



Дата: 15.08.2022

ПРОТОКОЛ № 07/2023
испытаний с использованием
мобильной измерительно-диагностической лаборатории
по определению локальных потребительских характеристик ГНСС

1	Цель испытаний	3
2	Объект испытаний	3
3	Средства проведения испытаний	3
4	Время и место проведения испытаний	3
5	Условия проведения испытаний.....	4
6	Результаты испытаний	6
6.1	Условия навигации по сигналам ГНСС.....	6
6.2	Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС	7
7	Выводы.....	10
	Приложение 1 Графики условий навигации на участках маршрута	11

1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Целью испытаний являлась оценка локальных потребительских характеристик глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Beidou, Galileo (далее – ГНСС) в условиях загородной трассы.

2 ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Локальные потребительские характеристики ГНСС:

- количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) каждой ГНСС;
- геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС в пространстве (PDOP) для каждой ГНСС;
- доступность навигации по сигналам ГНСС;
- расчетные погрешности местоопределений по сигналам ГНСС.

2.2 Характеристики определялись для маски угла места 5° .

3 СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Мобильная измерительно-диагностическая лаборатория (МИДЛ) ГЮИД.464979.001, заводской номер 073-2003004-01, свидетельство о поверке № С-Т/10-08-2022/177560341 действительно до 09.08.2023.

3.2 Испытания проводились лабораторией 030042 Информационно-аналитического центра координатно-временного обеспечения (ИАЦ КВНО) АО «ЦНИИмаш».

Контактная информация:

ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш»:

Адрес: Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

Телефон: (495) 513-58-33

E-mail: midl@glonass-iac.ru

4 ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

4.1 Испытания проводились с 11.07.2023 по 20.07.2023.

4.2 Место проведения испытаний: автомобильный маршрут г. Москва - г. Воронеж - г. Ростов-на-Дону - г. Пятигорск - г. Элиста - г. Астрахань - г. Волгоград - г. Москва по автодорогам М-4, Р-217, Е117, Е50, 07К-021, Р-216, Р-22.

4.3 Маршрут был разбит на 9 участков (рисунок 1):

Участок 1 Москва - Воронеж

Участок 2 Воронеж - Ростов-на-Дону

Участок 3 Ростов-на-Дону - Пятигорск

Участок 4 Пятигорск - Эльбрус - Пятигорск

Участок 5 Пятигорск - Элиста

- Участок 6 Элиста - Астрахань
- Участок 7 Астрахань - Волгоград
- Участок 8 Волгоград - Тамбов
- Участок 9 Тамбов - Москва.

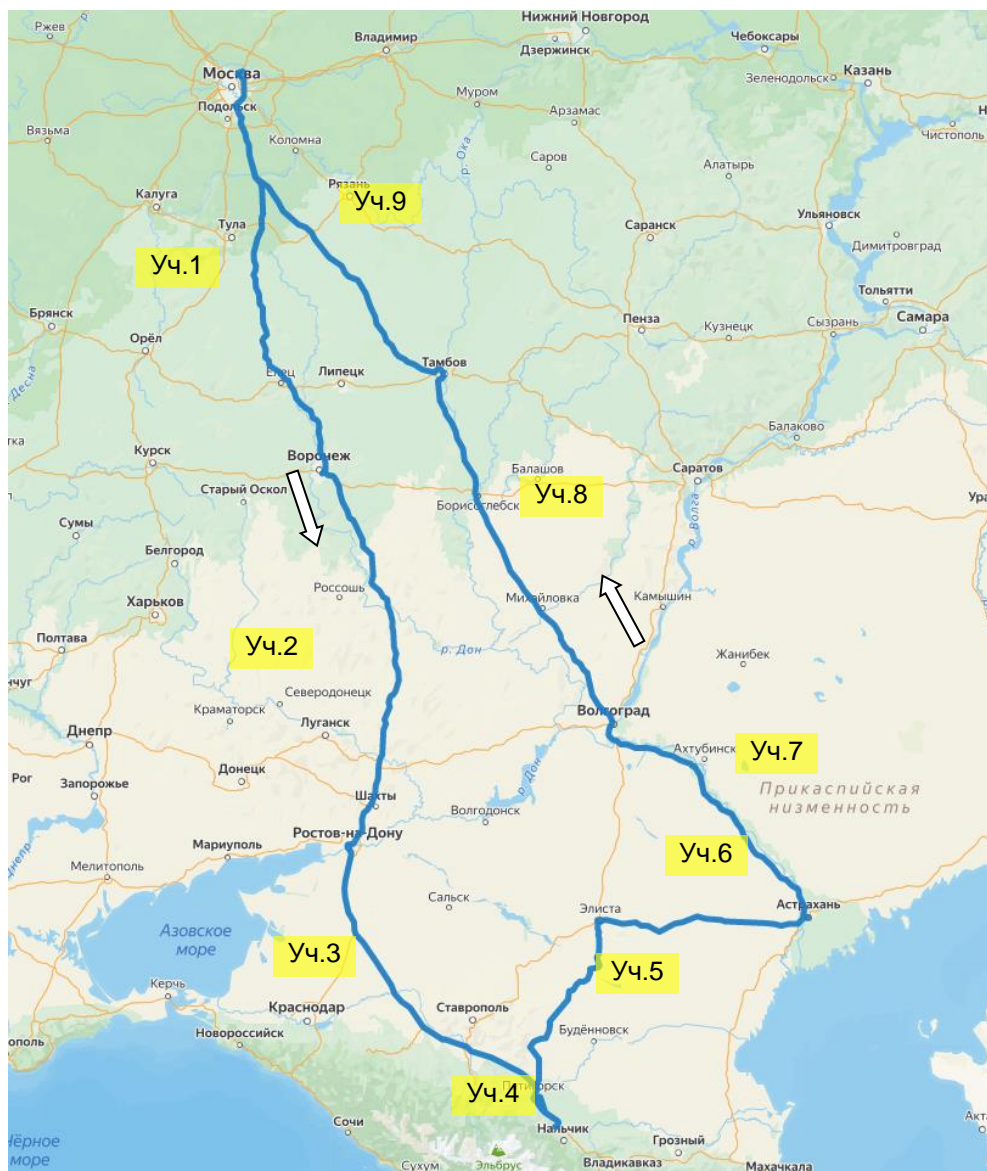


Рисунок 1 Маршрут испытаний

5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

5.1 Маршрут обеспечивает характерные для загородной автомобильной трассы, траектории движения, условия затенения и переотражения спутниковых сигналов. На участках 1 и 9 – чередование открытой и лесистой местности. На участках 2, 3, 5-8 – преобладание открытой местности, участки 5-6 – степная зона. Часть участка 4 – горное ущелье. Протяженность маршрута - 4000 км.

5.2 Фотографии отдельных участков маршрута представлены на рисунках 2÷4.



Рисунок 2 МИДЛ на маршруте испытаний. Участок 3



Рисунок 3 МИДЛ на маршруте испытаний. г. Ростов-на-Дону



Рисунок 4 МИДЛ на маршруте испытаний. Участок 4, Баксанское ущелье

5.3 Состав орбитальных группировок ГНСС в период проведения испытаний приведен в таблице 1 (по данным сайта ИАЦ КВНО - <https://glonass-iac.ru>).

