

# Метрологическое обеспечение координатных измерений в РФ

Докладчик: А.В. Мазуркевич

# Основные направления развития навигационных и геодезических технологий в период до 2030 года



## Абонентские терминалы с комплексированной системой навигации

Сервисы для беспилотных ТС

Умный город/умные дороги

Позиционирование с/х техники (точное земледелие)

Высокоточные геодезические измерения и мониторинг

# Развитие средств метрологического обеспечения координатных измерений



СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ ЭТАЛОННОЙ БАЗЫ ДЛЯ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОТОЧНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ  
И КООРДИНАТНО-  
ВРЕМЕННЫЕ  
ИЗМЕРЕНИЯ

ИЗМЕРЕНИЯ  
БОЛЬШИХ ДЛИН И  
ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫЕ  
ИЗМЕРЕНИЯ

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ  
ИЗМЕРЕНИЯ

Другие виды  
измерений  
(температурные,  
импульсные и т.д.)

# *Государственные первичные эталоны в сфере координатных измерений*



## **Рабочие эталоны и средства измерений**

**Глобальные навигационные спутниковые системы (оценка параметров движения навигационных космических аппаратов, создание фундаментальной основы ГНСС, ...)**

**Геодезия и картография (создание национальных геодезических сетей, развитие систем координат ПЗ-90 и ГСК-2011, ДЗЗ, сети активных геодезических станций, ...)**

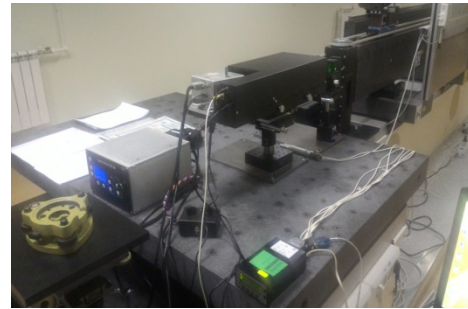
**Оборона и безопасность (построение испытательных полигонов для высокоточных образцов вооружения и военной техники, ...)**

**Мониторинг объектов повышенной опасности (геодезический мониторинг опасных геофизических и геологических процессов природного и техногенного генезиса, деформационных процессов опасных сооружений, ...)**

**Транспортные системы (создание перспективных транспортных систем, в том числе – беспилотных, оценка параметров движения транспортных средств, создание испытательных полигонов, ...)**

**Научные изыскания (проведение геофизических исследований, в том числе – в части обнаружения сейсмических явлений, ...)**

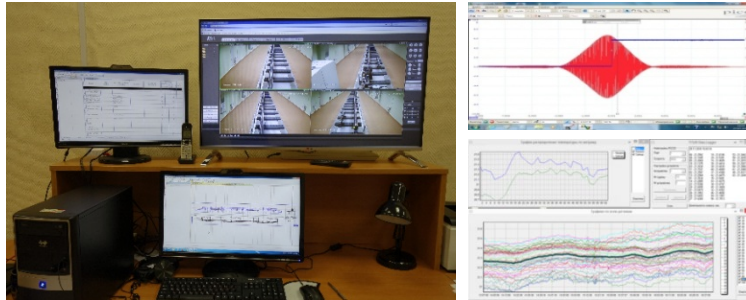
# Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199-2024



