.ua/systema-koordynat-usk-2000-zabezpechyt-tochnist-yumiriuvan/>

(15.11.2022)

19. BUKSIS [Електронний ресурс]:

<https://buksis.nethouse.ua/posts/210112>

(19.11.2022)

20. Вікіпедія [Електронний ресурс]:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>

(26.11.2022)

21. Офіційний сайт «Leica Geosystems» [Електронний ресурс]:

<https://leica-geosystems.com/ru/products/gnss-systems/software/leica-infinity>

(1.12.2022)

22. Офіційний сайт «НГЦ» [Електронний ресурс]:

https://ngc.com.ua/ua/p/789-leica-geosystems-leica_infinity.html

(5.12.2022)

23. М. Портер // Конкурентна перевага. Як досягти стабільно високих результатів – 2019р.

ДОДАТОК А
«Структурна схема архітектури глобальної навігаційної супутникової
системи»

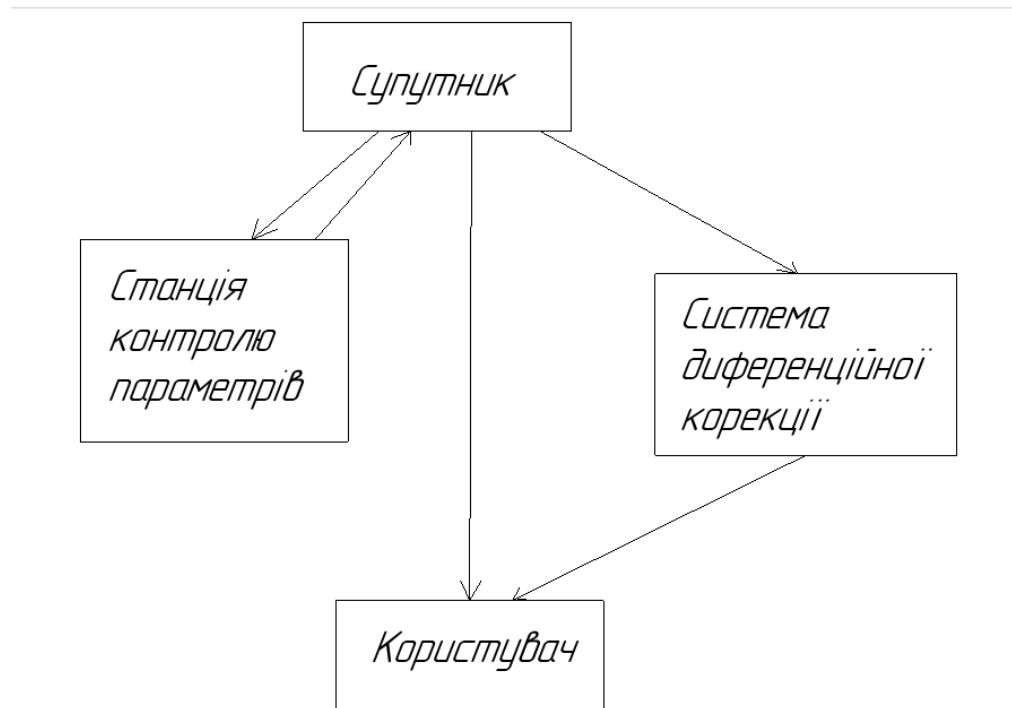


Рисунок 1.1 - Структурна схема архітектури глобальної навігаційної супутникової системи

ДОДАТОК Б
«Приклад RINEX-файлу»

ДОДАТОК В

«Приклад повного звіту сформованого у програмному забезпеченні Leica
Infinity»

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



Отчет обработки GNSS - Итого

Отчет создан: 13.12.2022 17:05:23

Информация о проекте

Общие сведения		Сведения о клиенте		Мастер систем координат	
Имя проекта:	123	Имя клиента:	-	Имя системы координат:	UCS2000 7zone-new
Владелец:	-	Контактное лицо:	-	Тип трансформации:	Классическая 3D
Последний пользователь:	Денис Диденко	Число:	-	Распределение невязок:	Нет
Дата создания:	06.06.2022 16:13:56	Email:	-	Эллипсоид:	Krassowski
Последний доступ:	13.12.2022 17:05:04	Skype:	-	Тип проекции:	Поперечная Меркатора
Прикладное ПО	Infinity 3.6.1	Сайт:	-	Модель Геоида:	-
				Модель CSCS:	-
Расположение:	C:\Users\38095\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\123\123.lprj				
Размер:	122,6 Мб				
Примечания:	-				

