



Дата: 20.06.2022

**ПРОТОКОЛ № 05/2022**  
**испытаний НАП «АРК-КНЗ» с использованием**  
**стенда испытаний НАП в кинематическом режиме**

1	Цель испытаний .....	3
2	Объект испытаний.....	3
3	Средства проведения испытаний .....	3
4	Время и место проведения испытаний.....	4
5	Режимы работы испытываемой НАП .....	4
6	Условия проведения испытаний.....	5
7	Результаты испытаний .....	5
8	Выводы .....	15

## 1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Цель испытаний является оценка угломерных характеристик НАП.

1.2 Задачи испытаний:

- оценка точности определения углов ориентации антенной системы НАП (далее – углов ориентации) по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и информации от встроенных датчиков в статическом и кинематическом режимах;
- оценка точности определения углов ориентации по информации от встроенных датчиков в статическом и кинематическом режимах.

## 2 ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Навигационная аппаратура потребителя (НАП) - комплект навигации и синхронизации АРК-КНЗ НАЛС.469636.002 производства АО «ИРКОС» (Рисунок 1).



Рисунок 1 Блок навигации НАП «АРК-КНЗ»

2.2 На испытания представлен один комплект НАП в составе:

- блок навигации КНЗ;
- рама;
- антенна ГЛОНАСС-GPS, 3 шт.;
- адаптер крепления рамы на робот-манипулятор;
- комплект кабелей.

## 3 СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Стенд испытаний НАП в кинематическом режиме (далее – СИНАКР) ГЮИД.464979.002, заводской номер 074-2003004-01, свидетельство о поверке № С-Т/30-08-2021/95826324 действительно до 29.08.2022<sup>1</sup>.

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

---

<sup>1</sup> К нормируемым метрологическим характеристикам стенда относятся погрешности определения координат. Углы ориентации антенной системы, перемещаемой роботом из состава стенда, получают расчетным путем на основе показаний робота.

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 01.06.2022.

4.2 Место проведения испытаний: г. Королев Московской области, АО «ЦНИИмаш».

#### **5 РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИСПЫТЫВАЕМОЙ НАП**

5.1 При испытаниях НАП работала в 2-х режимах:

– по информации от встроенных датчиков и сигналам ГЛОНАСС/GPS (далее - режим ГНСС)

– по информации только от встроенных датчиков (далее - автономный режим).

Переключение НАП из режима ГНСС в автономный режим производилось периодически с интервалом порядка трех минут путем подачи тестовой команды из технологической программы. Возврат в режим ГНСС выполнялся автоматически через 30 с после подачи команды.

5.2 НАП настроена на работу в режиме «БПЛА». Интервал выдачи показаний: в статическом тесте – 1 с, в остальных тестах – 100 мс. Остальные настройки – по умолчанию.

5.3 В процессе испытаний выполнено шесть тестов, отличающихся режимом перемещения антенной системы (АС) НАП. Перечень тестов приведен в таблице 1. Начальное положение АС во всех тестах – горизонтальное. Установившаяся угловая скорость перемещения АС –  $10^\circ/\text{с}$ , угловое ускорение –  $20^\circ/\text{с}^2$ .

Таблица 1. Перечень выполненных тестов

Номер теста	Режим перемещения АС
1	Статика
2	Циклическое изменение угла крена в диапазоне от $-30^\circ$ до $+30^\circ$
3	Циклическое изменение угла тангажа в диапазоне от $-30^\circ$ до $+30^\circ$
4	Циклическое изменение угла курса в диапазоне от $-180^\circ$ до $+180^\circ$
5	Циклическое одновременное изменение углов крена и тангажа в диапазоне от $-30^\circ$ до $+30^\circ$
6	Поочередная установка углов крена и тангажа в $-90^\circ$ и $+90^\circ$

## 6 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Состояние использованных НАП 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	ГЛОНАСС	GPS
Всего	25	32
Используется по целевому назначению	22	31
Не используется по целевому назначению, в т.ч.	3	1
На этапе ввода в систему	0	0
Временно выведен	3	1

## 7 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

7.1 Графики измеренных углов в статике (Тест №1) в режиме ГНСС<sup>2</sup> приведены на рисунках 2-4. Синие точки – анализируемые данные - углы по показаниям НАП (далее – углы НАП). Желтые точки – контрольные данные - углы, определенные по показаниям робота-манипулятора из состава стенда (далее – углы робота).

---

<sup>2</sup> При обработке данных определения углов НАП относились к тому или иному режиму в зависимости от значения параметра last1BaseCorrectionDt в файле трека НАП по критерию:

- параметр равен 0 – режим ГНСС;
- параметр находится в диапазоне от 1 до 30 - автономный режим.