Таблица 1. Состав орбитальных группировок ГНСС

Количество НКА	GPS	ГЛОНАСС	Beidou	Galileo
Всего	32	25	49	28
Используется по целевому назначению	30	24	44	24
Не используется по целевому назначению, в т.ч.	2	1	5	4
На этапе ввода в систему	-	1	н/д	н/д
Временно выведен	2	-	н/д	н/д
На исследовании главного конструктора	-	-	н/д	н/д
Орбитальный резерв	-	-	н/д	н/д
На этапе летных испытаний	-	-	н/д	н/д

5.4 Характеристики условий навигации по сигналам ГНСС на маршруте испытаний определялись по показаниям контрольного приемника SigmaQM из состава МИДЛ.

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Условия навигации по сигналам ГНСС

6.1.1 Графики количества видимых НКА и PDOP на участках маршрута приведены в Приложении 1.

6.1.2 Интегральные характеристики условий навигации на маршруте испытаний приведены в таблице 2 и на рисунках 5-6.

Таблица 2. Интегральные характеристики условий навигации на маршруте испытаний

ГНСС	Среднее кол-во видимых НКА	Медиана PDOP	Доступность ¹
GPS	8.6	1.7	96.6%
ГЛОНАСС	7.5	1.9	96.9%
Beidou	15.4	1.4	97.7%
Galileo	7.5	2.0	91.3%
ГЛОНАСС+Beidou	16.1	1.2	99.3%

Примечание: Доступность определена как доля отсчетов с PDOP<6 от общего числа отсчетов

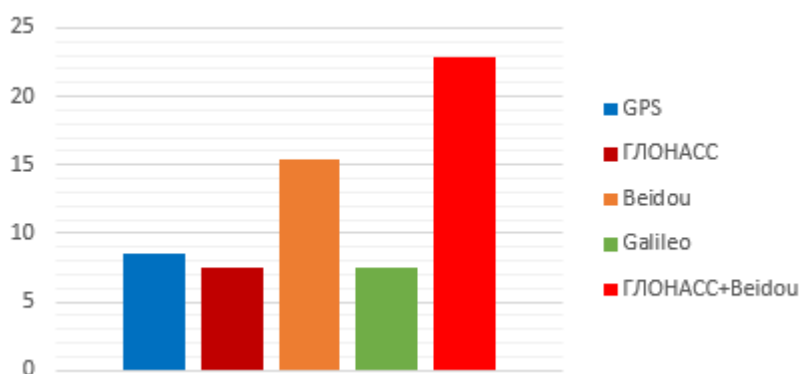


Рисунок 5 Среднее кол-во видимых НКА на маршруте испытаний

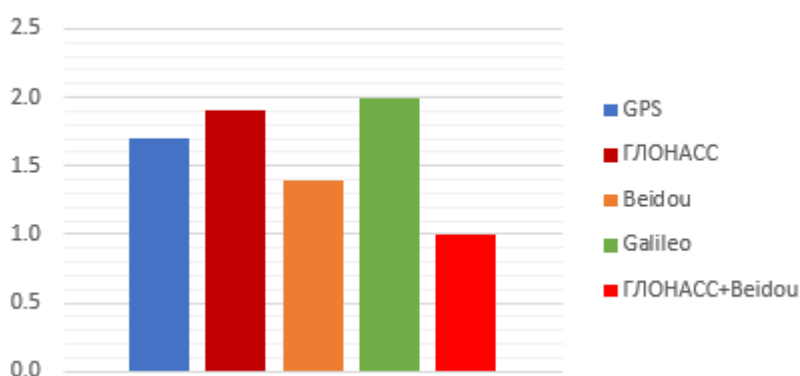


Рисунок 6 Медиана PDOP на маршруте испытаний

6.2 Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС

6.2.1 Оценка расчетной погрешности позиционирования по сигналам ГНСС проводилась на основе анализа треков, построенных с использованием программы RTKPOST (библиотека RTKLIB v.2.4.3 b34) отдельно по каждой ГНСС.

6.2.2 В качестве исходных данных использованы навигационные измерения и

бортовые эфемериды, полученные на маршруте испытаний с помощью приемника SigmaQM.

6.2.3 При построении треков были использованы следующие настройки программы RTKPOST:

- режим позиционирования – Single;
- маска угла возвышения – 5° .
- ионосферная коррекция – Broadcast;
- тропосферная коррекция – Saastamoinen;
- эфемериды, поправки к часам – Broadcast.

6.2.4 Итоговые погрешности позиционирования по отдельным ГНСС приведены в таблице 3.

Таблица 3. Расчетные погрешности позиционирования по сигналам ГНСС (треки ПО RTKLIB)

ГНСС	Погрешности по высоте, м					Погрешности в плане, м					Кол-во место-определений
	СКП	по уровню				СКП	по уровню				
		P=0.5	P=0.68	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.68	P=0.95	P=0.997	
GPS	2.8	1.5	2.3	5.4	12.8	2.0	1.6	2.0	3.1	7.8	28 320
ГЛОНАСС	5.9	3.6	5.2	10.2	32.1	3.7	2.8	3.5	5.9	15.7	28 075
Beidou	3.0	2.0	2.9	5.1	11.1	2.4	2.2	2.5	3.4	10.3	28 302
Galileo	3.0	1.4	2.1	4.5	17.0	2.0	1.2	1.5	2.7	8.8	27 057
ГЛОНАСС+Beidou	3.0	2.2	3.1	4.9	13.1	2.3	2.0	2.3	3.4	9.8	28 083

7 ВЫВОДЫ

7.1 Локальные потребительские характеристики ГНСС в условиях загородной трассы оценивались на маршруте Москва-Пятигорск-Москва. Зафиксированное количество наблюдаемых НКА и их расположение достаточны для уверенной навигации в совмещенном режиме и в большинстве случаев отдельно по каждой из ГНСС GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo. При ограничении по углу места в 5° навигация отдельно по каждой из этих ГНСС была доступна в 91-98% случаев.

Доступность навигации в режиме ГЛОНАСС+Beidou – 99.4%.

7.2 Кратковременные перерывы в доступности навигации по сигналам ГНСС в основном вызваны использованием отдельными водителями большегрузных автомобилей подавителей сигналов ГНСС.

7.3 Расчетная погрешность позиционирования в плане по сигналам ГНСС в одночастотном кодовом режиме ($p=0.68$) на маршруте составила:

- GPS2.0 м.
- ГЛОНАСС3.5 м
- Beidou2.5 м
- Galileo.....1.5 м
- ГЛОНАСС+Beidou2.3 м.