Базовая линия КНВА - KRGD

Параметры обработки (15.07.2021 17:59:42 - 15.07.2021 18:59:41)

Данные	Выбранные	Используется	Комментарии
Угол отсечки:	10°	10°	
Частота:	Авто	L1/L2	
Частота дискретизации:	Использовать все	1,00 сек	
Спутниковая система:	GPS/ГЛОНАСС/Galileo/Belidou	GPS/ГЛОНАСС	
Тип эфемерид:	Бортовые	Бортовые	
Параметры калибровки антенны:	NGS Абсолютная	NGS Абсолютная	
Стратегия обработки			
Тип решения:	Фиксированная фаза	Фиксированная фаза	
Оптимизация решения:	Авто	Минимальное влияние ионосферы	
Частота при минимальном влиянии ионосферы:	Авто	L1/L2	
Тропосферная модель:	VMF с моделью GPT2	VMF с моделью GPT2	
Ионосферная модель:	Авто	Вычисленная	
Разрешить решение в шир. диапазон:	Авто	Авто	
Общие настройки			
Мин. расст. при минимальном влиянии ионосферы:	15 км		
Возможные неоднозначности фикс. до:	300 км		
Мин. продолжительность для плавающего решения (статич.):	00:05:00		
Установки по времени			
Формат отображения времени	HH:mm:ss		
Система отчета времени	Местное время		
Корректировочные секунды	18		

Рисунок 1.2 – Частина прикладу повного звіту

Результаты по базовой линии: KHBA - KRGD

Прием

Время начала - Время окончания: 15.07.2021 17:59:42 - 15.07.2021 18:59:41
 Длительность: 00:59:59

Антенны

	Опорная - KHBA	Ровер - KRGD
Тип приемника / Серийный номер:	LEICA GR10 / 1700219	LEICA GRX1200 / -
Тип антенны / Серийный номер:	LEIATS04GG / -	LEIATS04GG / -
Смещение по вертикали:	-	-
Показания высоты:	0,000 м	0,000 м
Высота антенны:	0,000 м	0,000 м

Смещение фазового центра

GPS	Опорная - LEIATS04GG		Ровер - LEIATS04GG	
	L1	L2	L1	L2
Восток	0,001 м	0,000 м	0,001 м	0,000 м
Север	0,001 м	0,000 м	0,001 м	0,000 м
Вверх	0,090 м	0,120 м	0,090 м	0,120 м

ГЛОНАСС	L1		L2	
	L1	L2	L1	L2
Восток	0,001 м	0,000 м	0,001 м	0,000 м
Север	0,001 м	0,000 м	0,001 м	0,000 м
Вверх	0,090 м	0,120 м	0,090 м	0,120 м

Координаты

	Опорная - KHBA	Ровер - KRGD	Опорная - KHBA	Ровер - KRGD
Класс точки:	Навигационный RTK	Фиксированный PP		
WGS84 широта:	50° 02' 11,59" С	49° 22' 31,55" С	Север:	5 548 653,298 м
WGS84 долгота:	36° 14' 37,97" В	35° 26' 22,91" В	Восток:	7 302 670,165 м
Эллипсоидальная высота WGS84:	218,505 м	189,058 м	Ортометрическая высота:	-
Декартова WGS84 X:	3 310 624,883 м	3 390 041,066 м		
Декартова WGS84 Y:	2 426 906,859 м	2 412 713,469 м		
Декартова WGS84 Z:	4 865 568,948 м	4 817 991,184 м		

Вектор и качество базовой линии - WGS84

ΔШироты:	-0° 39' 40,04"	Станд. откл. ΔШироты:	0,000 м
ΔДолготы:	-0° 48' 15,06"	Станд. откл. ΔДолготы:	0,000 м
ΔВысоты:	-29,447 м	Станд. откл. ΔВысоты:	0,000 м
ΔX:	79 416,183 м	Станд. откл. ΔX:	0,000 м
ΔY:	-14 193,391 м	Станд. откл. ΔY:	0,000 м
ΔZ:	-47 577,764 м	Станд. откл. ΔZ:	0,000 м
Накл. расст.:	93 659,095 м	Станд. откл. Накл. расст.:	0,000 м