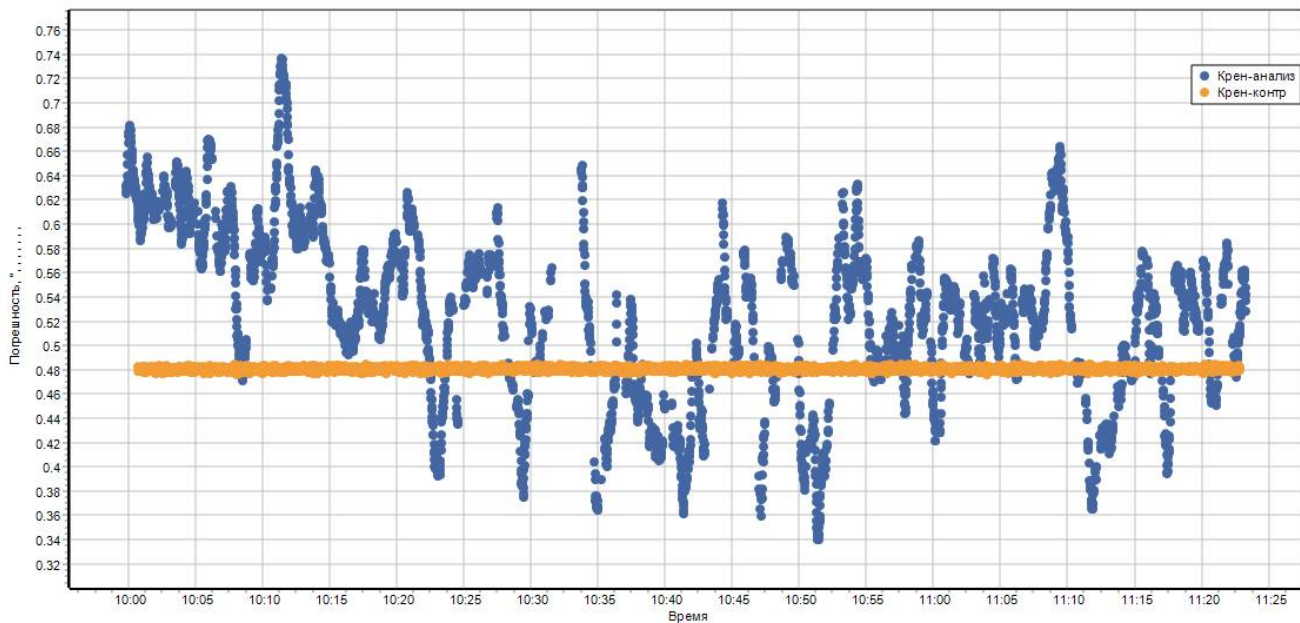


Рисунок 2 Тест №1. Углы крена

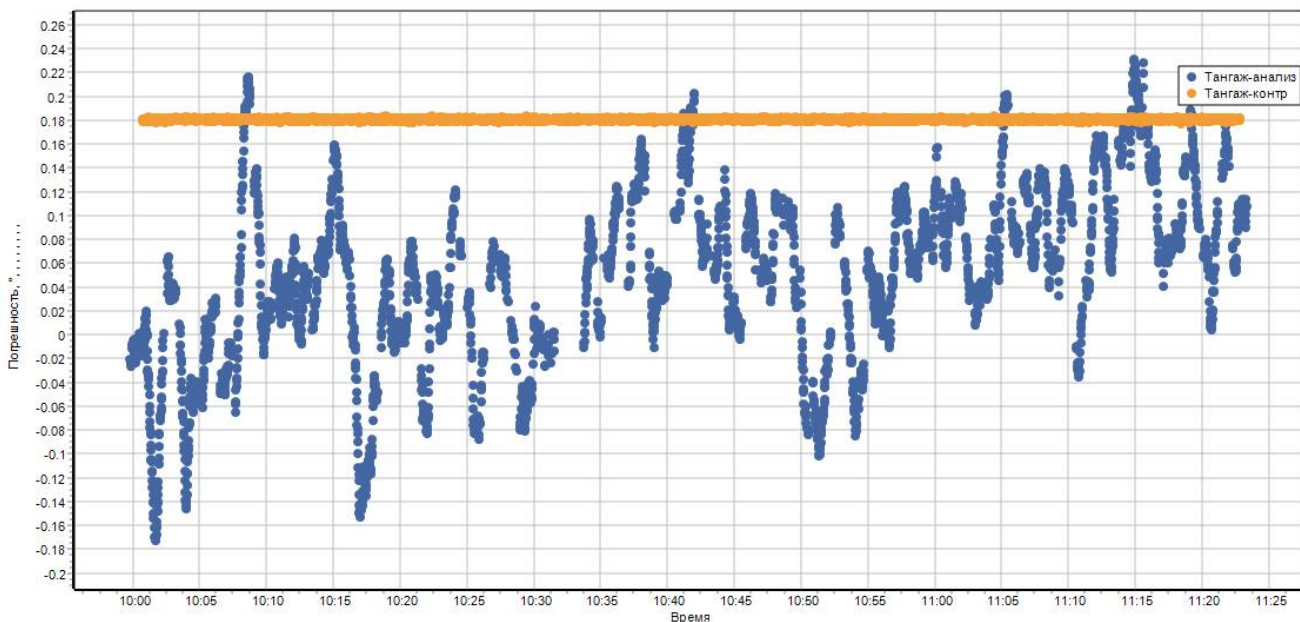


Рисунок 3 Тест №1. Углы тангажа

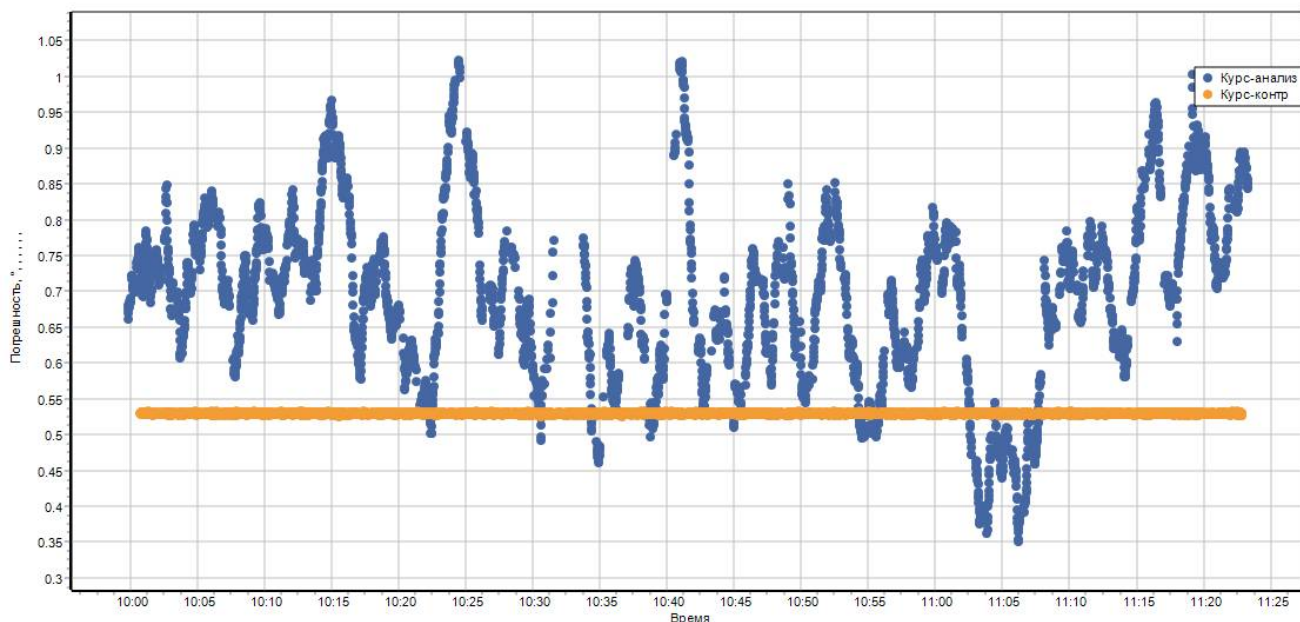


Рисунок 4 Тест №1. Углы курса

7.2 Среднеквадратические отклонения углов НАП от среднего (СКО) и усредненные значения разницы между углами НАП и углами робота (смещение) по результатам теста в статике в режиме ГНСС приведены в таблице 3.

