



Дата: 23.06.2022

ПРОТОКОЛ № 04/2023
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.....	3
6	Результаты испытаний	6
6.1	Условия навигации по сигналам ГНСС.....	6
6.2	Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС	8
7	Выводы.....	10

1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

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

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 06.06.2023.

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 (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

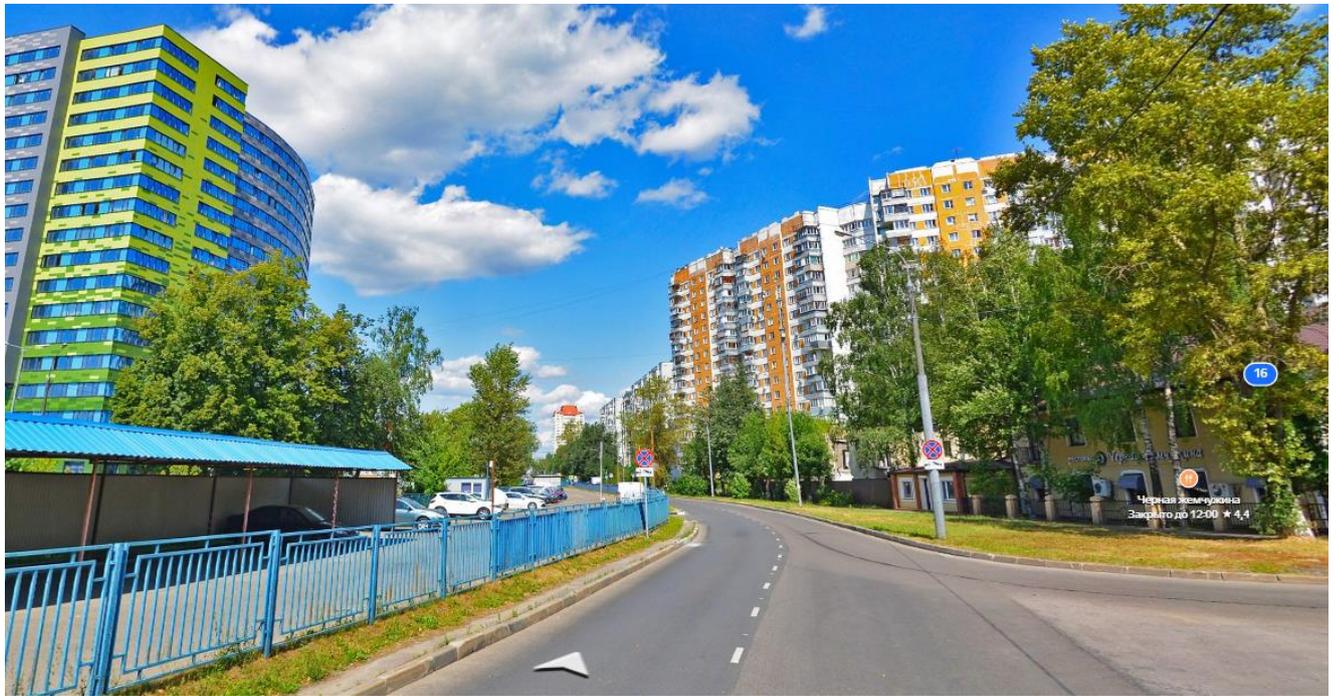


Рисунок 3 Маршрут испытаний, ул. Коммунальная



Рисунок 4 Маршрут испытаний, разворот под эстакадой



Рисунок 5 Маршрут испытаний, ул. Ленина

5.4 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	31	24	44	24
Не используется по целевому назначению, в т.ч.	1	1	5	4
На этапе ввода в систему	-	1	-	-
Временно выведен	-	-	5	4
На исследовании главного конструктора	1	-	-	-
Орбитальный резерв	-	-	-	-
На этапе летных испытаний	-	-	-	-

5.5 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 приведены на рисунках 6 и 7

соответственно. Шаг генерализации (сглаживания) - 50м.

