



Дата: 24.09.2021

ПРОТОКОЛ № 4/2021  
проведения испытаний НАП с использованием  
Мобильной измерительно-диагностической лаборатории (МИДЛ)

1	Цель испытаний .....	3
2	Время и место проведения испытаний .....	3
3	Средства проведения испытаний .....	3
4	Испытываемые образцы.....	3
5	Определяемые показатели .....	4
6	Режимы испытаний .....	5
7	Последовательность испытаний.....	8
8	Результаты испытаний .....	9
8.1	Радионавигационная обстановка, локальные потребительские характеристики ГНСС.....	9
8.2	Погрешности позиционирования НАП.....	11
8.3	Работоспособность и эффективность СДКМ .....	15
9	Выводы .....	18

# 1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

## 1.1 Цели испытаний:

- испытания навигационной аппаратуры потребителя (далее - НАП), функциональных дополнений (ФД) ГНСС в реальных условиях эксплуатации.
- оценка радионавигационной обстановки, оценка локальных потребительских характеристик ГНСС в заданном районе.

## 1.2 Тип испытаний – натурные испытания.

# 2 ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Дата проведения испытаний: 07.09.2021.

2.2 Место проведения испытаний: федеральная трасса «М8 Холмогоры».

# 3 СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Мобильная измерительно-диагностическая лаборатория ГЮИД.464979.001 (сертификат об утверждении типа средств измерений №80337-20), заводской номер 073-2003004-01.

3.2 Базовый приемник TPS NET-G5, антенна TPSCR3\_GGD CONE.

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

Контактная информация:

ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш»:

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

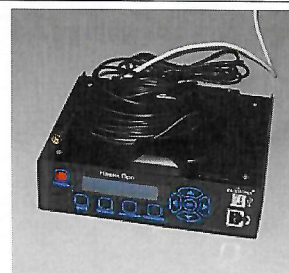
Телефон: (495) 513-58-33, факс (495) 513-40-38


E-mail: midl@glonass-iac.ru

# 4 ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ





## 4.1 Испытываемые образцы НАП:

Комплект навигационной аппаратуры ГЛОНАСС/GPS «Навик-Про» Предоставлен ООО «Радиома инжиниринг»
---



<p>Комплект навигационной аппаратуры ГЛОНАСС/GPS «Навик-Про М» Предоставлен ООО «Радиома инжиниринг»</p>	
--	--

#### 4.2 Образцы НАП, использованные для оценки СДКМ

<p>Навигационный приемник SigmaQM (Javad GNSS), f/w 3.7.1 Apr,04,2017, board TRE_QUA_3, далее – SigmaQM</p>	
<p>Навигационный приемник Sigma-G3T (Javad GNSS), firmware 4.0.00-200818, board TRE_G3TH_5, далее – Sigma-G3T</p>	
<p>Навигационный приемник NV08C-RTK (АО «КБ Навис», г. Москва), версия ПО - NVS RTK 0031 CSM24 P316, далее – NV08C. Предоставлен ООО «НВС Навигационные технологии»</p>	
<p>Навигационный приемник NV08C-RTK (АО «КБ Навис», г. Москва) с активированной функцией СДКМ, версия ПО - NVS RTK PR28 CSM24 P314, далее – NV08C-СДКМ. Предоставлен ООО «НВС Навигационные технологии»</p>	

## 5 ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

### 5.1 Потребительские характеристики ГНСС GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALILEO:

- количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) каждой ГНСС при угле места не менее 5°;
- геометрический фактор точности определения местоположения



потребителя ГНСС в пространстве (PDOP) для каждой ГНСС и для комбинации ГЛОНАСС+BEIDOU при угле места не менее 5°.

5.2 Характеристики погрешности определения местоположения НАП по сигналам ГНСС и ФД ГНСС: по высоте и в плане – среднеквадратическая погрешность (СКП), погрешность по уровню вероятности 0.5, 0.95, 0.68, 0.997.