Таблица 3 Тест №1. СКО углов НАП и смещение относительно углов робота

Угол	СКО, град.	Смещение, град.
Крен	0.07	0.04
Тангаж	0.07	-0.13
Курс	0.12	0.16

7.3 Для оценки точности НАП определения углов ориентации использовались невязки углов НАП и углов робота на одни и те же моменты времени. Графики невязок от времени для режима ГНСС и автономного режима по результатам проведенных тестов приведены на рисунках 5-16. Синие точки соответствуют невязкам по углу крена, желтые – по тангажу, красные – по курсу.

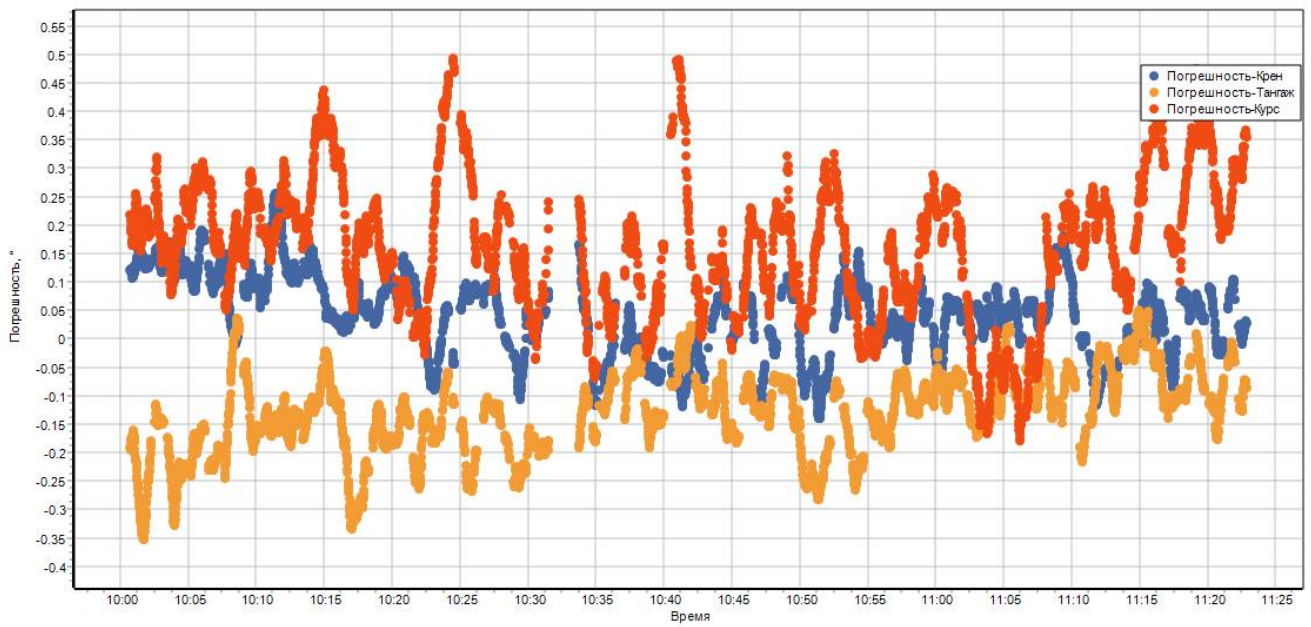


Рисунок 5 Тест №1. Невязки в режиме ГНСС

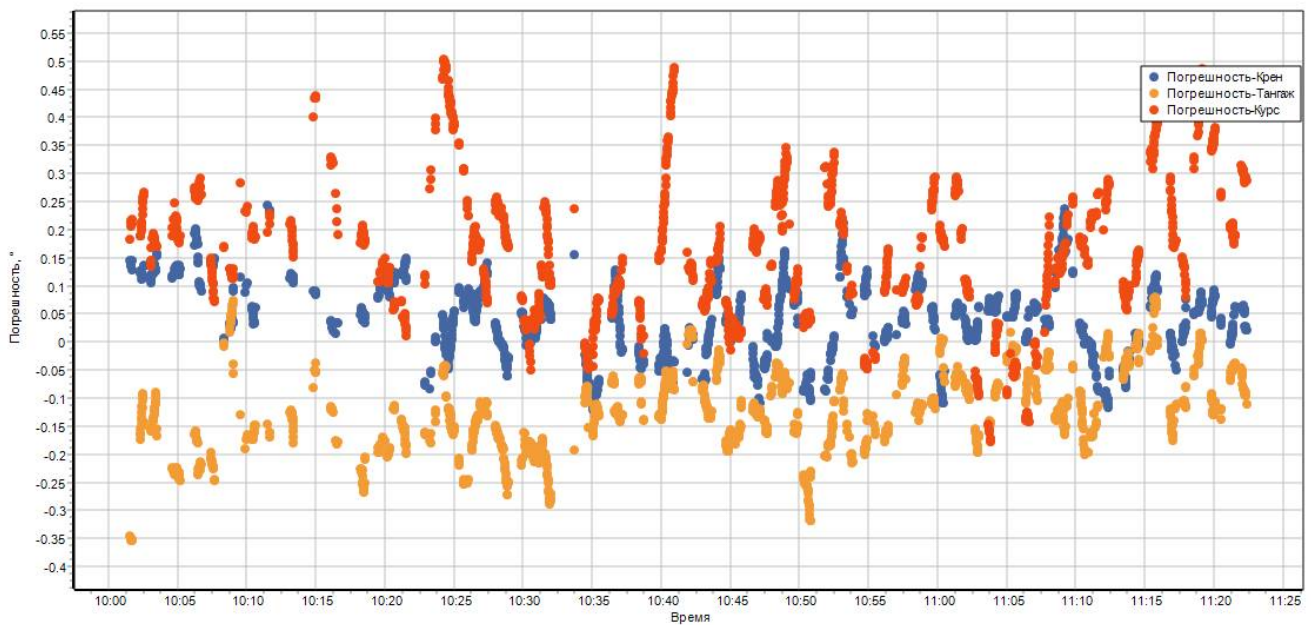


Рисунок 6 Тест №1. Невязки в автономном режиме



