



Дата: 04.07.2024

ПРОТОКОЛ № 12/2024  
испытаний с использованием  
мобильной измерительно-диагностической лаборатории  
и средств стенда отработки перспективных навигационных технологий  
по определению локальных потребительских характеристик ГНСС

## Содержание

1	Цель испытаний .....	3
2	Объект испытаний .....	3
3	Средства проведения испытаний .....	3
4	Время и место проведения испытаний .....	3
5	Условия проведения испытаний.....	3
6	Результаты испытаний .....	8
6.1	Условия навигации по сигналам ГНСС.....	8
6.3	Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС .....	9
7	Выводы.....	12

## **1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ**

1.1 Целями испытаний являлись:

- оценка локальных потребительских характеристик глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Beidou, Galileo (далее – ГНСС) в городских условиях;
- оценка помеховой обстановки на маршруте.

## **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 Испытания проводились с использованием мобильной измерительно-диагностической лаборатории (МИДЛ) ГЮИД.464979.001 из состава Системы независимой оценки потребительских характеристик (СНОПХ) ГЮИД.466535.022 и комплекта средств записи сигналов ГНСС (КС ЗС) ГЮИД.464945.001 из состава стенда для отработки перспективных навигационных технологий в сложных условиях СОНТ НЦПВ.464971.001.

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 01.07.2024.

4.2 Место проведения испытаний: г. Королев Московской области.

## **5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

5.1 Испытания проводились на маршруте: ул. Пионерская – ул.

Калининградская – ул. Коммунальная – разворот под эстакадой у ст. Болшево – пр. Королева – ул. Циолковского – ул. Ленина – ул. Пионерская (фиксированный маршрут №2, рисунок 1)



Рисунок 1 Маршрут испытаний

5.2 Маршрут обеспечивает характерные для городской среды траектории движения, условия затенения и переотражения спутниковых сигналов. На маршруте имеются участки с умеренным и сильным затенением спутниковых сигналов, прямолинейные участки, повороты, движение под эстакадой. Протяженность маршрута - 10 км.

5.3 Фотографии отдельных участков маршрута представлены на рисунках 2÷5.