Начальник лаборатории отд. 03004
АО «ЦНИИмаш»



В.Л. Лапшин

Инженер 1-й категории отд. 03004
АО «ЦНИИмаш»

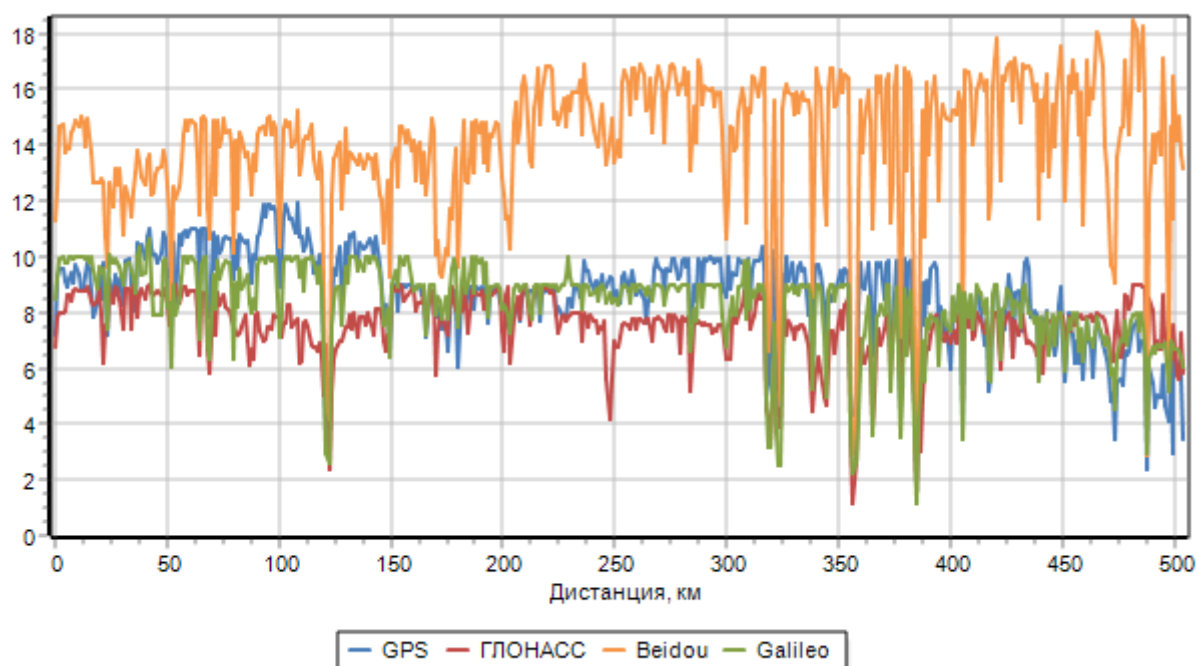


Д.В. Виндерских

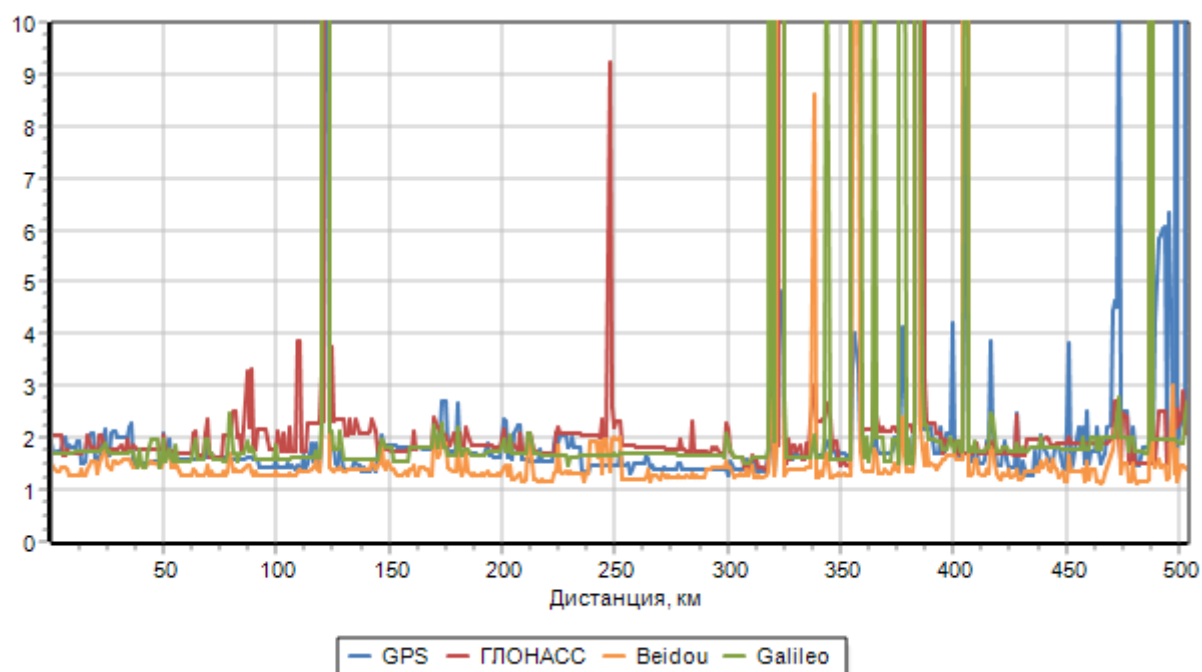
Приложение 1 Графики условий навигации на участках маршрута

Участок 1

Количество видимых НКА¹



PDOP²

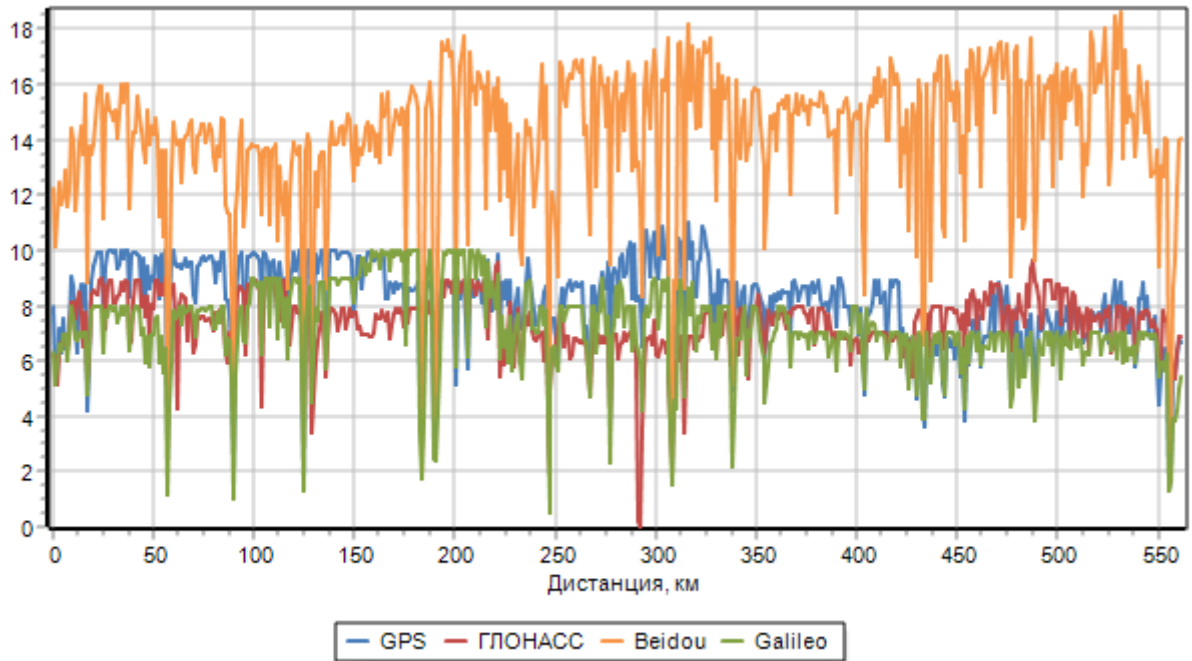


¹ Количество видимых НКА и PDOP определены для маски углов места 5°. Шаг генерализации (сглаживания) – 1000 м.