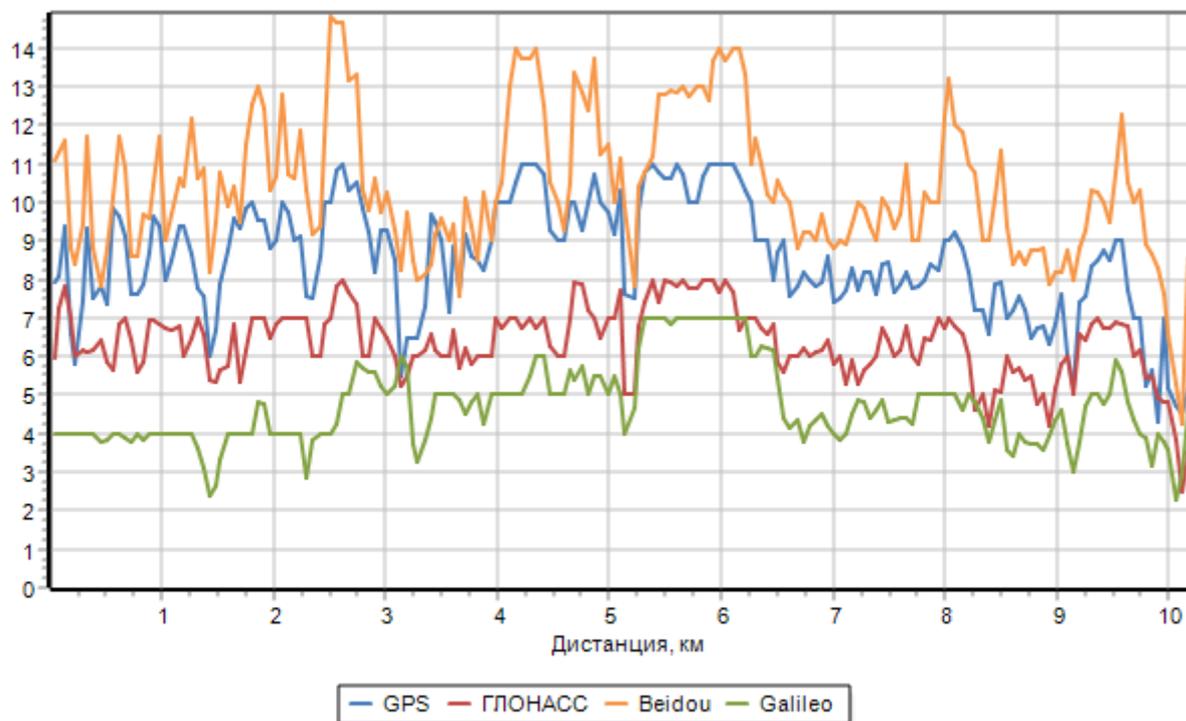


Рисунок 6 Количество видимых НКА

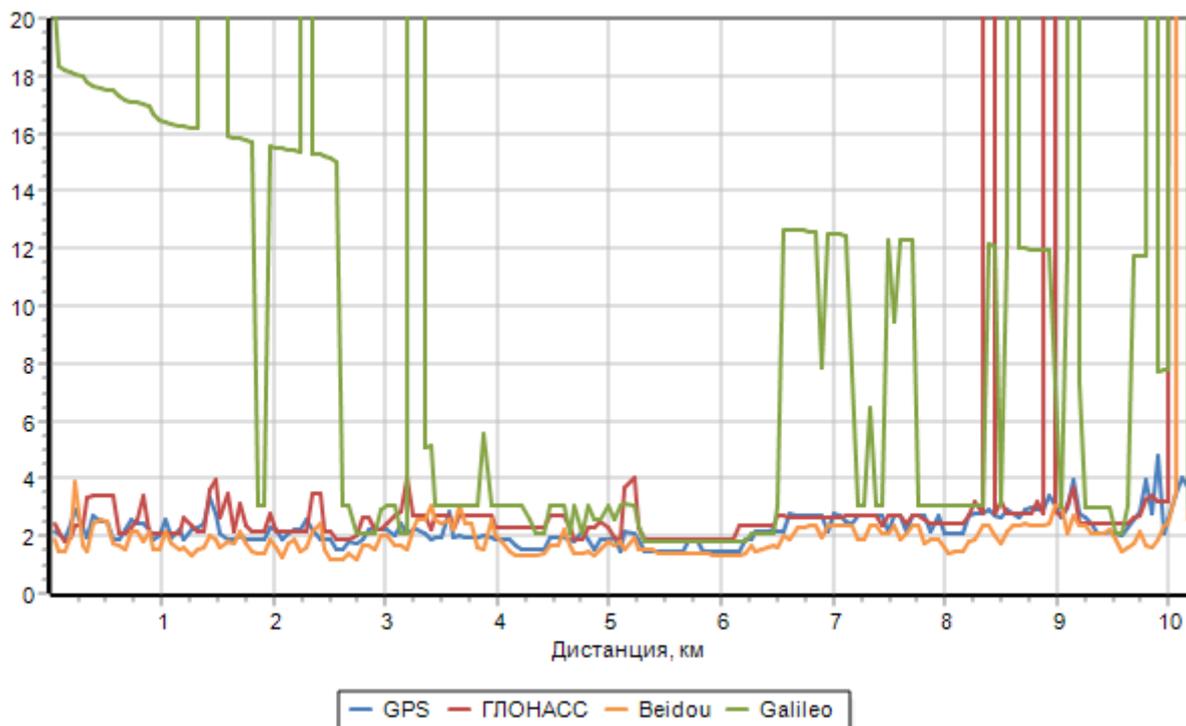


Рисунок 7 Геометрический фактор PDOP (значения выше 20 не показаны)

6.1.2 Интегральные характеристики условий навигации на маршруте приведены в таблице 2.

Таблица 2. Интегральные характеристики условий навигации на маршруте

ГНСС	Среднее кол-во видимых НКА	Медиана PDOP	Доступность ¹
GPS	8.5	2.2	99.2%
ГЛОНАСС	6.3	2.6	95.4%
Beidou	10.3	1.8	99.5%
Galileo	4.7	5.1	50.6%
ГЛОНАСС+Beidou	16.7	1.4	99.9%
Примечание: Доступность определена как доля отчетов с PDOP<6 от общего числа отчетов			

6.2 Погрешности позиционирования по сигналам ГНСС

6.2.1 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.

6.2.2 В качестве исходных данных использованы навигационные измерения, 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	8.4	2.9	3.9	6.6	68.7	5.7	2.0	2.4	4.0	41.3	1 429
ГЛОНАСС	33.4	15.8	19.1	69.4	153.4	22.3	3.5	4.9	58.4	117.1	739
Beidou	7.1	6.0	6.9	11.9	20.3	3.6	3.0	3.5	5.4	12.5	1 444
Galileo	14.8	10.2	14.6	24.5	60.6	5.5	2.9	3.9	8.5	37.6	1 379
ГЛОНАСС+ Beidou	16.7	7.4	8.3	13.3	27.9	14.7	2.5	2.9	5.0	14.2	1 390

7 ВЫВОДЫ

7.1 Локальные потребительские характеристики ГНСС оценивались на маршруте в городских условиях. Зафиксированное количество наблюдаемых НКА и их расположение достаточны для уверенной навигации в совмещенном режиме и в большинстве случаев отдельно по GPS, ГЛОНАСС и Beidou. При ограничении по углу места в 5° навигация отдельно по этим ГНСС была доступна в 95-99% случаев. Доступность навигации по Galileo – около 50%.

Доступность навигации в режиме ГЛОНАСС+Beidou – 99.9%.

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

- GPS2.4 м.
- ГЛОНАСС4.9 м
- Beidou.....3.5 м
- Galileo.....3.9 м
- ГЛОНАСС+Beidou2.9 м.

7.3 Повышенный уровень погрешностей позиционирования по всем ГНСС относительно аналогичных показателей прошлого года, вероятно, связан с работой подавителей сигналов ГНСС во время проведения испытаний.

Начальник лаборатории отд. 03004
АО «ЦНИИмаш»



В.Л. Лапшин

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



Д.В. Виндерских