## **6 РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ**

6.1 Испытания проводились на маршруте, обеспечивающем характерные для движения по загородной трассе траектории движения: участок 22 – 47 км федеральной трассы «М8 Холмогоры» в прямом и обратном направлении (рисунок 1). На маршруте преобладают открытые прямолинейные участки, есть участки, затененные лесополосой, есть проезды под мостами и надземными переходами, разворот на многоуровневой развязке. Общая протяженность маршрута - 72 км.

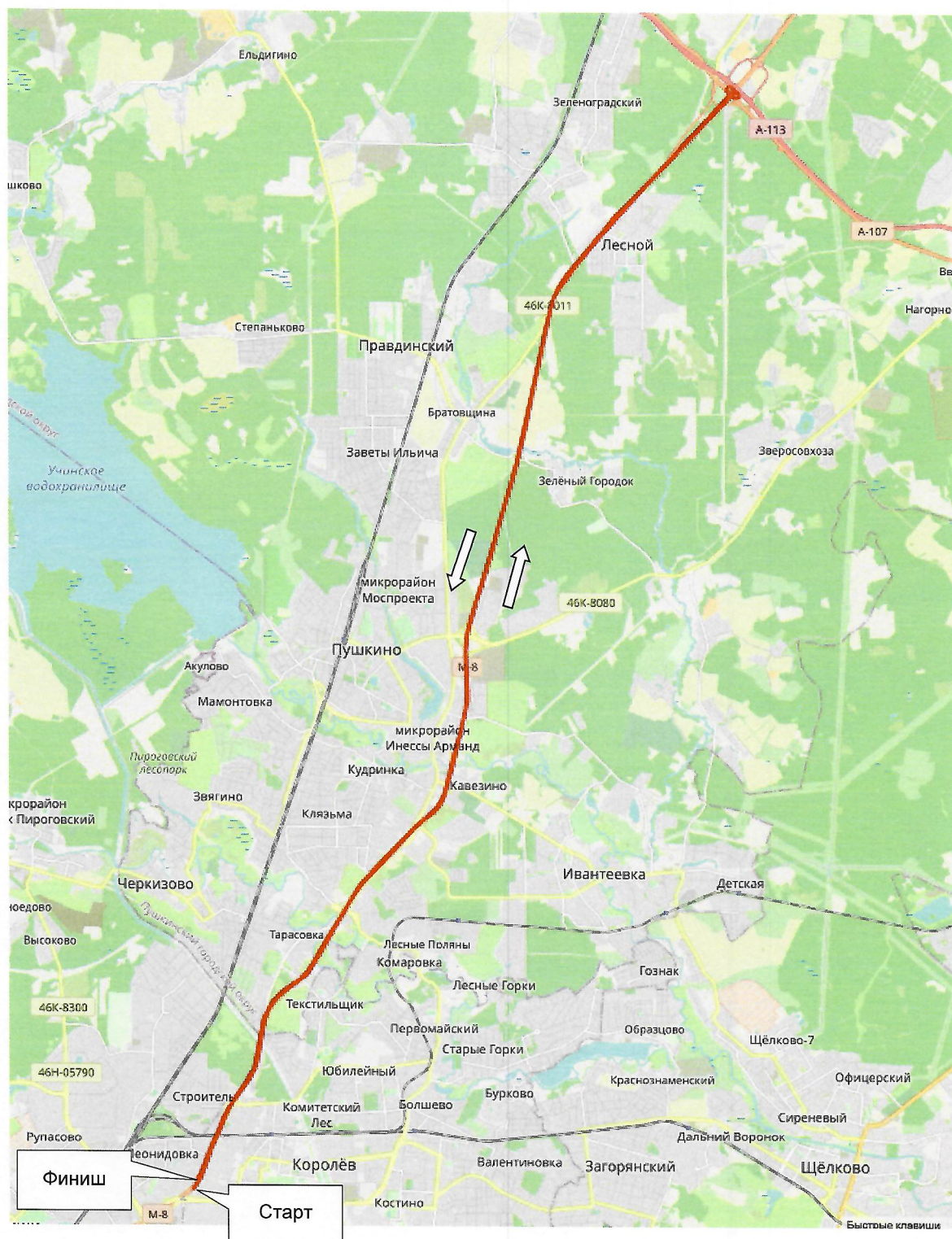


Рисунок 1 Маршрут испытаний

6.2 Фотографии отдельных участков маршрута испытаний приведены на рисунках 2÷4.