Рисунок 2 Маршрут испытаний, ул. Пионерская



Рисунок 3 Маршрут испытаний, ул. Коммунальная



Рисунок 4 Маршрут испытаний, разворот под эстакадой

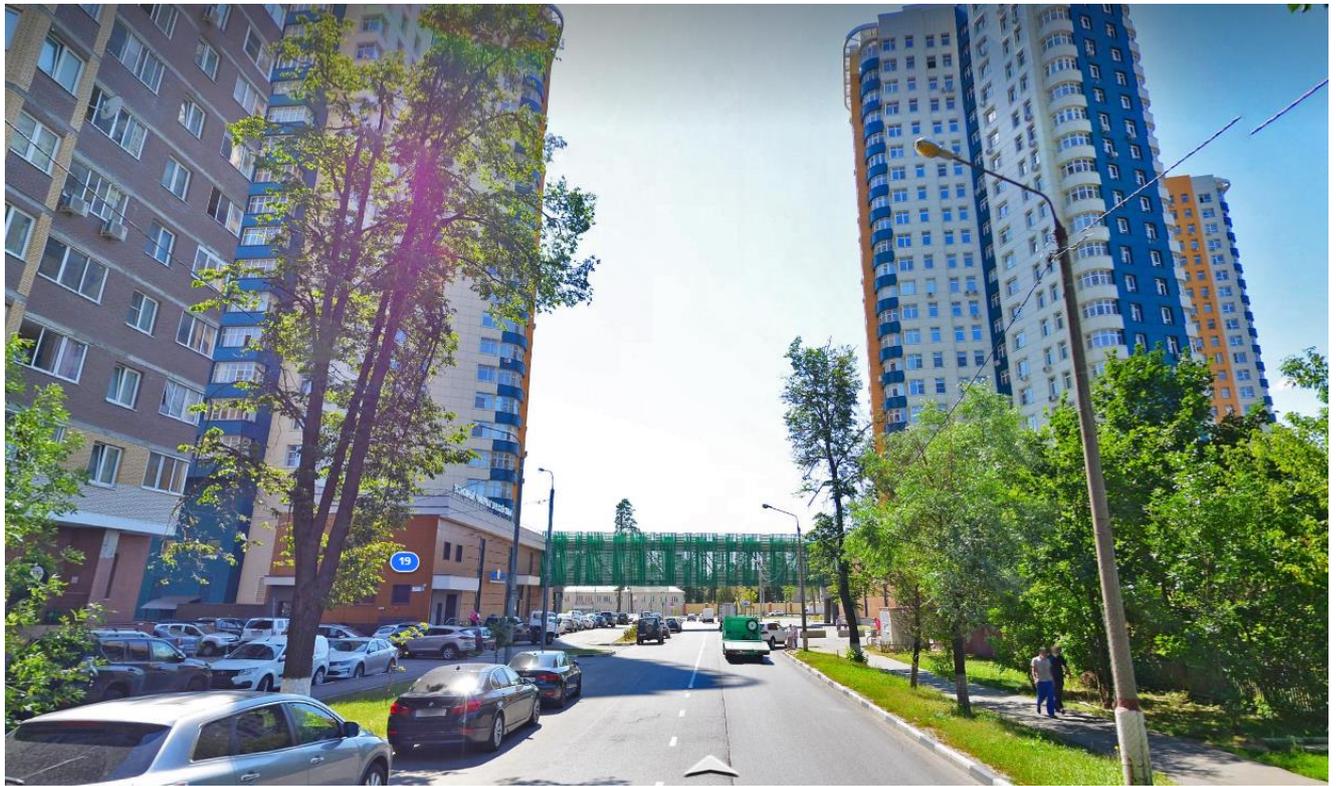


Рисунок 5 Маршрут испытаний, ул. Ленина

5.4 Состояние орбитальных группировок ГНСС на день проведения испытаний по данным сайта ИАЦ КВНО - <https://glonass-iac.ru> приведен на рисунках 6-9.