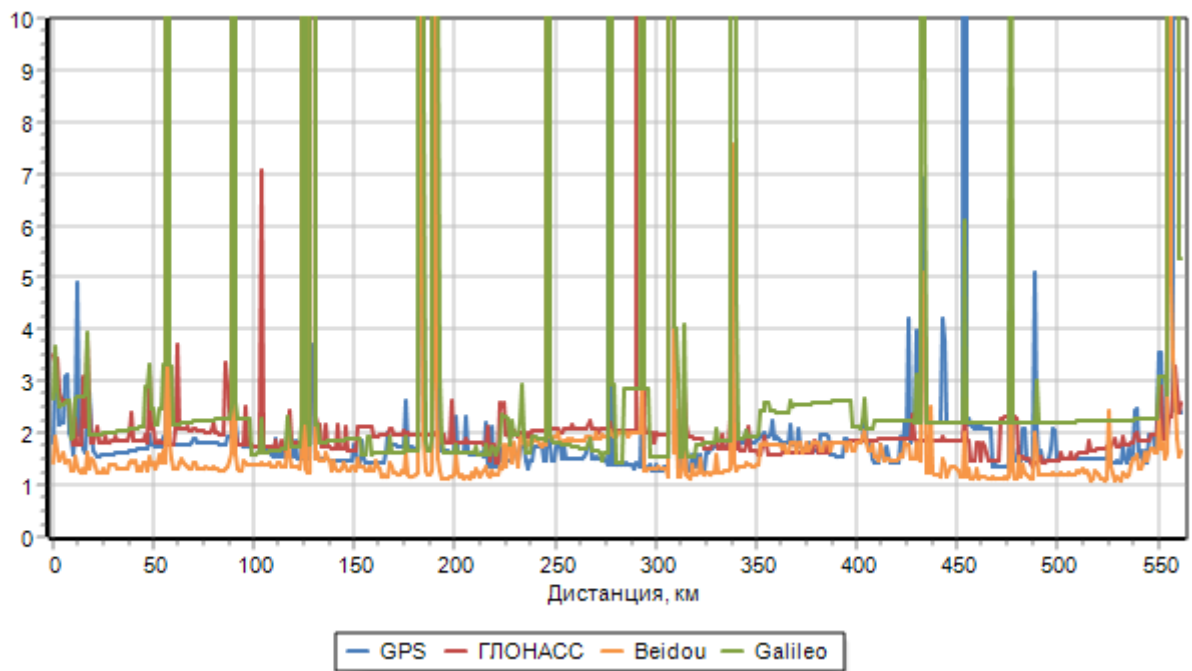
² На графиках PDOP значения больше 10 не показаны