M0:	0,265 м	CQ 1D:	0,000 м
Q11:	0,00000040	CQ 2D:	0,000 м
Q12:	0,00000020	CQ 3D:	0,000 м
Q22:	0,00000036		
Q13:	0,00000024		
Q23:	0,00000022		
Q33:	0,00000079		

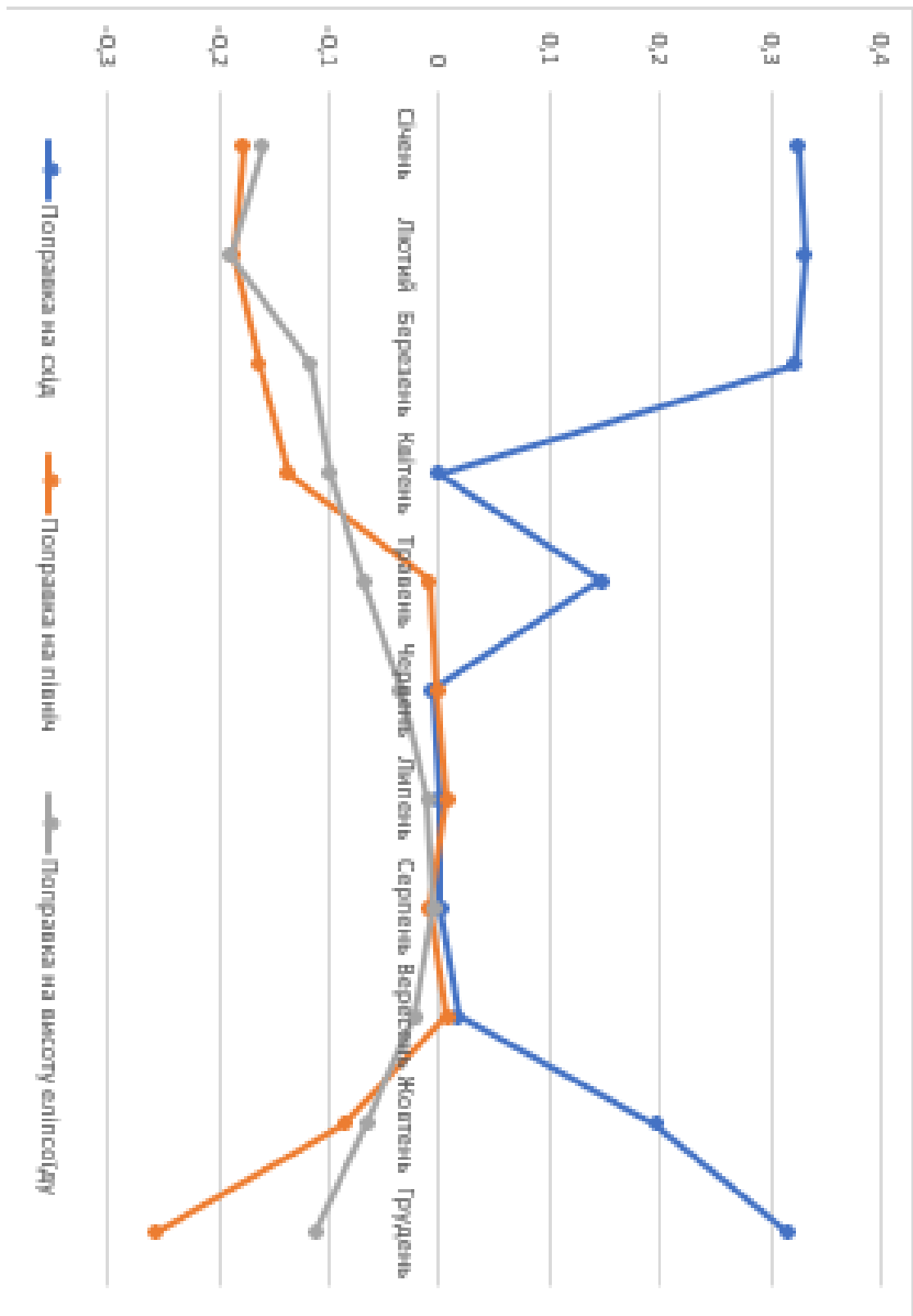
Частота:	L1/L2	GDOP:	1,8 - 2,6	GPS 3C:	9/9
Оптимизация решения:	Минимальное влияние ионосферы	PDOP:	1,4 - 1,9	ГЛОНАСС 3C:	6/8
Тип решения:	Фиксированная фаза	HDOP:	0,8 - 1,1	Beidou 3C:	-
		VDOP:	1,1 - 1,5	Galileo 3C:	-
				QZSS 3C:	-