Рисунок 2 Маршрут испытаний, участок 1

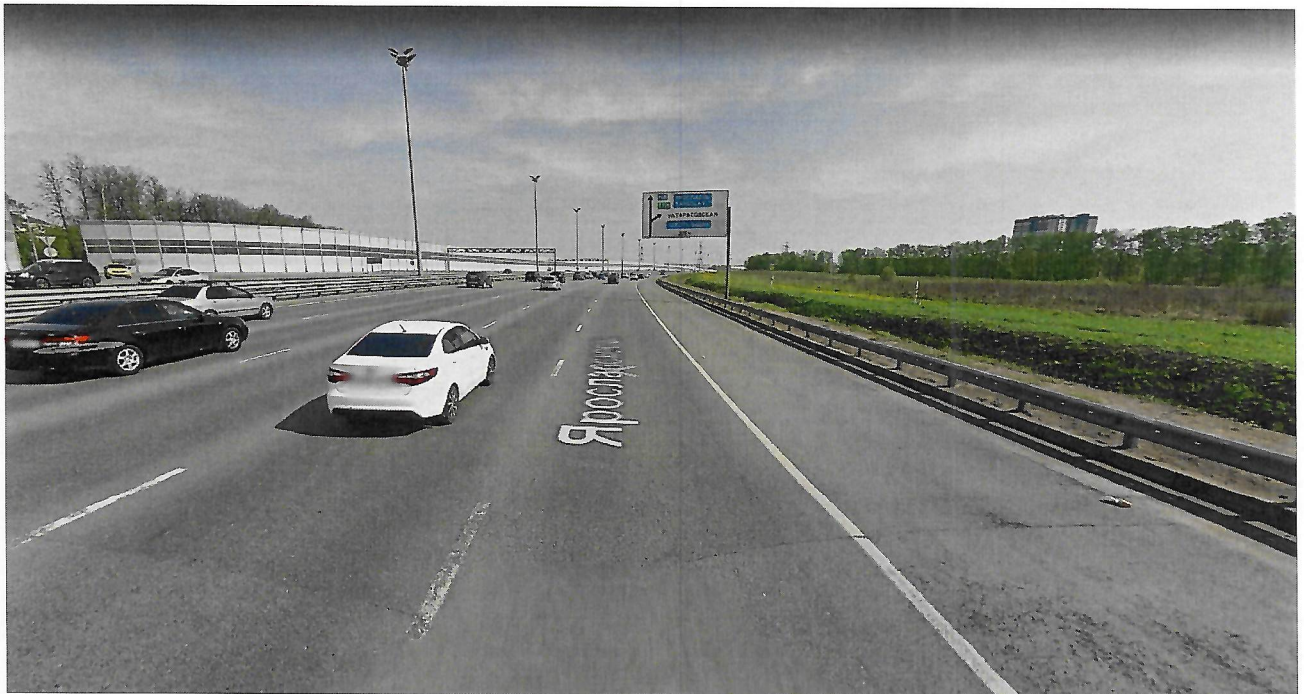


Рисунок 3 Маршрут испытаний, участок 2





Рисунок 4 Маршрут испытаний, участок 3

6.3 В процессе испытаний все образцы НАП работали одновременно по одному и тому же созвездию навигационных спутников. Местоопределения выполнялись по сигналам GPS и ГЛОНАСС на одной частоте с привлечением в ряде случаев корректирующей информации СДКМ.