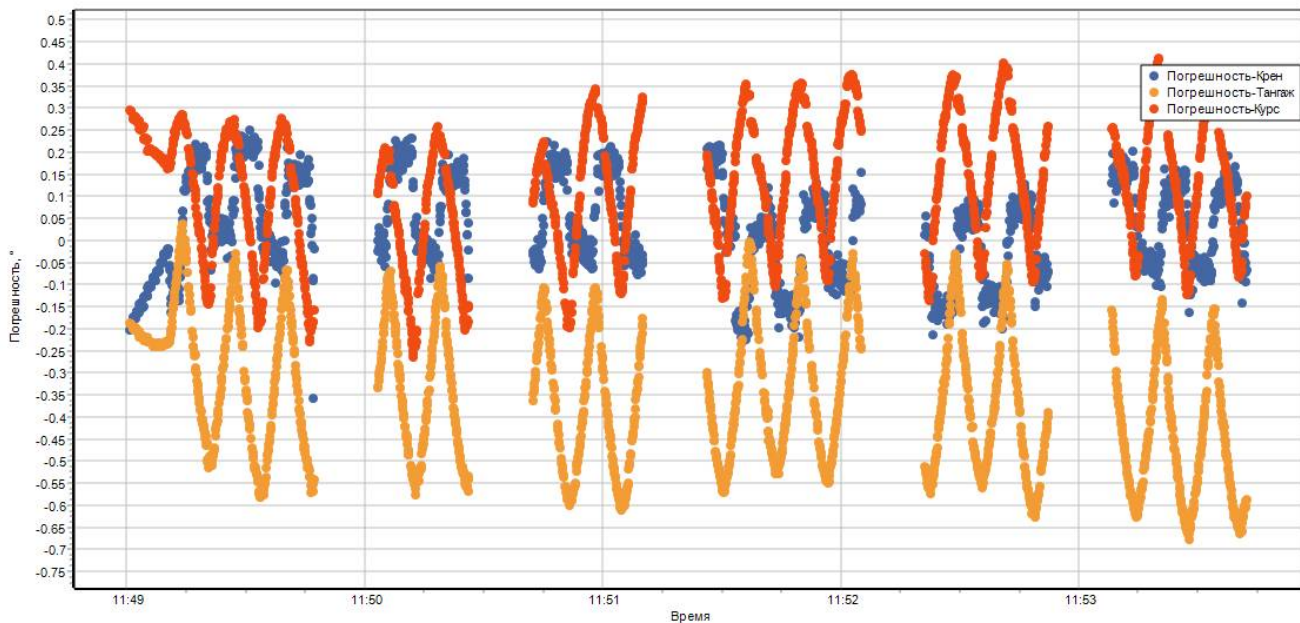


Рисунок 7 Тест №2. Невязки в режиме ГНСС

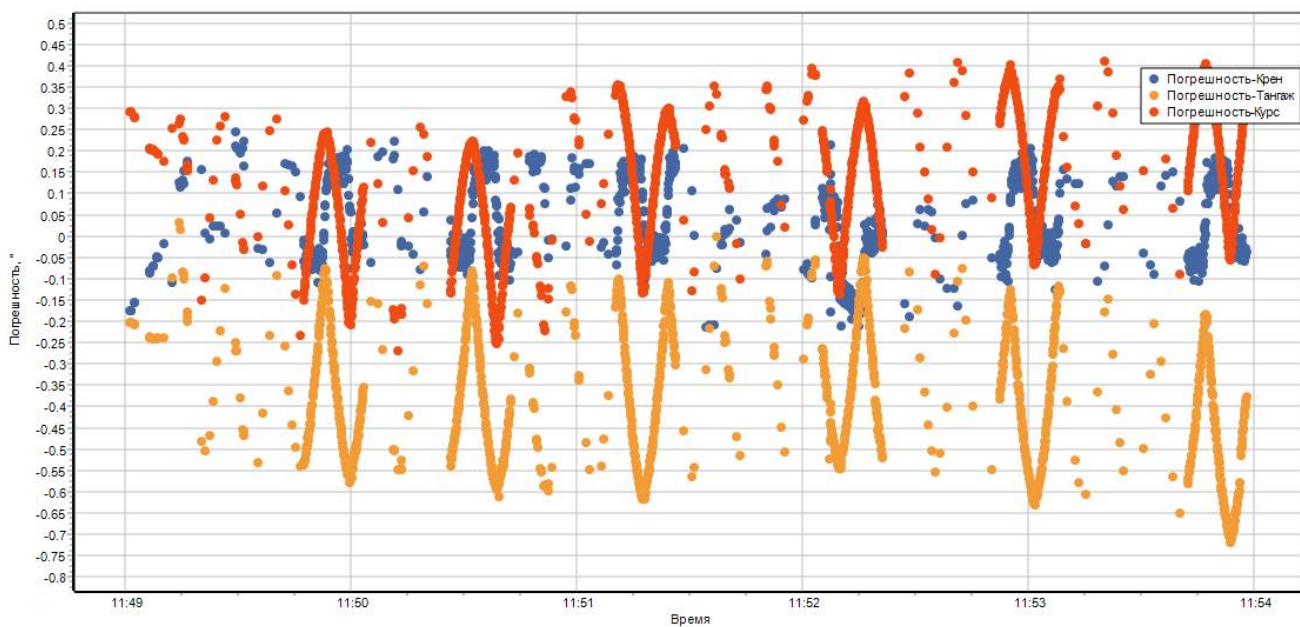


Рисунок 8 Тест №2. Невязки в автономном режиме

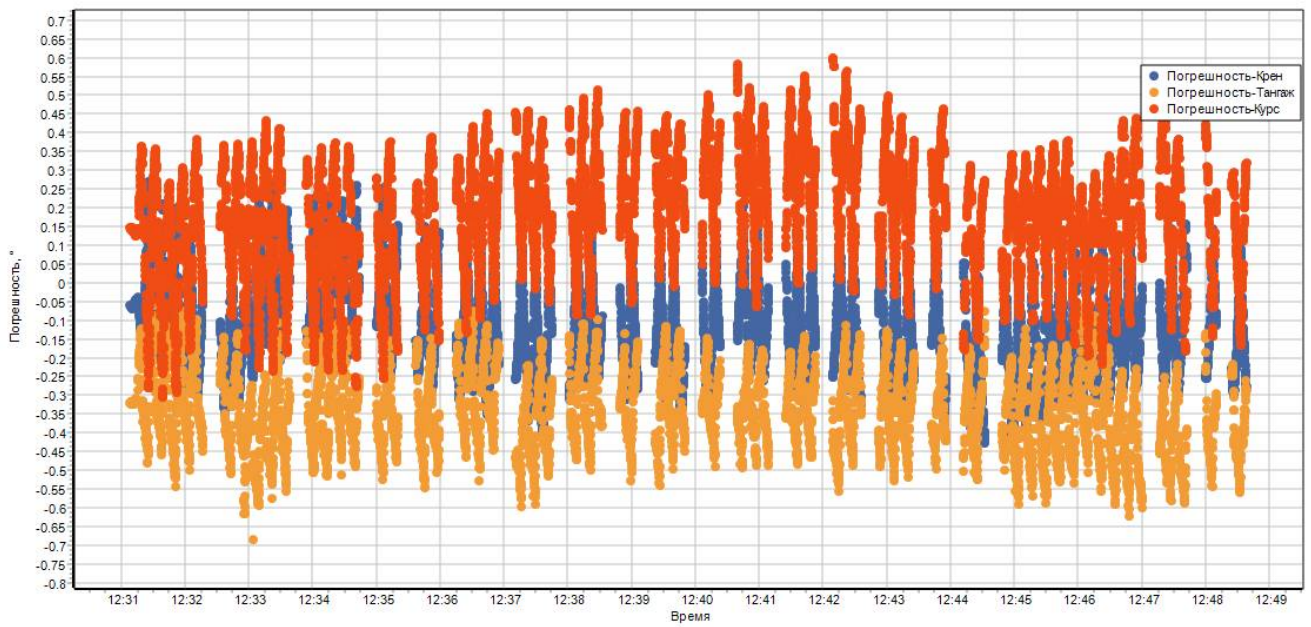


Рисунок 9 Тест №3. Невязки в режиме ГНСС

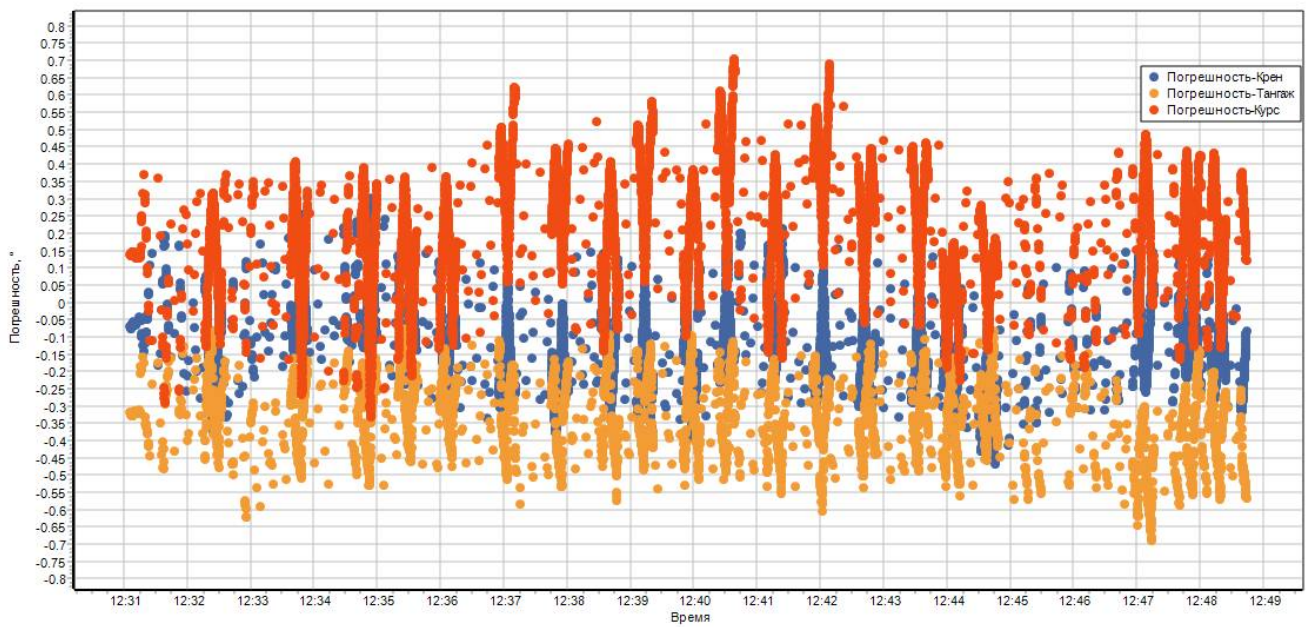


Рисунок 10 Тест №3. Невязки в автономном режиме

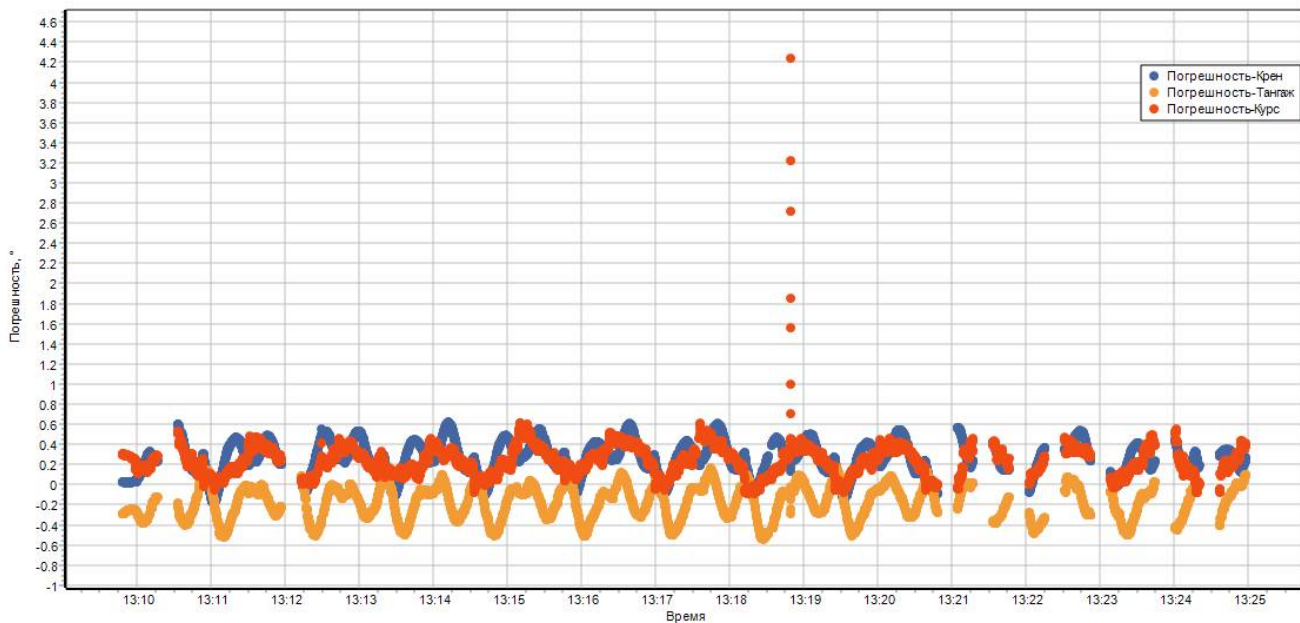


Рисунок 11 Тест №4. Невязки в режиме ГНСС

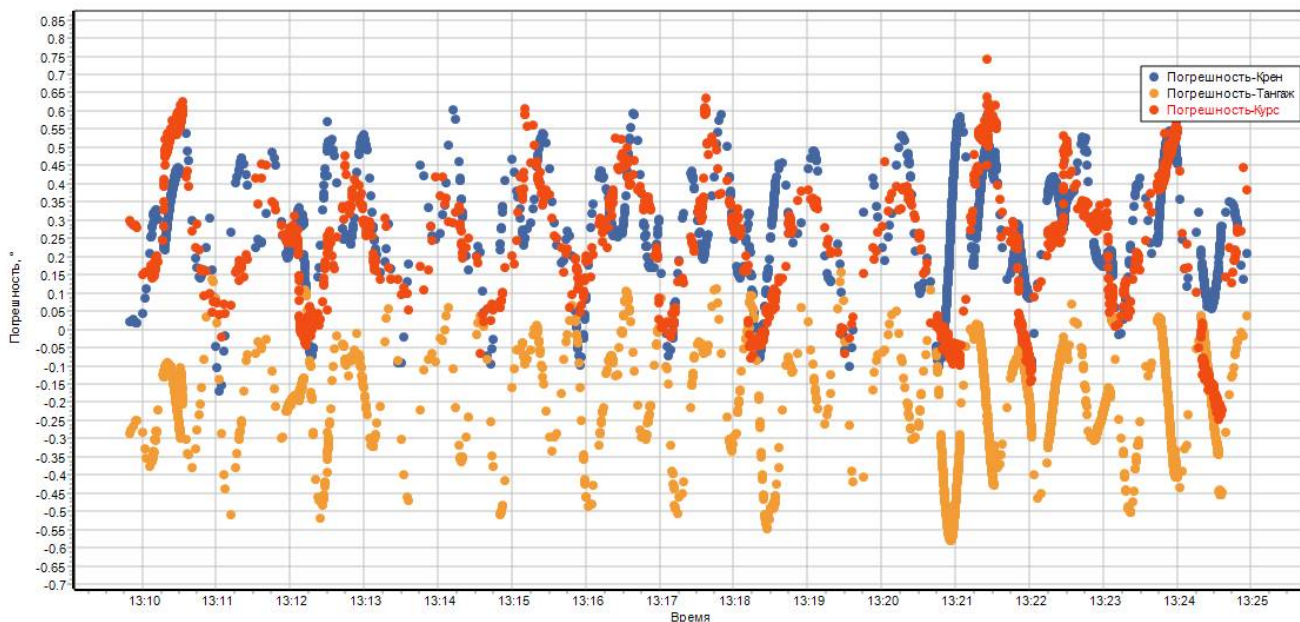


Рисунок 12 Тест №4. Невязки в автономном режиме

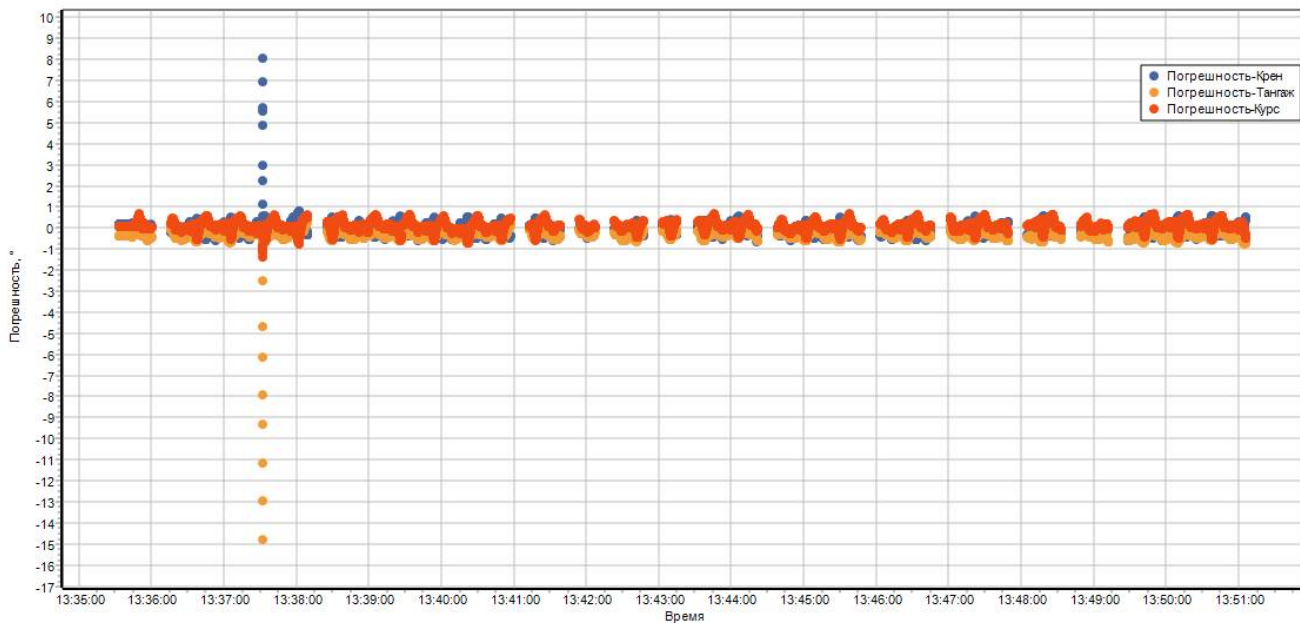


Рисунок 13 Тест №5. Невязки в режиме ГНСС



Рисунок 14 Тест №5. Невязки в автономном режиме

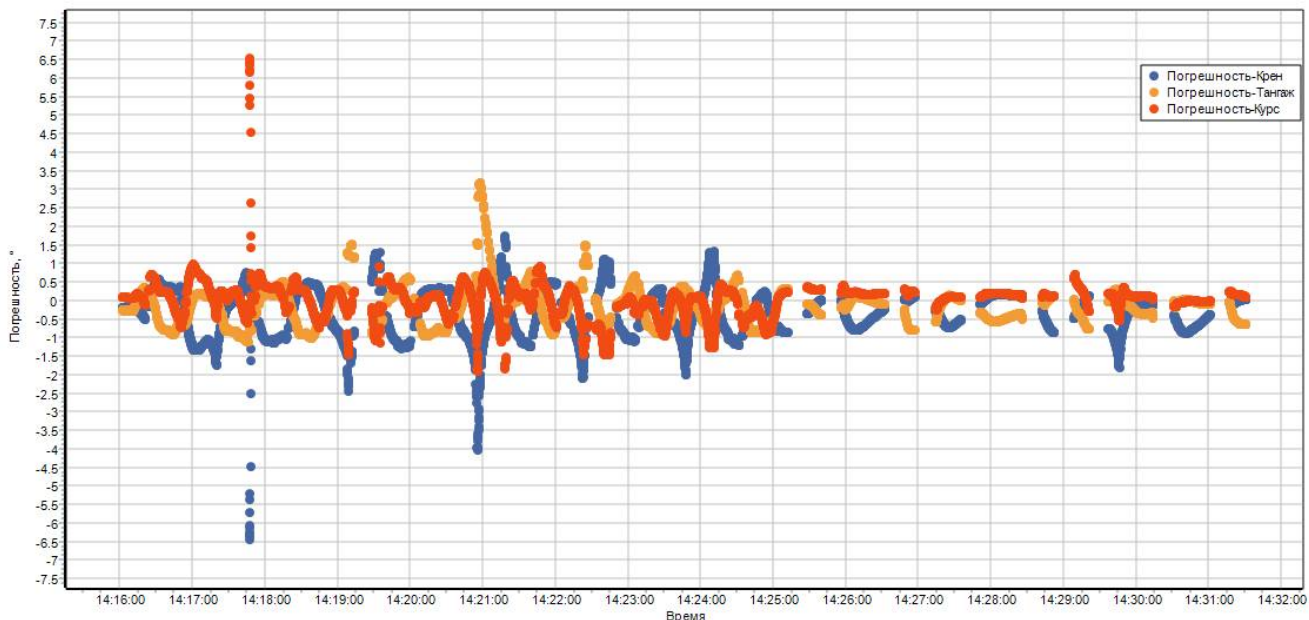