Рисунок 6. Состояние группировки НКА ГЛОНАСС

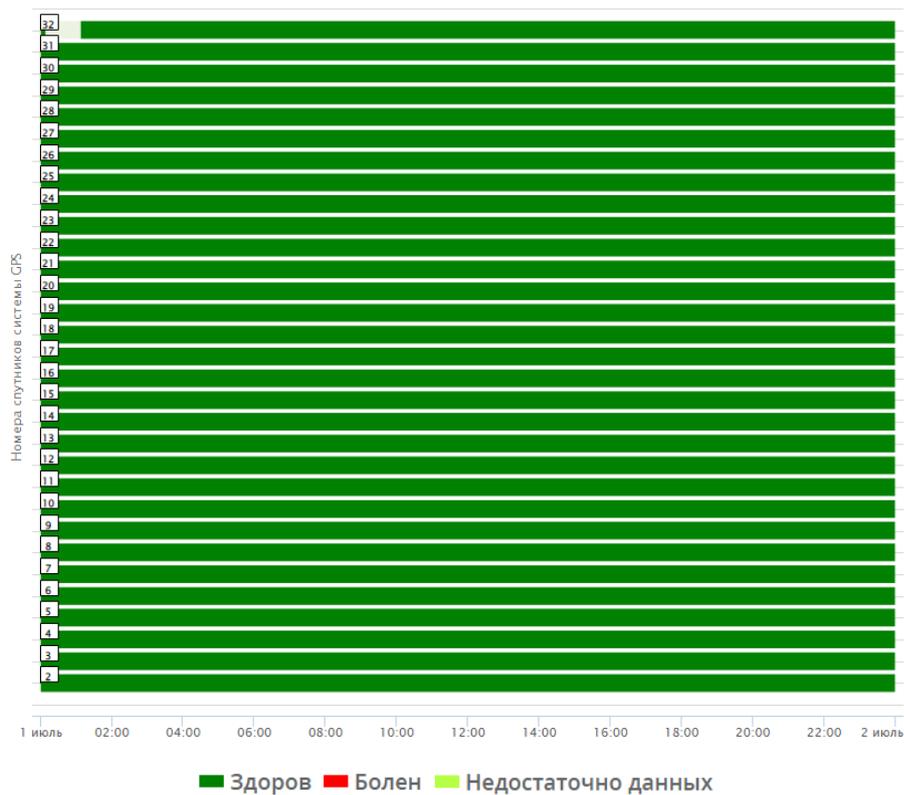


Рисунок 7. Состояние группировки НКА GPS

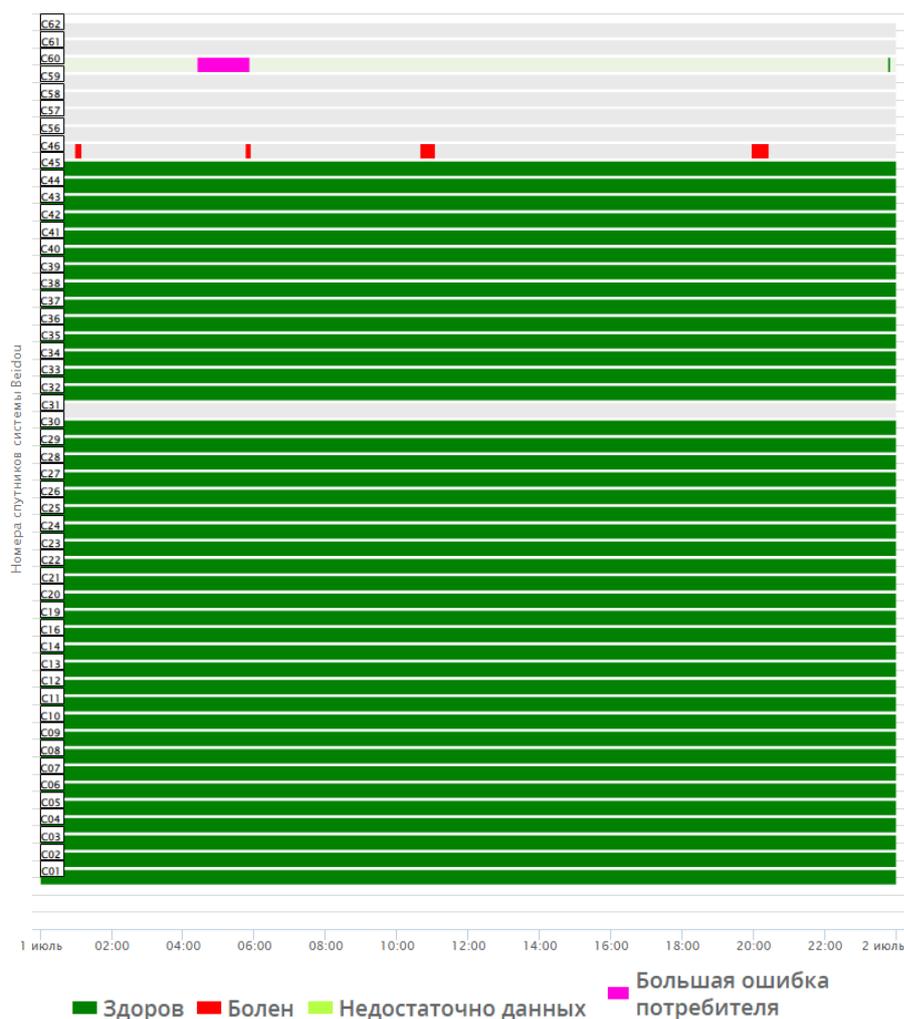


Рисунок 8. Состояние группировки НКА Beidou



Рисунок 9. Состояние группировки НКА Galileo

5.5 Характеристики условий навигации по сигналам ГНСС определялись по показаниям контрольного приемника Delta3 из состава КС ЗС.

## 6 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Условия навигации по сигналам ГНСС

6.2 Графики количества видимых НКА и PDOP приведены на рисунках 10-11. Шаг генерализации (сглаживания) – 50 м.