6.4 Маршрут проходил в прямом и обратном направлении с изменением режимов работы приемников Sigma при смене направления. Использованные режимы работы НАП приведены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы работы НАП

Маршрут	НАП					
	Навик-Про	Навик-Про М	Sigma QM	Sigma-G3T	NV08C	NV08C-СДКМ
В прямом направлении	Абс. <sup>1)</sup>	Абс.	СДКМ <sup>2)</sup>	Абс.	Абс.	СДКМ
В обратном направлении	Абс.	Абс.	Абс.	СДКМ	Абс.	СДКМ

1) - Режим абсолютных местоопределений по сигналам GPS и ГЛОНАСС  
 2) - Режим местоопределений по сигналам GPS и ГЛОНАСС с привлечением корректирующей информации СДКМ

## 7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЙ

7.1.1 Перемещение МИДЛ по маршруту испытаний с регистрацией:

- первичных навигационных параметров с использованием контрольных



многочастотных навигационных приемников,

- показаний датчиков движения автомобиля (гироскоп, одомер),
- данных местоопределений всех образцов НАП.

7.1.2 Расчет локальных потребительских характеристик ГНСС на маршруте.

7.1.3 Расчет контрольных треков МИДЛ по данным контрольных приемников и показаний датчиков движения автомобиля.

7.1.4 Расчет характеристик погрешностей определения местоположения образцов НАП путем сравнения показаний НАП с контрольными треками МИДЛ.

## 8 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

8.1 Радионавигационная обстановка, локальные потребительские характеристики ГНСС

8.1.1 Состояние группировок ГНСС в период проведения испытаний приведено в таблице 2 (по данным сайта ИАЦ КВНО - <https://glonass-iac.ru>).

Таблица 2. Состояние орбитальных группировок ГНСС

Количество НКА	GPS	ГЛОНАСС	Beidou	Galileo
Всего	32	26	49	26
Используется по целевому назначению	30	23	44	22
Не используется по целевому назначению, в т.ч.	2	3	5	4
На этапе ввода в систему	1	0	н/д	н/д
Временно выведено на техобслуживание	1	1	н/д	н/д
На исследовании главного конструктора		0		
Орбитальный резерв		0	н/д	н/д
На этапе летных испытаний		2	н/д	н/д

8.1.2 В качестве оцениваемых характеристик условий навигации по сигналам ГНСС при испытаниях приняты количество видимых НКА ГНСС ГЛОНАСС/GPS/BEIDOU/GALILEO и PDOP для каждой из систем. Обе характеристики определялись при ограничении угла места не менее 5°. Оценка характеристик проводилась по показаниям приемника SigmaQM. Графики указанных характеристик на маршруте испытаний приведены на рисунках 5-6.