Рисунок 1.3 – Друга частина повного звіту

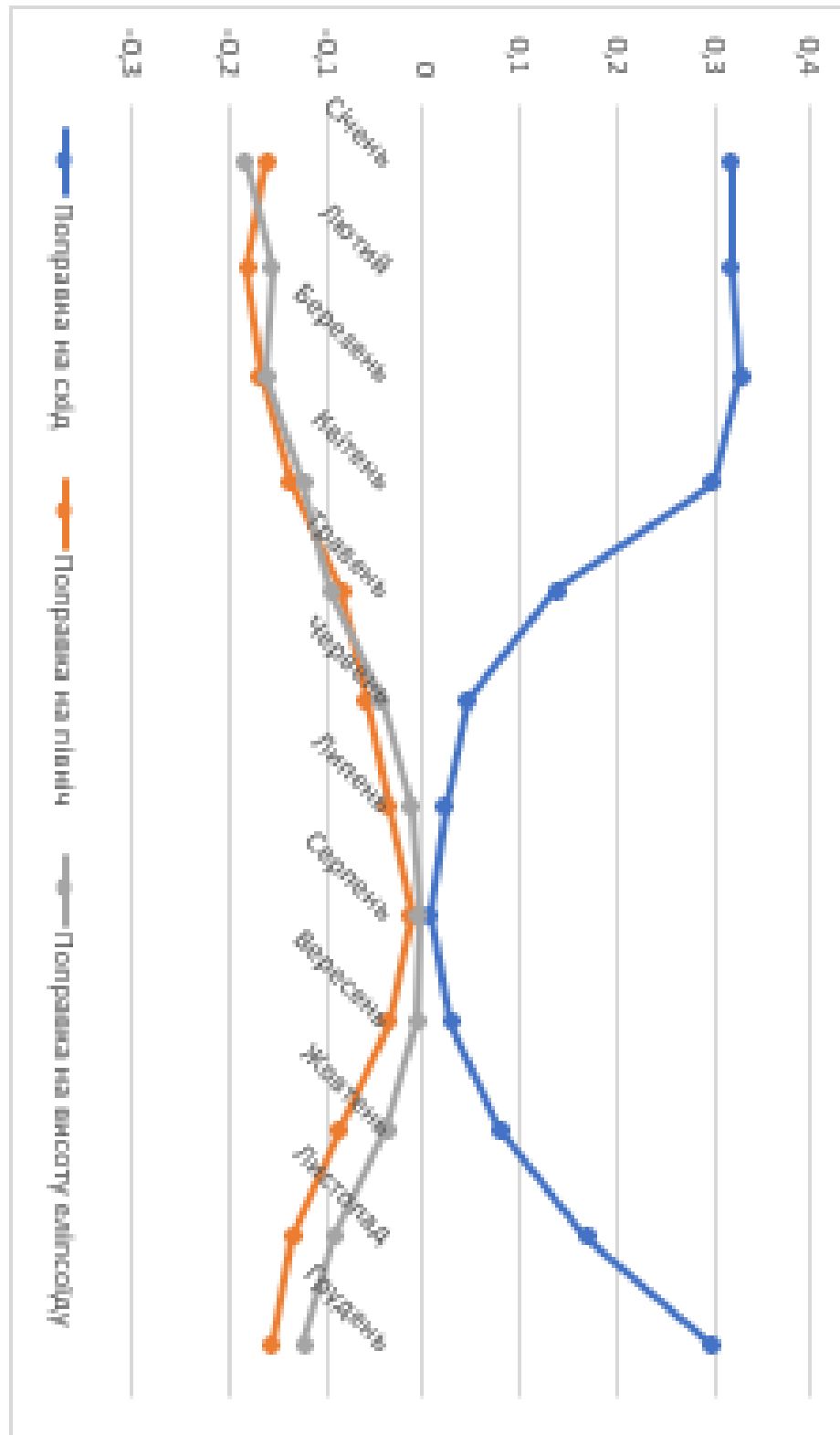
ДОДАТОК Г

«Графіки величин поправок на точність координат отримані в результаті експерименту»