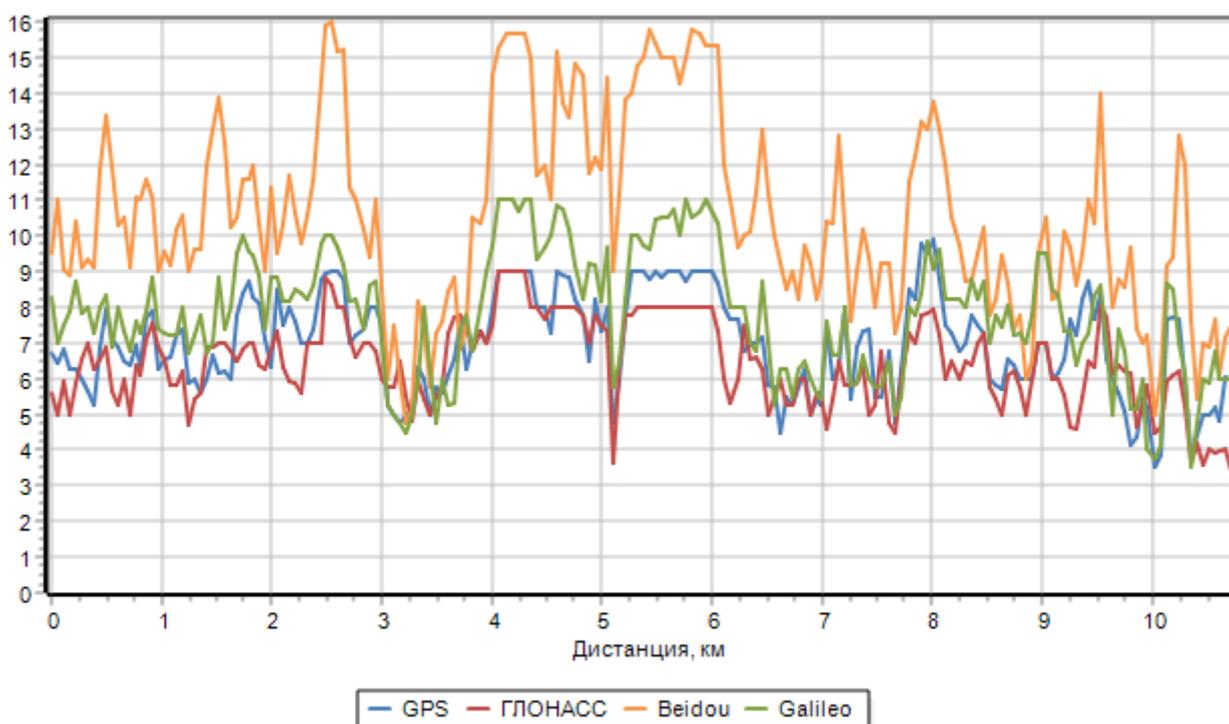


Рисунок 10 Количество видимых НКА

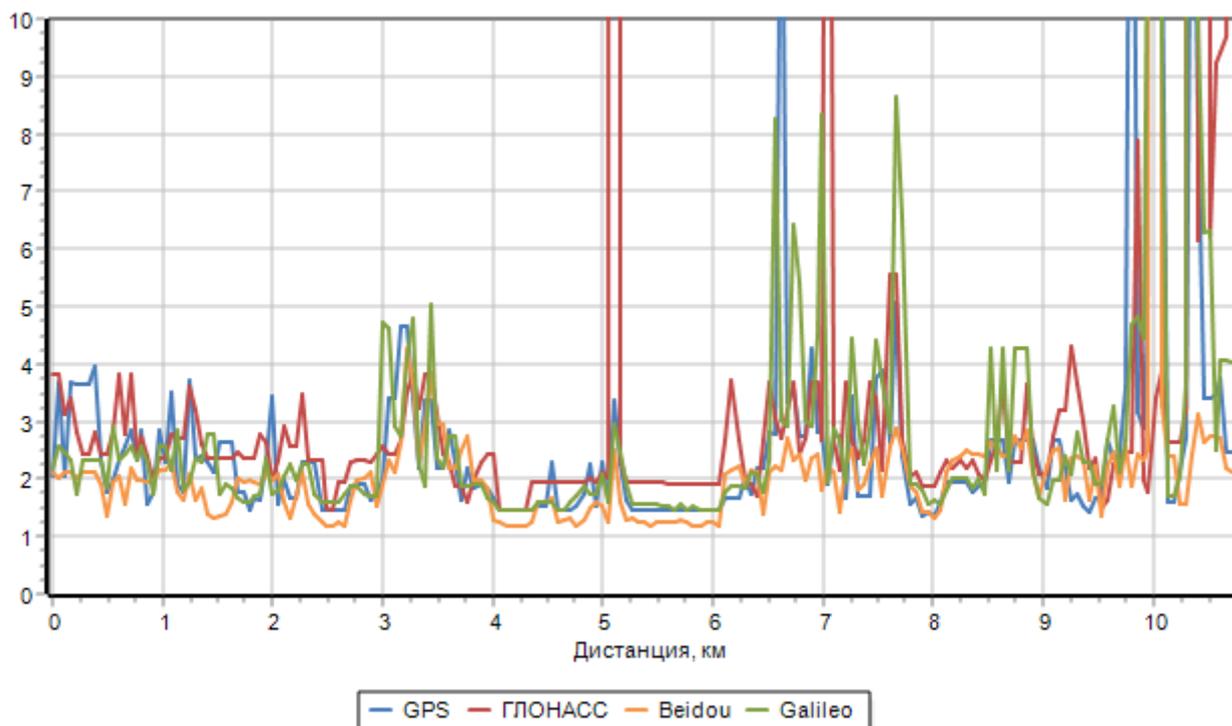


Рисунок 11 Геометрический фактор PDOP (значения выше 10 не показаны)

6.2.1 Интегральные характеристики условий навигации на маршруте испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1. Интегральные характеристики условий навигации на маршруте испытаний

ГНСС	Среднее кол-во видимых НКА	Медиана PDOP	Доступность <sup>1</sup>
GPS	7.0	2.2	96.7%
ГЛОНАСС	6.4	2.4	90.5%
Beidou	10.7	2.0	99.6%
Galileo	7.6	2.2	94.8%
ГЛОНАСС+Beidou	17.1	1.3	100.0%

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

### 6.3 Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС

6.3.1 Оценка расчетной погрешности позиционирования по сигналам ГНСС проводилась на основе анализа треков, построенных программой RTKPOST (библиотека RTKLIV v.2.4.3 b34) отдельно по каждой ГНСС.

6.3.2 В качестве исходных данных использованы навигационные измерения, полученные на маршруте испытаний с помощью приемника SigmaQM.

6.3.3 При построении треков были использованы следующие настройки

программы RTKPOST:

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