Рисунок 15 Тест №6. Невязки в режиме ГНСС

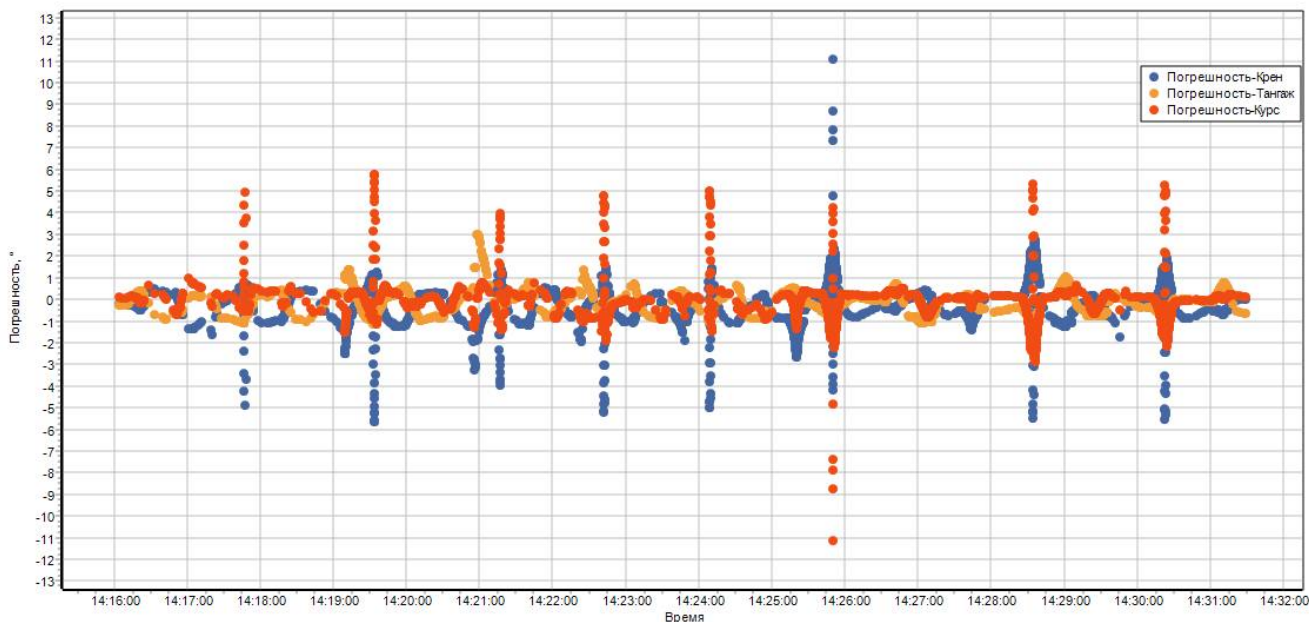


Рисунок 16 Тест №6. Невязки в автономном режиме

7.4 Итоговые невязки определения углов в проведенных тестах для различных режимов работы НАП приведены в таблице 4 (СКЗ – среднеквадратическое значение).

Таблица 4 Итоговые невязки в определении углов

Режим	Невязки в определении углов, град															Кол-во определений
	Крен					Тангаж					Курс					
	СКЗ	P=0.5	P=0.68	P=0.95	P=0.997	СКЗ	P=0.5	P=0.68	P=0.95	P=0.997	СКЗ	P=0.5	P=0.68	P=0.95	P=0.997	
	Тест №1. Статика															
ГНСС	0.08	0.06	0.09	0.15	0.24	0.15	0.13	0.16	0.26	0.33	0.21	0.17	0.22	0.37	0.48	3384