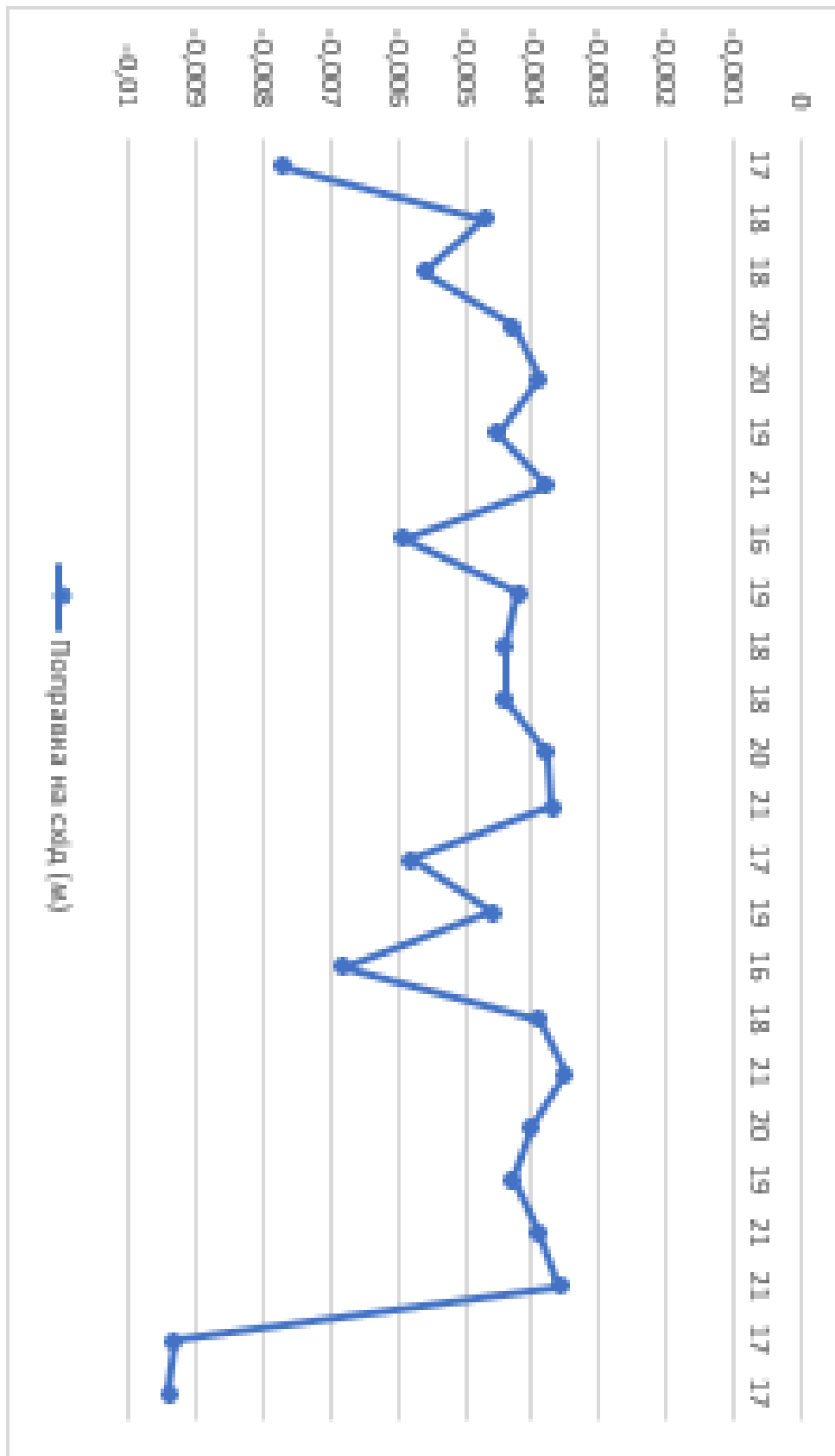
Графік залежності величини поправки у залежності від величини впливу атмосферних явищ за 2021 рік для базової станції встановленої у місті Ізюм