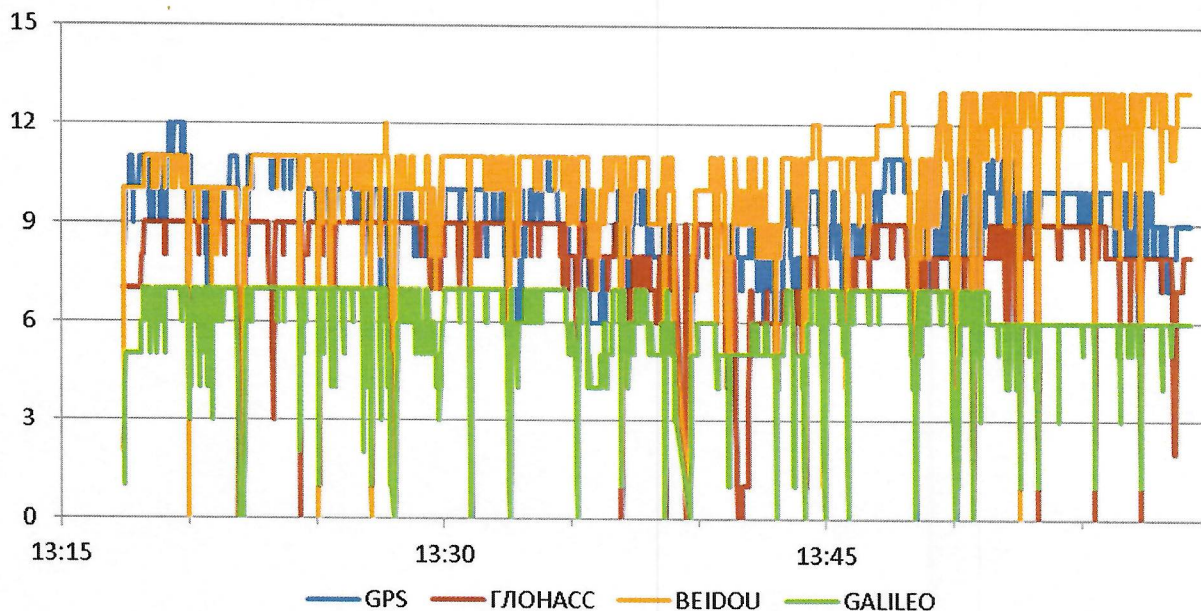


Рисунок 5 Количество видимых НКА

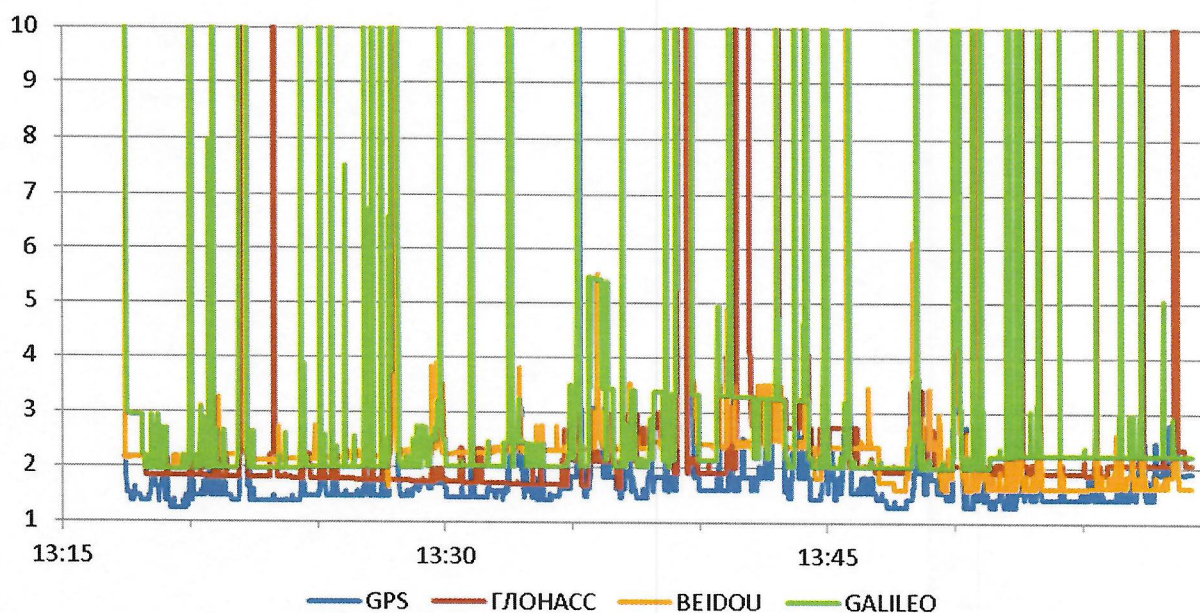


Рисунок 6 Геометрический фактор PDOP (значения выше 10 не показаны)

8.1.3 Интегральные характеристики условий навигации на маршруте приведены в таблице 3.

8.1.4 На рисунке графиках видно многократное снижение числа наблюдаемых НКА практически до нуля (и соответствующие всплески PDOP). Часть из них вызвана проездом под путепроводами – соответственно провалы наблюдаются в одних и тех же местах при проезде в прямом и обратном направлениях. Оставшиеся 10 пиков возникли в местах, где не должно быть затенений, и не имеют парных пиков. Вероятно, пропадание сигналов ГНСС в этих случаях вызвано использованием некоторыми водителями на трассе подавителей сигналов ГНСС. Они могут применяться в целях уклонения от уплаты за пользование федеральными трассами водителями большегрузного транспорта (система «Платон»).