Участок 2

Количество видимых НКА

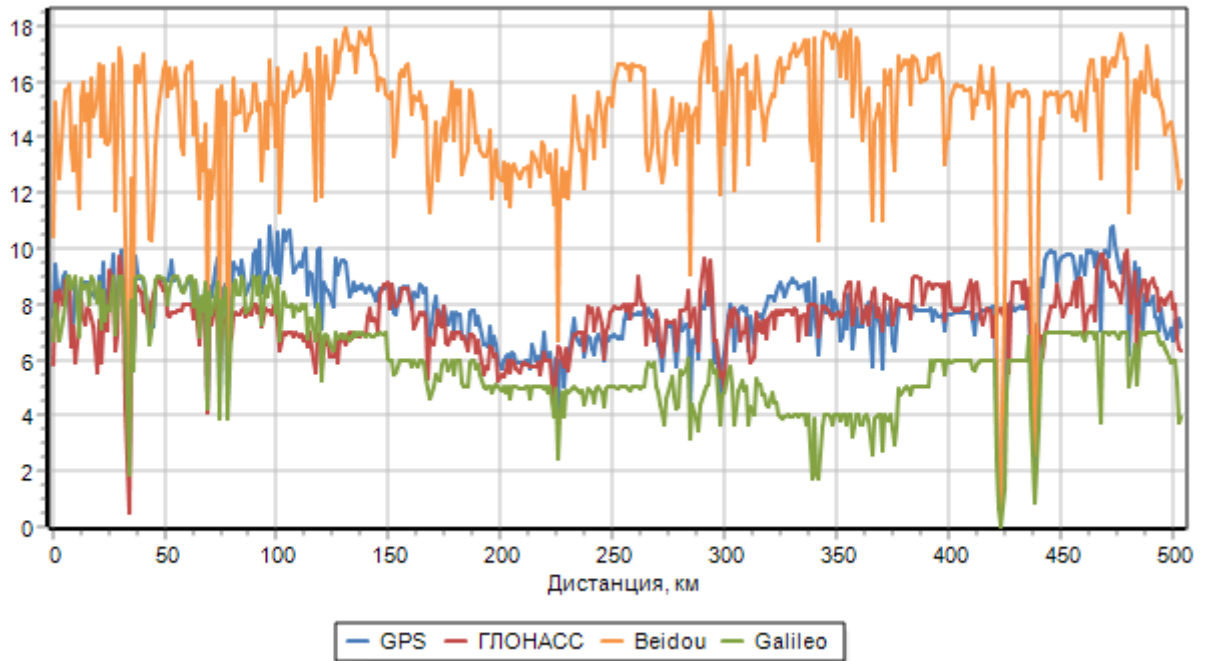


PDOP

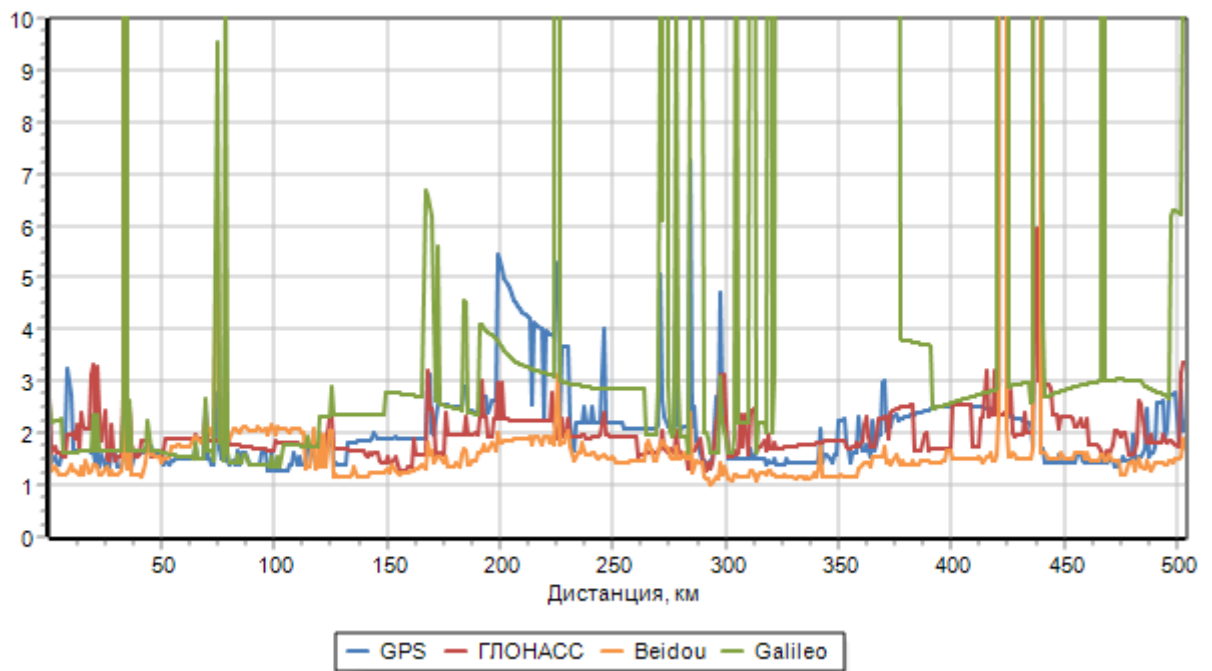


Участок 3

Количество видимых НКА

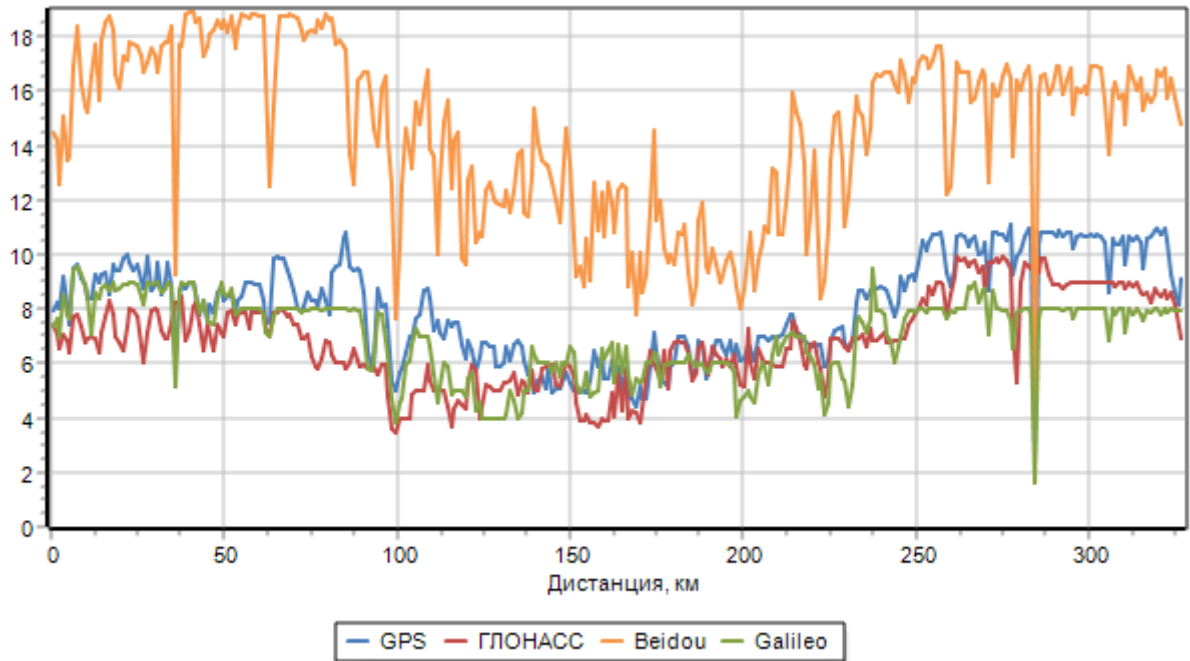


PDOP