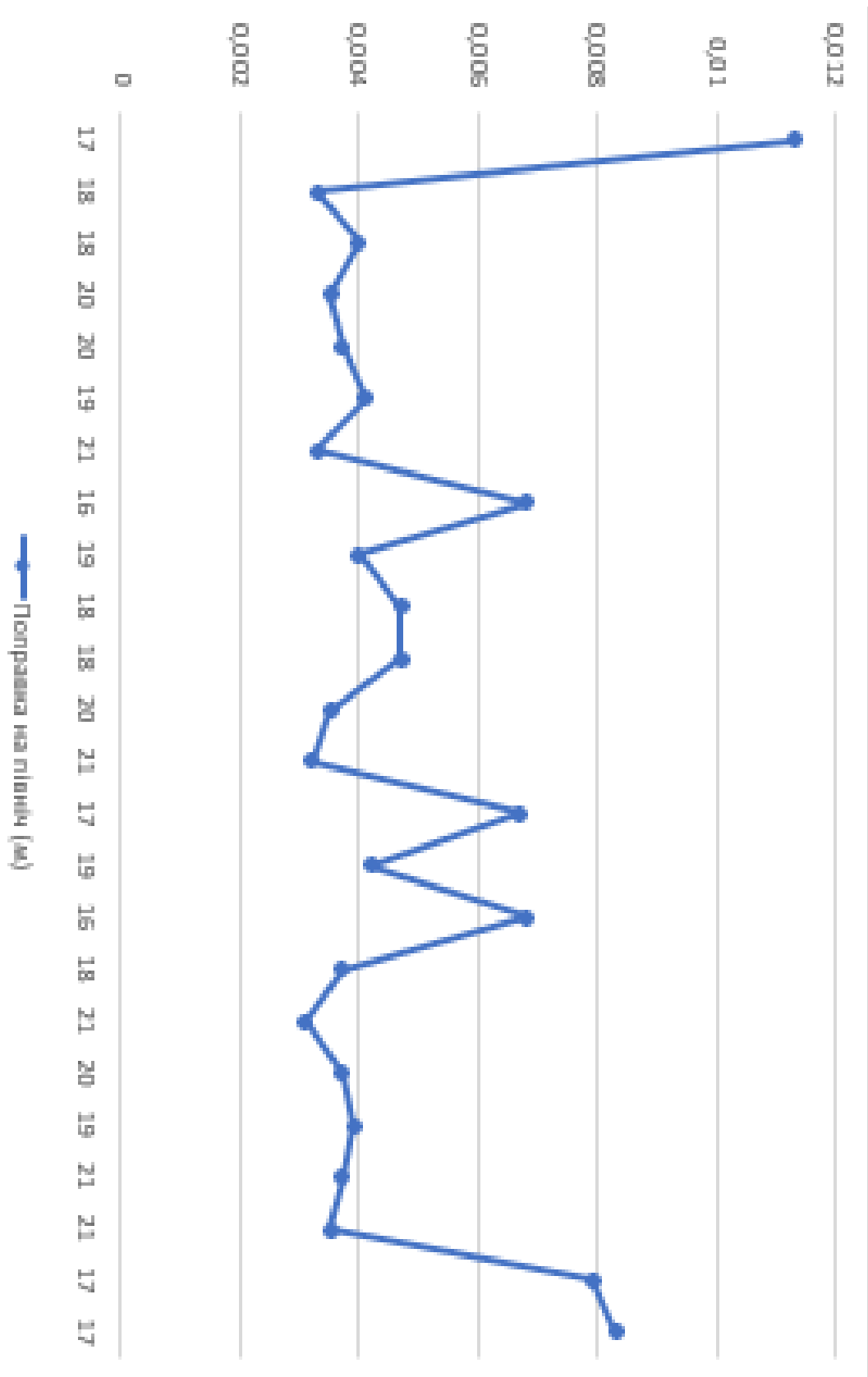
Графік залежності величини поправки у залежності від величини впливу атмосферних явищ за 2021 рік для базової станції встановленої у місті Красноград