Таблица 3. Интегральные характеристики условий навигации на маршруте

ГНСС	Значение характеристики
Среднее количество видимых НКА	
GPS	8.9
ГЛОНАСС	8.0
BeiDou	10.5
Galileo	6.0
ГЛОНАСС+BeiDou	18.4
Медиана PDOP	
GPS	1.6
ГЛОНАСС	2.0
BeiDou	2.2
Galileo	2.2
ГЛОНАСС+BeiDou	1.3
Доля отсчетов с PDOP<6	
GPS	97%
ГЛОНАСС	97%
BeiDou	96%
Galileo	95%
ГЛОНАСС+BeiDou	99%

## 8.2 Погрешности позиционирования НАП

8.2.1 В базе данных диспетчерской системы Компании «Радиома» хранятся только широта и долгота (без высоты), поэтому погрешности позиционирования определялись только для плановых координат.

8.2.2 Графики погрешностей позиционирования от времени испытанных образцов НАП приведены на рисунках 7-8.

8.2.3 Итоговые погрешности позиционирования испытанных образцов НАП приведены в таблице 4.

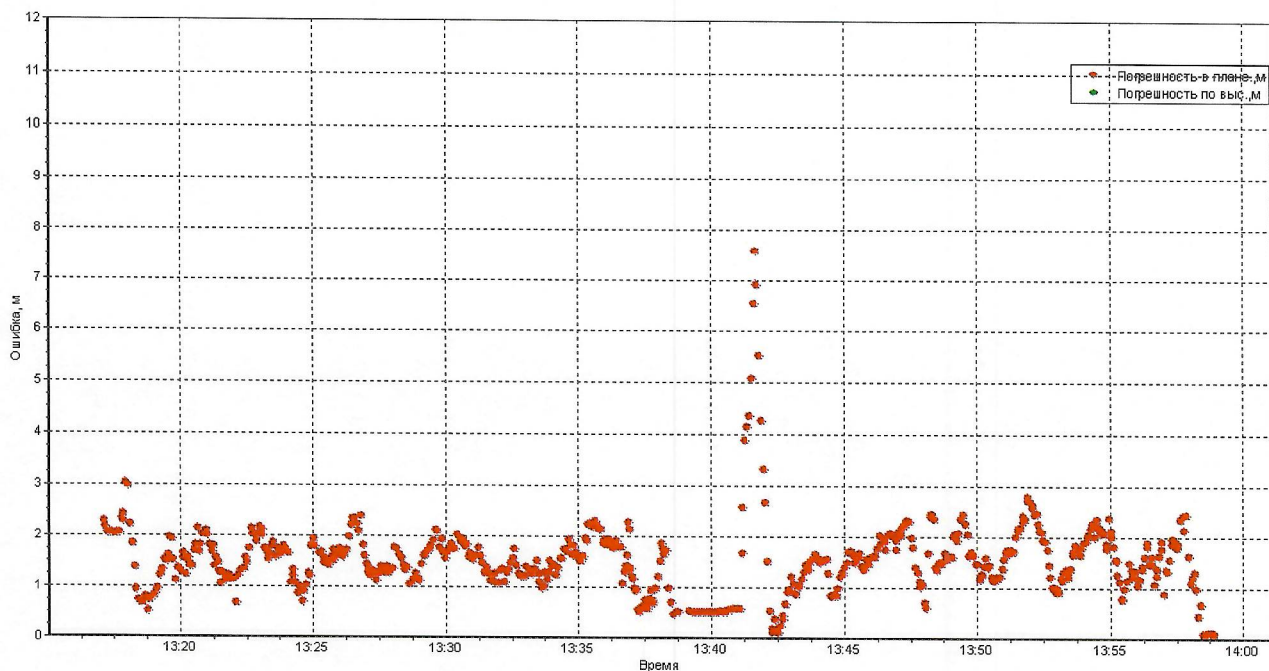


Рисунок 7 Погрешности позиционирования НАП Навик-Про

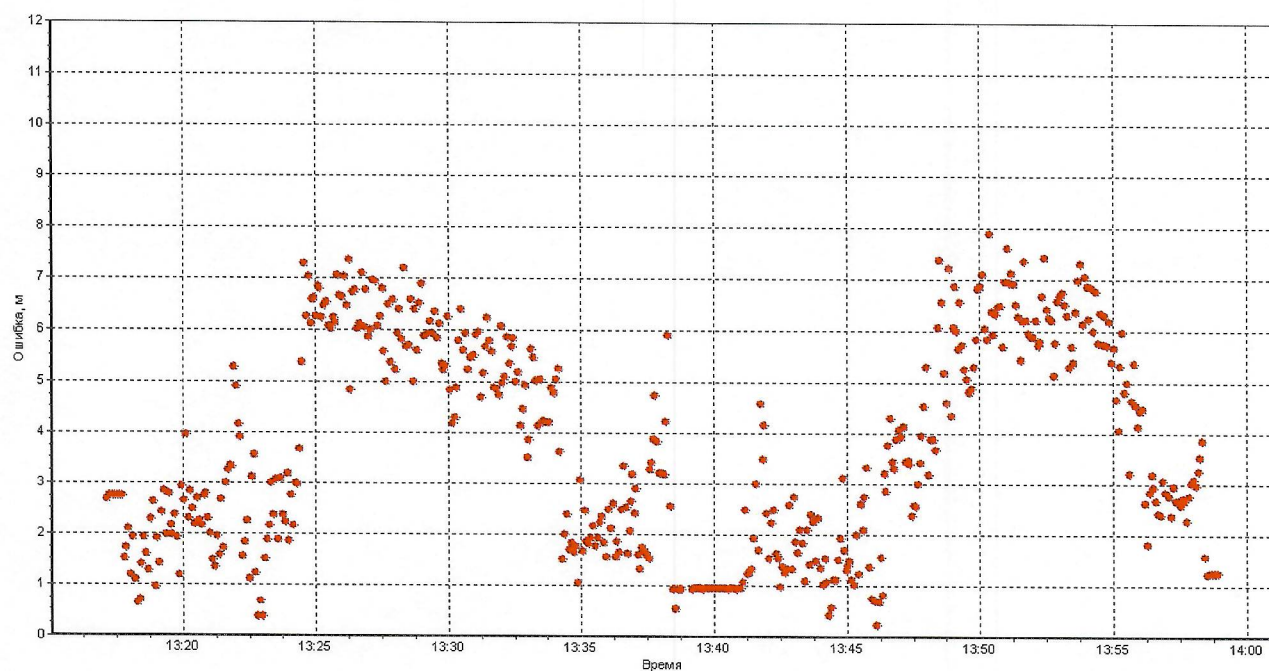


Рисунок 8 Погрешности позиционирования НАП Навик-Про М

8.2.4 Анализ графиков погрешностей и их итоговых характеристик показывает следующее.

На графике НАП Навик-Про веден всплеск погрешностей в 13:41:46 (UTC+0). В это время автомобиль начал движение – после 3-х минутной остановки на обочине. Вероятно, возрастание погрешностей вызвано работой программного фильтра НАП.