Автономный	0.08	0.06	0.08	0.14	0.23	0.14	0.12	0.16	0.24	0.35	0.21	0.17	0.21	0.40	0.50	1490
	Тест №2. Изменение угла крена															
ГНСС	0.12	0.09	0.14	0.20	0.23	0.40	0.38	0.47	0.60	0.66	0.19	0.16	0.22	0.35	0.40	1862
Автономный	0.11	0.07	0.13	0.18	0.21	0.41	0.40	0.49	0.61	0.71	0.21	0.17	0.23	0.36	0.40	1139
	Тест №3. Изменение угла тангажа															
ГНСС	0.18	0.14	0.20	0.32	0.40	0.36	0.35	0.41	0.51	0.58	0.25	0.20	0.28	0.43	0.55	6759
Автономный	0.19	0.15	0.21	0.33	0.45	0.36	0.33	0.40	0.52	0.64	0.27	0.20	0.30	0.49	0.68	3924
	Тест №4. Изменение угла курса															
ГНСС	0.31	0.27	0.35	0.53	0.60	0.24	0.15	0.27	0.47	0.51	0.28	0.23	0.31	0.44	0.59	6914
Автономный	0.33	0.28	0.37	0.53	0.60	0.25	0.18	0.26	0.49	0.58	0.32	0.26	0.35	0.56	0.62	2269
	Тест №5. Изменение углов крена и тангажа															
ГНСС	0.29	0.17	0.23	0.45	0.64	0.48	0.30	0.39	0.57	0.70	0.25	0.13	0.23	0.52	0.67	6593
Автономный	0.24	0.17	0.24	0.46	0.7	0.36	0.31	0.4	0.59	0.71	0.32	0.22	0.33	0.62	0.79	2832
	Итого по тестам 1..5															
ГНСС	0.24	0.15	0.23	0.45	0.59	0.35	0.26	0.35	0.52	0.65	0.25	0.18	0.26	0.45	0.61	25521
Автономный	0.22	0.15	0.22	0.45	0.58	0.32	0.27	0.37	0.55	0.69	0.28	0.20	0.29	0.55	0.72	11655
	Тест №6. Большие отклонения															
ГНСС	0.75	0.47	0.74	1.27	3.31	0.56	0.34	0.53	0.93	2.84	0.44	0.20	0.31	0.78	1.69	6523
Автономный	1.12	0.50	0.85	2.16	5.51	0.64	0.53	0.68	1.06	2.25	0.97	0.31	0.44	1.84	5.41	2855