6.3.4 Итоговые расчетные погрешности позиционирования по различным ГНСС приведены таблице 2.

Таблица 2. 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	5.3	2.0	<b>2.6</b>	6.1	40.2	3.6	1.2	<b>1.5</b>	3.8	33.3	1 457
ГЛОНАСС	9.3	3.5	<b>5.1</b>	16.2	58.1	10.9	6.9	<b>8.4</b>	17.2	62.8	1 500
Beidou	6.2	2.4	<b>3.4</b>	7.4	60.1	2.7	1.2	<b>1.6</b>	3.3	22.8	1 456
Galileo	8.0	1.7	<b>2.3</b>	4.2	25.0	9.1	1.2	<b>1.6</b>	5.1	40.5	1 506
ГЛОНАСС+Beidou	8.1	2.7	<b>3.7</b>	9.3	63.3	4.9	1.7	<b>2.1</b>	4.5	37.0	1 496

## 7 ВЫВОДЫ

7.1 Локальные потребительские характеристики ГНСС оценивались на маршруте в городских условиях.

7.2 Навигация отдельно по одной из ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo) была доступна минимум в 97% случаев. Навигация в совмещенном режиме ГЛОНАСС+Beidou – в 100% случаев.

7.3 Расчетная погрешность позиционирования в плане по сигналам ГНСС в одночастотном кодовом режиме ( $p=0.68$ ) на участках маршрута с доступной навигацией составила:

- GPS..... 1.5 м.
- ГЛОНАСС ..... 8.4 м
- Beidou ..... 1.6 м
- Galileo ..... 1.6 м

Начальник лаборатории отд. 03004  
АО "ЦНИИмаш"



В.Л. Лапшин

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



Д.В. Виндерских