Сравнение графиков погрешностей Навик-Про и Навик-Про М показывает, что погрешности Навик-Про М в 2-3 раза превышают погрешности Навик-Про при том, что количество местоопределений у Навик-Про М на 17% меньше. На графике Навик-Про М имеются два ярко выраженных горба, которые нарастают после начала движения и



спадают к окончанию движения в одном направлении. Это может быть вызвано работой программного фильтра НАП или увеличением погрешностей НАП с ростом скорости движения автомобиля.

Таблица 4 Погрешности позиционирования испытываемой НАП

НАП	Погрешности по высоте, м				СКП	Погрешности в плане, м				Кол-во местопредделений					
	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			
Навик-Про	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	1.7	1.7	2.3	6.6	614	
Навик-Про М	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	4.2	3.2	5.2	6.8	7.5	507

### 8.3 Работоспособность и эффективность СДКМ

8.3.1 Проверка работоспособности российского широкозонного функционального дополнения ГНСС – системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) и оценка его эффективности проводились с использованием НАП SigmaQM, Sigma-G3T (Javad) и 2-х НАП NV08C-RTK (КБ Навис). При этом один из NV08C-RTK работал в абсолютном режиме, а другой был настроен на дифференциальный режим с использованием корректирующей информации (КИ) СДКМ (ретрансляция через спутники PRN-125, PRN-140, PRN-141). Приемники Sigma переключались с абсолютного режима местоопределений на дифференциальный с использованием КИ СДКМ с повторным проездом по одному и тому же маршруту.