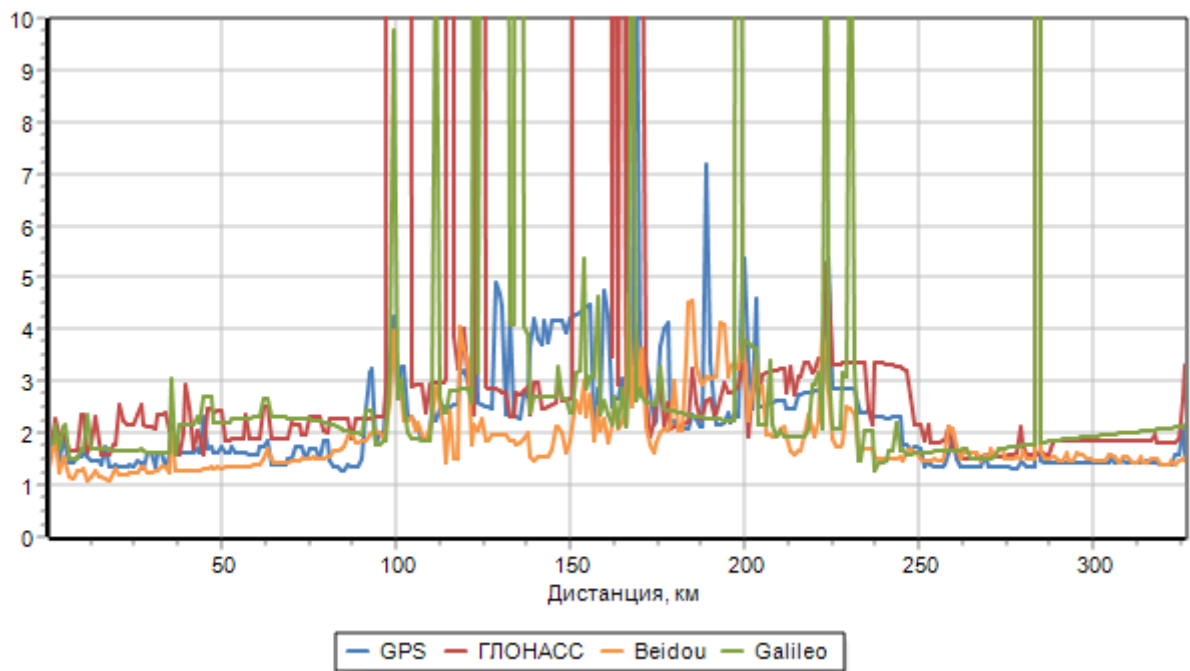


Участок 4

Количество видимых НКА

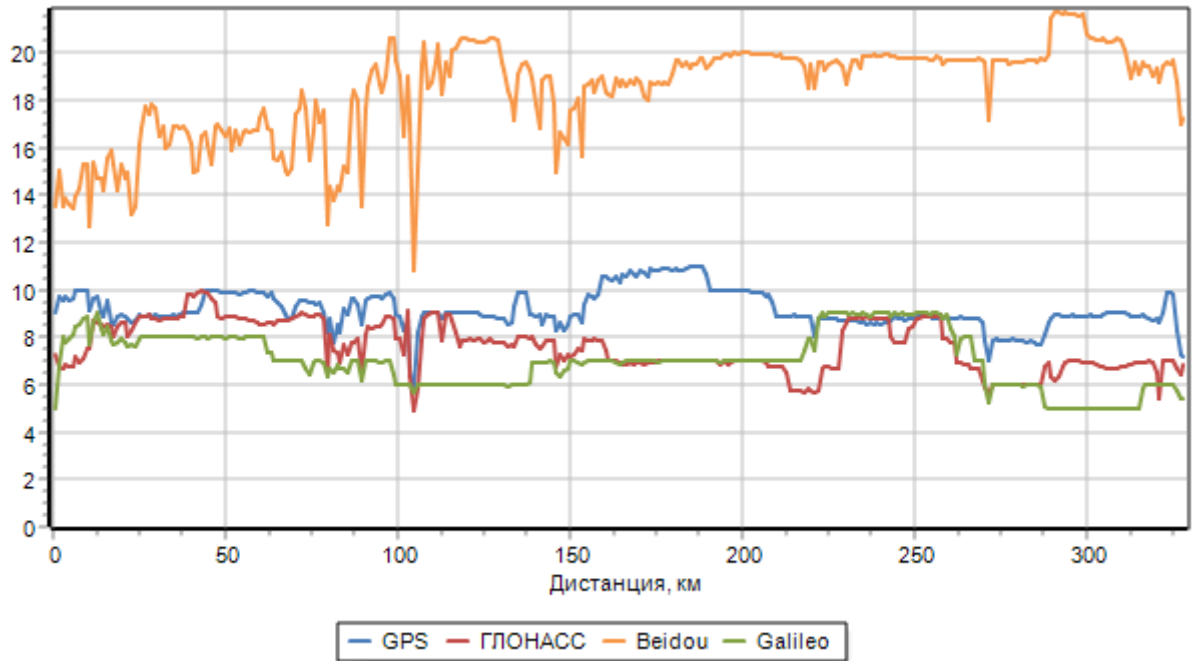


PDOP

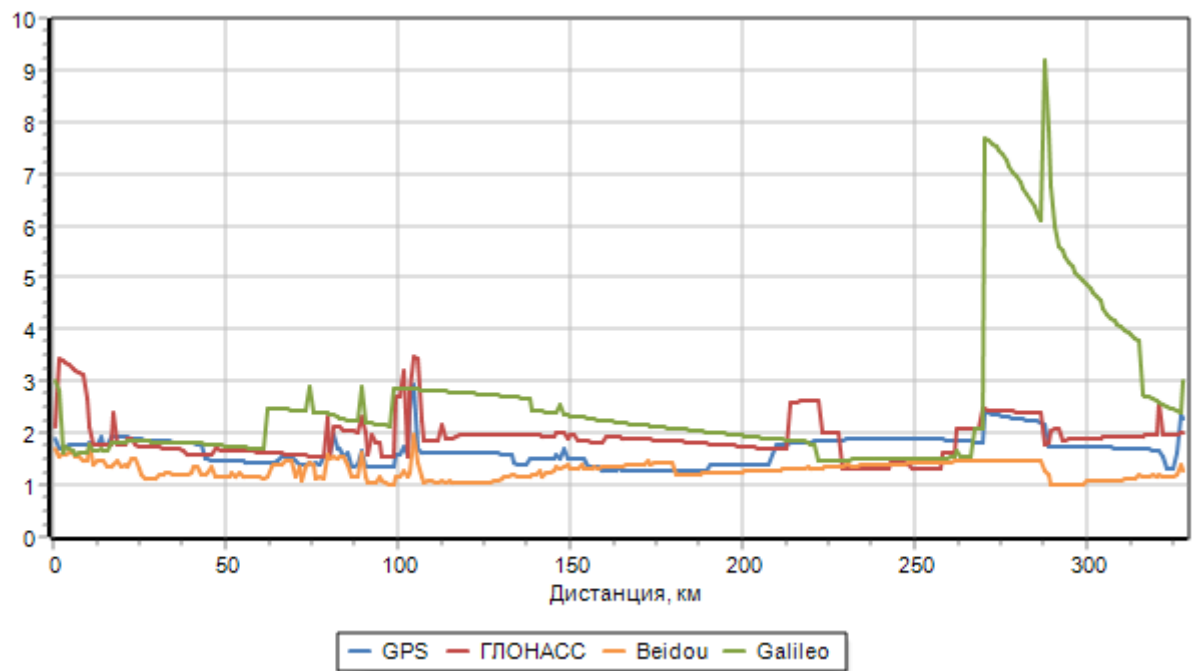


Участок 5

Количество видимых НКА

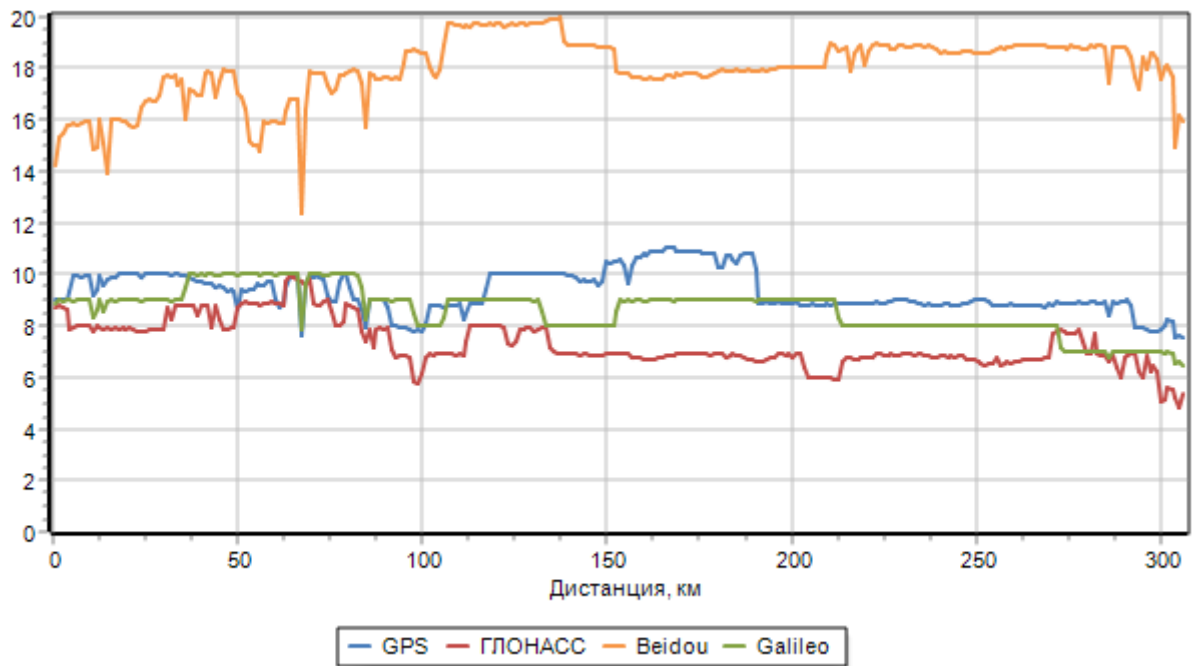