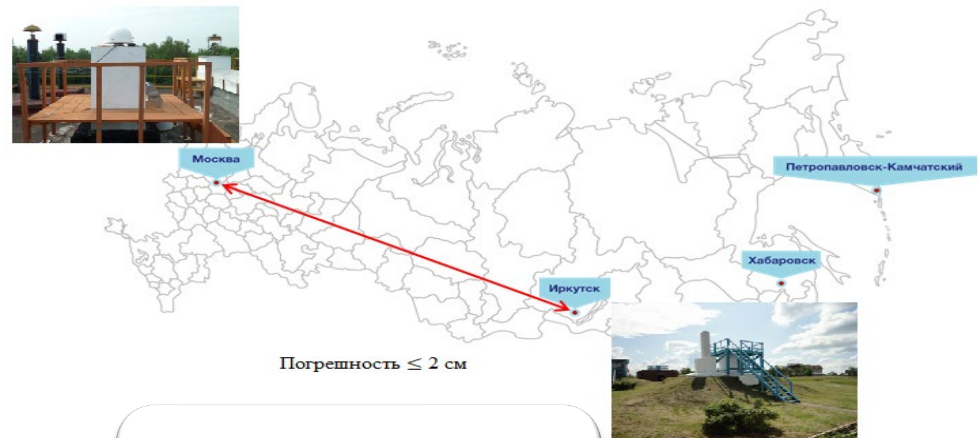
**Транспортируемый лазерный интерферометр.**  
Среднее квадратическое отклонение результата измерений 2,5 мкм



**Лазерный эталон сравнения и эталонные базы в диапазоне 24 м – 3000 м.**  
Среднее квадратическое отклонение результата измерений 0,7 мм



**Эталонный измерительный комплекс в диапазоне длин до 60 м.**  
Неисключенная систематическая погрешность  $\pm 5$  мкм  
Среднее квадратическое отклонение результата измерений 1,0 мкм



Погрешность  $\leq 2$  см

**Эталон сравнения на основе приемников КНС и опорных базисных пунктов в диапазоне 1 км - 4 000 км**



# ГЭТ 199-2024

Государственный первичный специальный эталон единицы длины ГЭТ 199

**До 60 м**

Эталонный измерительный комплекс длины в диапазоне до 60 м на основе гелий-неонового лазера

Эталонный измерительный комплекс в диапазоне длин до 60 м на основе фемтосекундного лазера и измерительного базиса

Интерферометр лазерный транспортируемый

Эталонный измерительный комплекс в диапазоне измерений приращений координат (длин) до 60 м

**24-3000 м**

Лазерный эталон сравнения и эталонные базисы в диапазоне 24 м – 3000 м

Электронные тахеометры

Система лазерная координатно-измерительная

Спутниковые многочастотные измерительные средства

**1-4000 км**

Эталон сравнения на основе приемников КНС и опорных базисных пунктов в диапазоне 1 км - 4 000 км

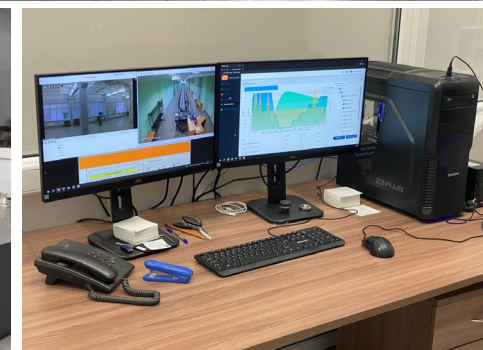
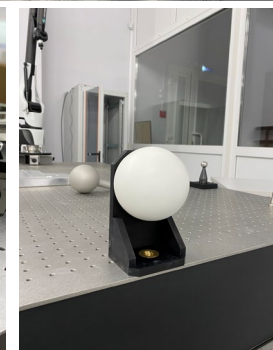
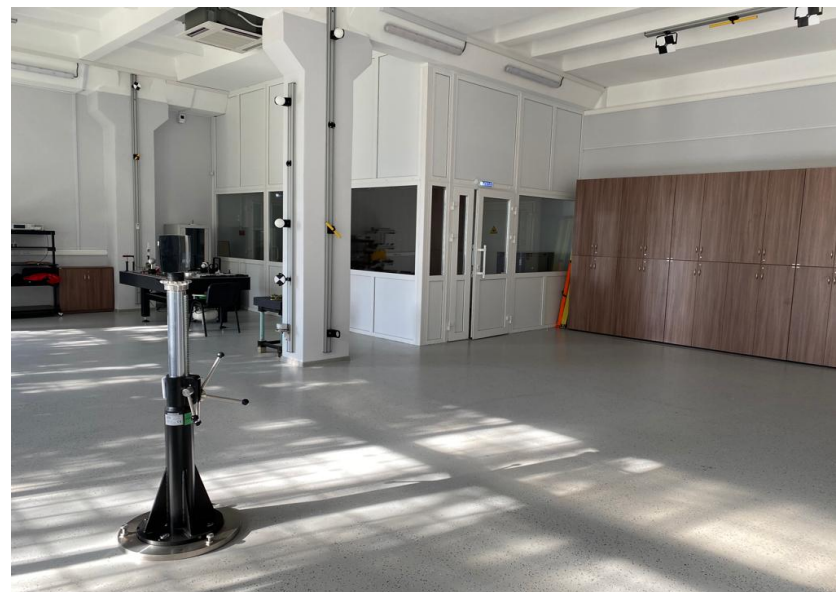
Спутниковые многочастотные измерительные средства