8.3.2 Данные о полученных погрешностях позиционирования НАП и доле местоопределений в дифференциальном режиме (в процентах по отношению к общему количеству местоопределений с разрешенным дифрежимом) приведены в таблице 5.

Таблица 5 Оценка работы НАП с использованием КИ СДКМ

НАП, режим	Погрешности по высоте, м				Погрешности в плане, м				Кол-во местоопределений	Доля местоопределений в дифрежиме		
	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
Sigma-QM, абс	5.3	5.2	5.7	7.3	9.6	1.5	0.8	1.0	1.9	5.7	1 054	-
Sigma-QM, СДКМ	1.5	0.6	1.0	2.7	7.3	1.6	0.9	1.1	2.1	8.6	1 221	100%
Sigma-G3T, абс	4.0	3.9	4.3	4.9	6.2	1.6	1.2	1.6	2.3	6.1	1 256	-
Sigma-G3T, СДКМ	2.8	2.4	2.6	3.2	6.5	1.4	1.0	1.1	1.7	4.7	1 060	99%
NV08C, абс	3.0	2.9	3.2	4.1	8.6	1.2	0.8	1.1	2.2	3.6	2 469	-
NV08C, СДКМ	4.0	3.8	4.3	5.9	6.8	0.9	0.7	0.9	1.7	3.0	2 465	50%



8.3.3 У НАП Sigma доля местоопределений дифференциальном режиме оказалась близкой к 100%. НАП NV08C-RTK, настроенная на прием КИ СДКМ, работала в дифференциальном режиме в 50% случаев.

8.3.4 Все использованные НАП SigmaQM сигналы СДКМ поступали от спутника PRN-125. Для НАП Sigma-G3T распределение местоопределений в дифрежиме по использованным спутникам-ретрансляторам приведено в таблице 6. Данные об используемых источниках КИ СДКМ в сообщениях от НАП NV08C-RTK отсутствуют.

Таблица 6 Местоопределения в дифрежиме НАП Sigma-G3T

Всего	При использовании ретранслятора КИ СДКМ			
	PRN-125		PRN-140	
	Местоопред.	%	Местоопред.	%
1 050	830	79%	220	21%

## 9 ВЫВОДЫ

9.1 Радионавигационная обстановка и локальные потребительские характеристики оценивались на маршруте в условиях загородной трассы. Зафиксированное количество наблюдаемых НКА и их расположение в целом достаточны для уверенной навигации как в совмещенном режиме, так и отдельно по ГЛОНАСС, GPS, Galileo и Beidou. При ограничении по углу места в  $5^\circ$  навигация отдельно по каждой этих ГНСС была доступна ( $PDOP < 6$ ) в 95-97% случаев. Доступность по совместным сигналам ГЛОНАСС+Beidou – 99%. Нарушение доступности навигации по ГНСС в отдельные моменты времени вызвано затенением путепроводами, проходящими над трассой, а также использованием участниками движения по трассе подавителей сигналов ГНСС.

9.2 Испытанные образцы НАП производства Компании «Радиома» при испытаниях на маршруте показали итоговые погрешности позиционирования в плане: 1.7 м у НАП Навик-Про и 5.2 м у Навик-Про М ( $p=0.68$ ). У Навик-Про отмечено возрастание погрешностей при смене режима движения, у Навик-Про М – при увеличении скорости движения.

9.3 Оценка доступности и эффективности СДКМ проводилась с использованием трех видов НАП. Аппаратура, наименее требовательная к перерывам в получении КИ, работала в дифрежиме в 100% случаев. Сравнение погрешностей НАП в абсолютном и дифференциальном режимах показало, что у двух из трех НАП наблюдалось снижение погрешностей в плане на 0.1-0.4 м, у третьей НАП погрешности выросли на  $\sim 0.1$  м (при вероятности до 0.95).

Начальник лаборатории отд. 03004  
АО «ЦНИИмаш»



В.Л. Лапшин

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



Д.В. Виндерских