PDOP

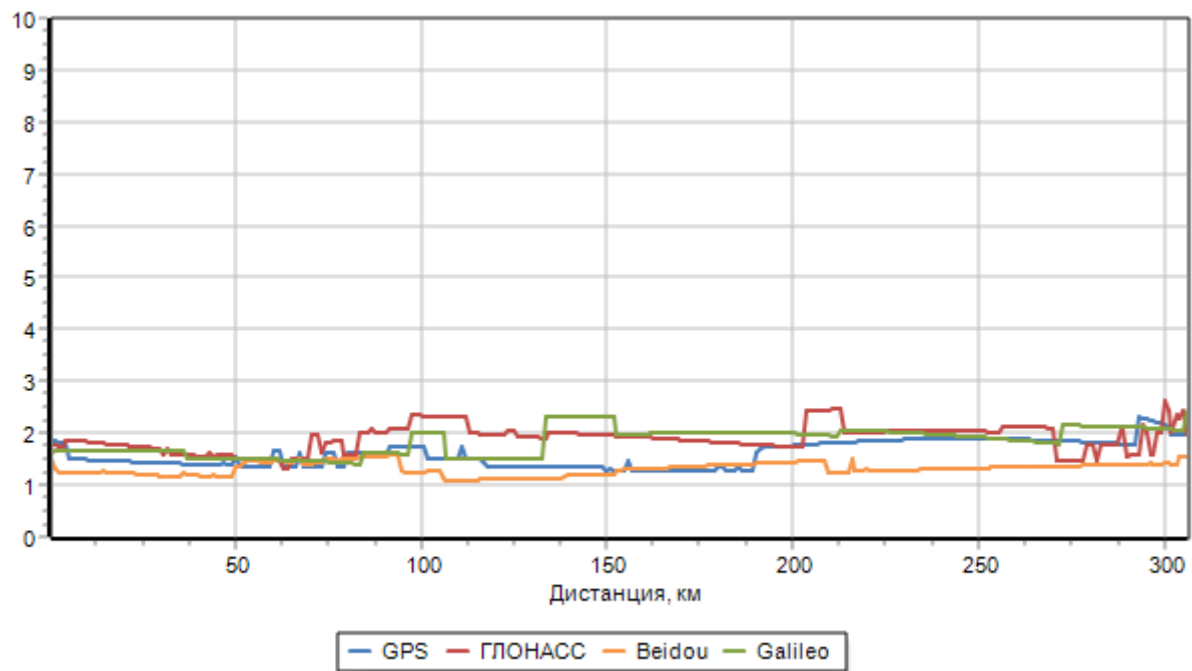


Участок 6

Количество видимых НКА

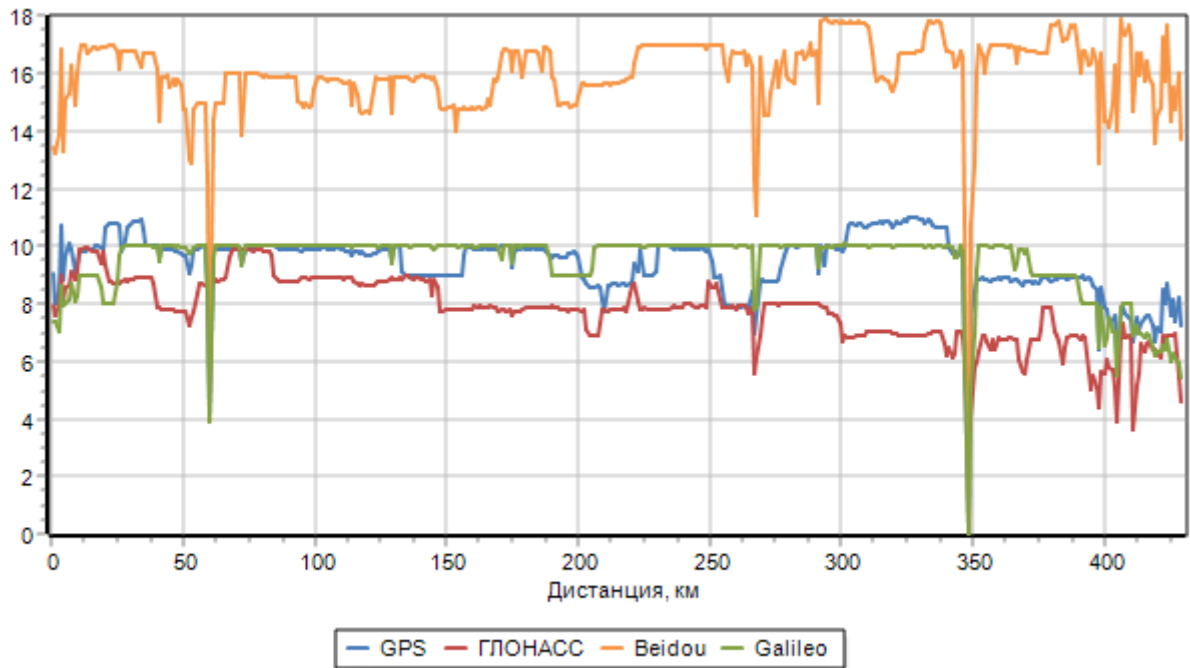


PDOP

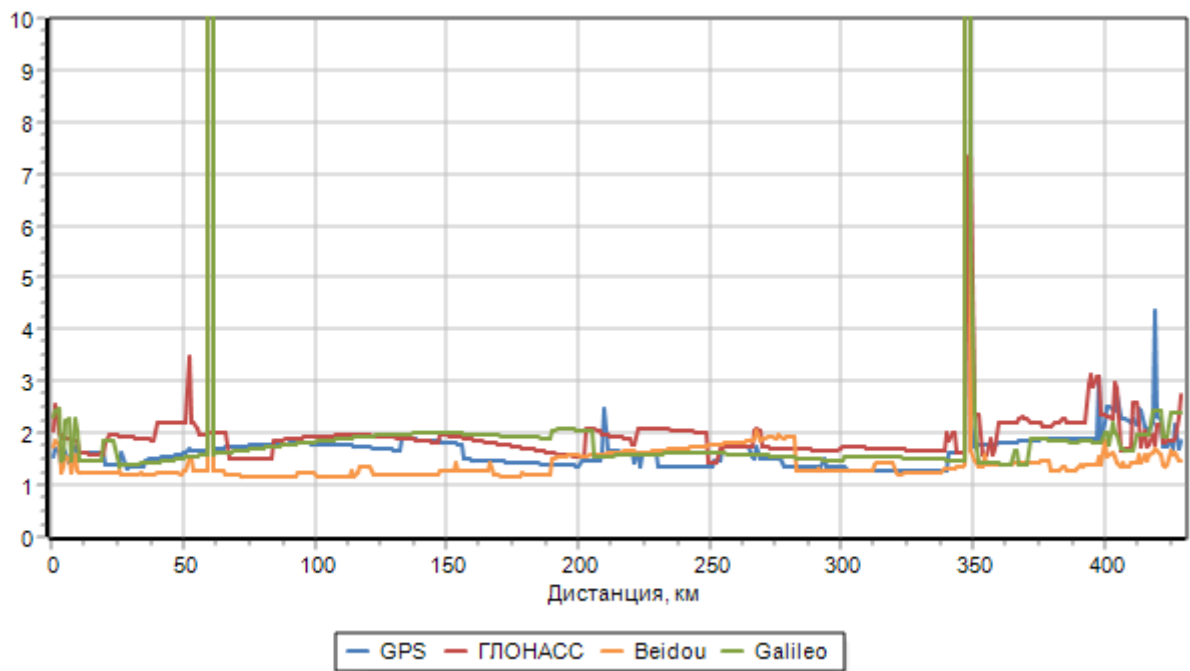


Участок 7

Количество видимых НКА