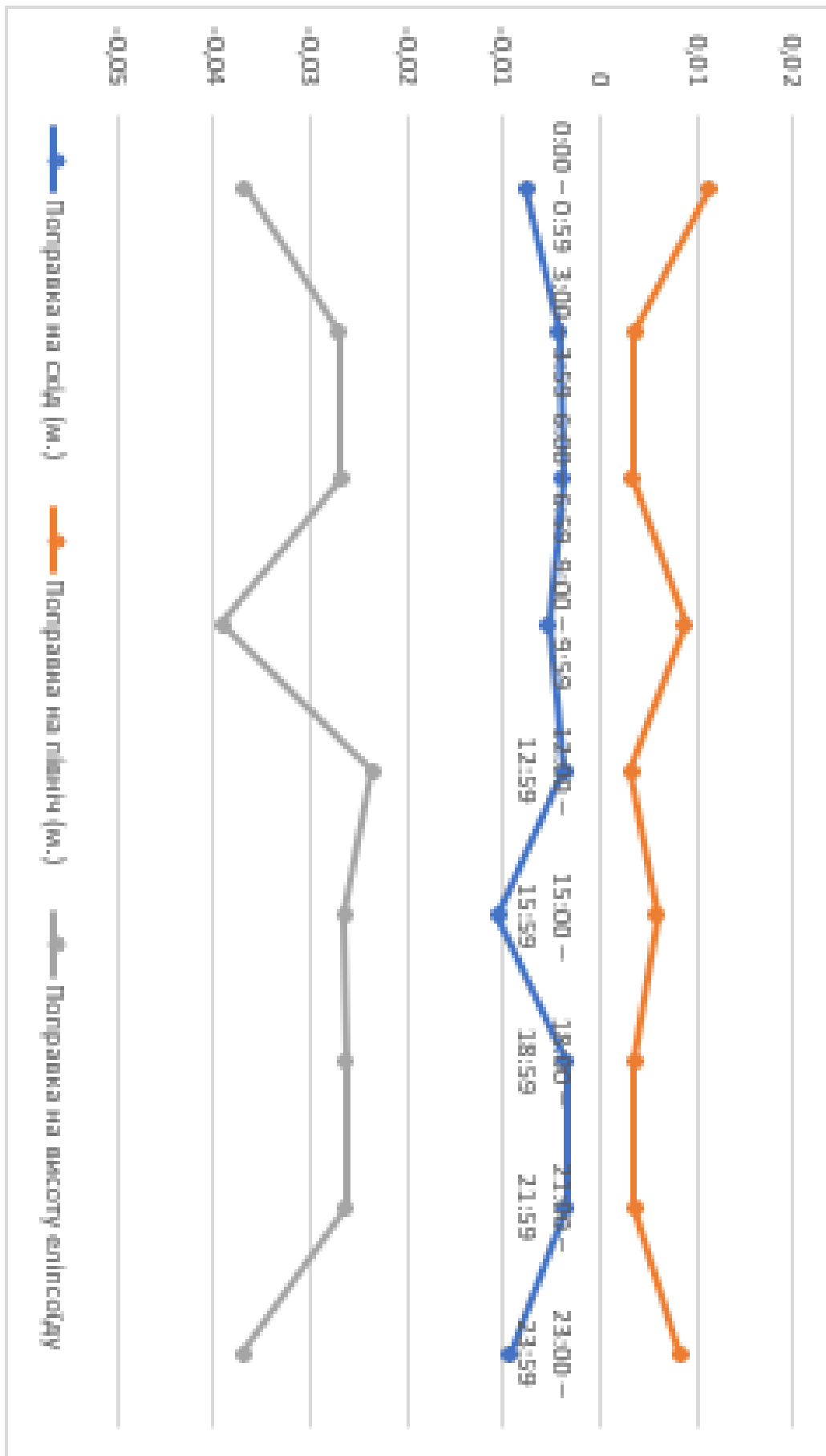
Графік залежності величини поправки на схід від кількості супутників, які спостерігає приймач у момент визначення координат свого місцезнаходження



Графік залежності величини поправки на південь від кількості супутників які спостерігає приймач під час визначення координат свого місцезнаходження для БС розташованої у місті Ізюм за 15.07.2021



Графік залежності величини поправки від DOP-фактору



Графік залежності величини поправки на схід від часу доби