## 8 ВЫВОДЫ

8.1 Кратковременное возрастание невязок в определении угла курса с максимумом в  $4.2^\circ$  в тесте №4 возникло при переходе угла курса из  $-180^\circ$  в  $+180^\circ$  при работе НАП в режиме ГНСС.

8.2 Кратковременные возрастания невязок в определении углов крена и тангажа в тесте №5 с максимумами в  $8.1^\circ$  и  $-14,8^\circ$  соответственно возникли сразу после перехода НАП из автономного режима в режим ГНСС при прохождении антенной системы через горизонтальное положение. Графики углов крена и тангажа по показаниям НАП (синие точки) и робота (желтые точки) в этот момент приведены на рисунках 17 и 18.

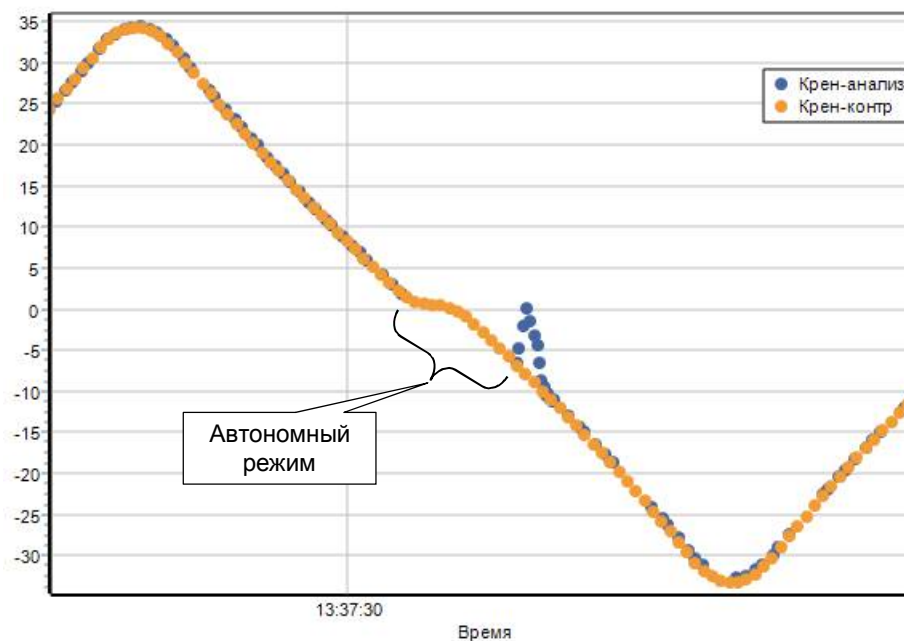


Рисунок 17 Тест №5. Углы крена по показаниям НАП и робота в период возрастания невязок

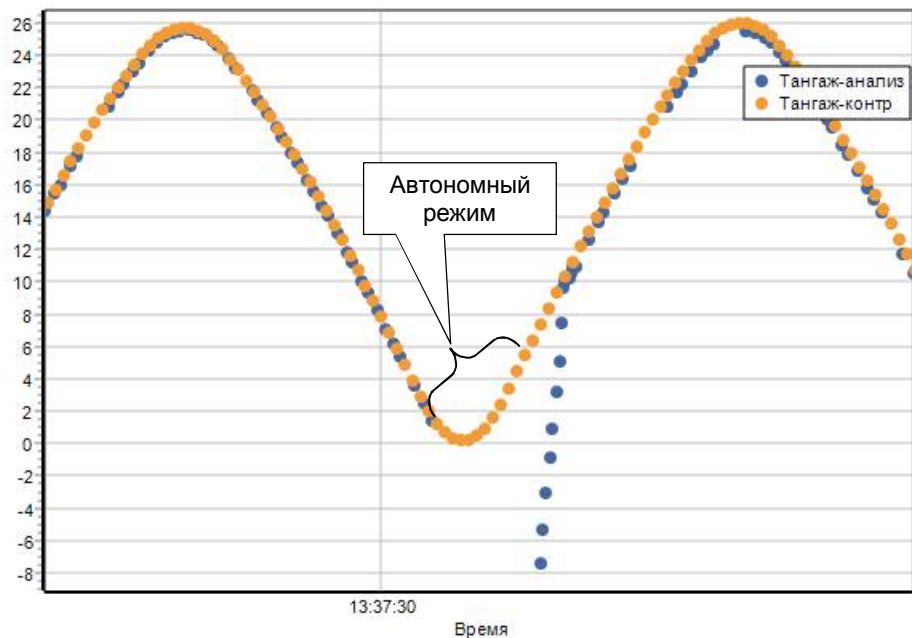


Рисунок 18 Тест №5. Углы тангажа по показаниям НАП и работа в период возрастания невязок

8.3 Кратковременные возрастания невязок в определении углов крена и курса в тесте №6 возникали при углах тангажа больше  $80^\circ$ , т.е. в условиях, когда углы крена и курса близки к неопределенным.

8.4 По результатам испытаний среднеквадратические значения невязок в определении углов при работе НАП с использованием сигналов ГНСС для углов крена, тангажа и курса составили:

- в статическом режиме: 0.08, 0.15, 0.21 градусов;
- в кинематическом режиме: 0.24, 0.35, 0.25 градусов.

Те же невязки при отсутствии сигналов ГНСС составили:

- в статическом режиме: 0.08, 0.14, 0.21 градусов;
- в кинематическом режиме: 0.22, 0.32, 0.28 градусов.

Начальник лаборатории отд. 03004  
АО «ЦНИИмаш»

В.Л. Лапшин

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

Д.В. Виндерских