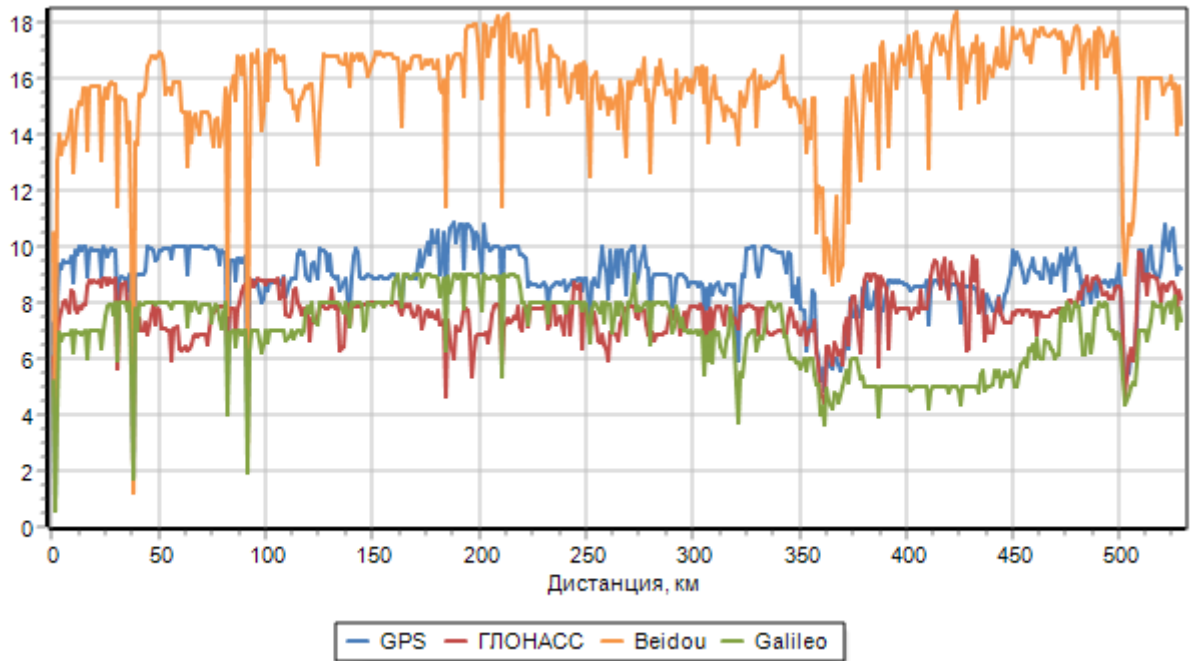


PDOP

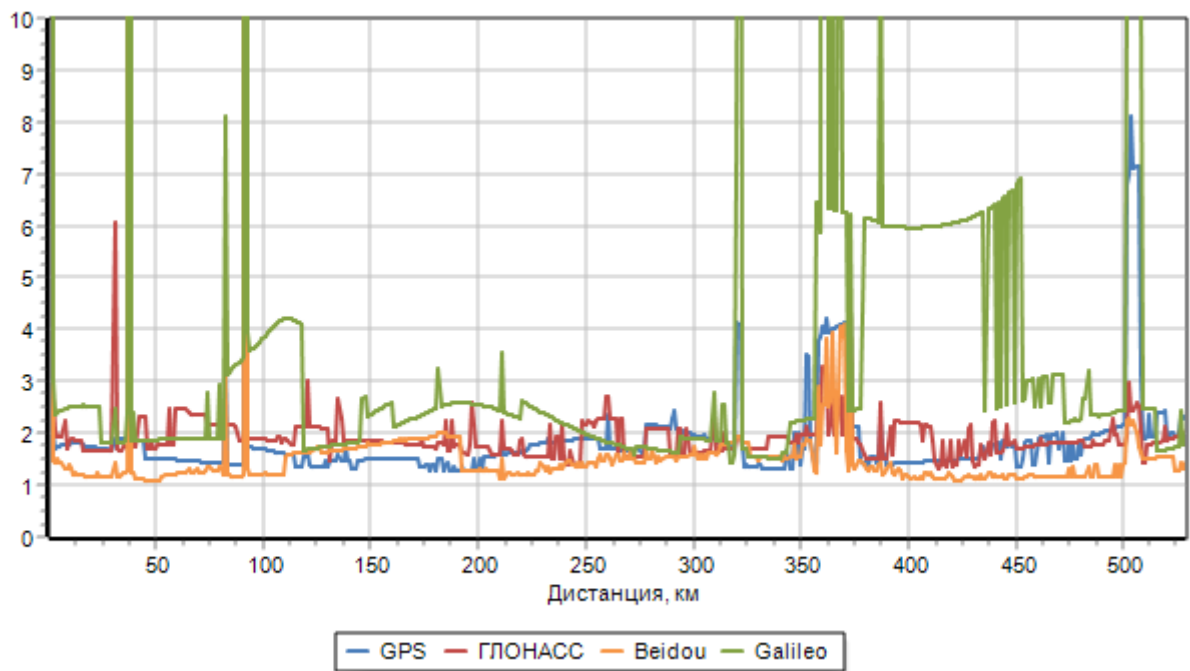


Участок 8

Количество видимых НКА

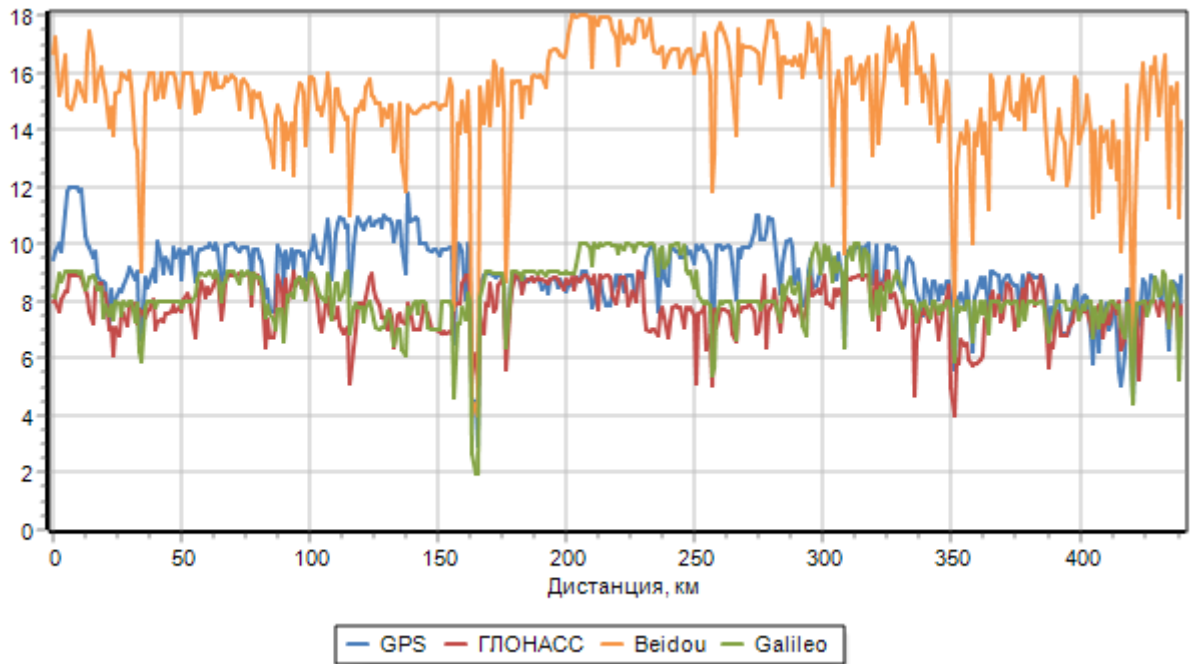


PDOP



Участок 9

Количество видимых НКА



PDOP