Квантово-оптические системы

Гравиметрические средства измерений

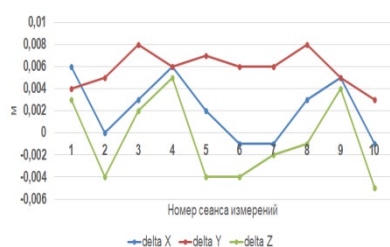
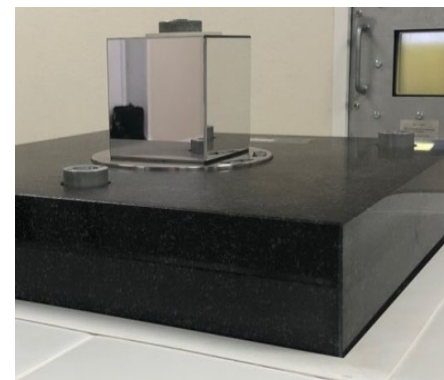
## Совершенствование

государственного первичного специального эталона единицы длины ГЭТ 199-2018 с целью обеспечения единства измерений для высокоточных тахеометров в режиме трёхмерных измерений  
(Проведены испытания и утвержден на НТК Росстандарта в декабре 2023 г.)



№ п/п	Показатель	Значение
В диапазоне измерений приращений координат (координат) до 60 м при проведении трёхмерных измерений		
1	Неисключенная систематическая погрешность	не более 25 мкм
2	Среднее квадратическое отклонение результата измерений	не более 31 мкм

# Государственный первичный специальный эталон координат местоположения ГЭТ 218-2022 (проведены испытания в 2021 году, утвержден в 2022 году)



**Координатно-временные измерительные средства**

**Азимутальные измерительные средства**

Характеристики эталона (основные)	Значение
В части хранения абсолютных координат - неисключенная систематическая погрешность	0,01 м
В части измерения приращений координат в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011, ITRF - среднее квадратическое отклонение - неисключенная систематическая погрешность	$0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$ м 0,001 м
В части воспроизведения координат потребителя ГНСС в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011, ITRF - среднее квадратическое отклонение - неисключенная систематическая погрешность	0,019 м 0,01 м
В части измерения астрономического азимута оптического хранителя азимутальных направлений - среднее квадратическое отклонение - неисключенная систематическая погрешность	0,28" 0,3"



# Комплекс средств метрологического обеспечения средств измерений азимута

закрепление  
астрономического  
азимута на  
местности

хранение азимута

передача азимута СИ



Лабораторный комплекс



Азимутальный полигон

# Комплекс средств метрологического обеспечения средств измерений координат

измерение/  
воспроизведение  
беззапросной дальности по  
фазе дальномерного  
кода/фазе несущей частоты

измерение/  
воспроизведение скорости  
изменения беззапросной  
дальности (беззапросной  
скорости)

воспроизведение  
координат потребителя  
ГНСС



Комплекс хранения шкалы времени



Имитатор сигналов ГНСС

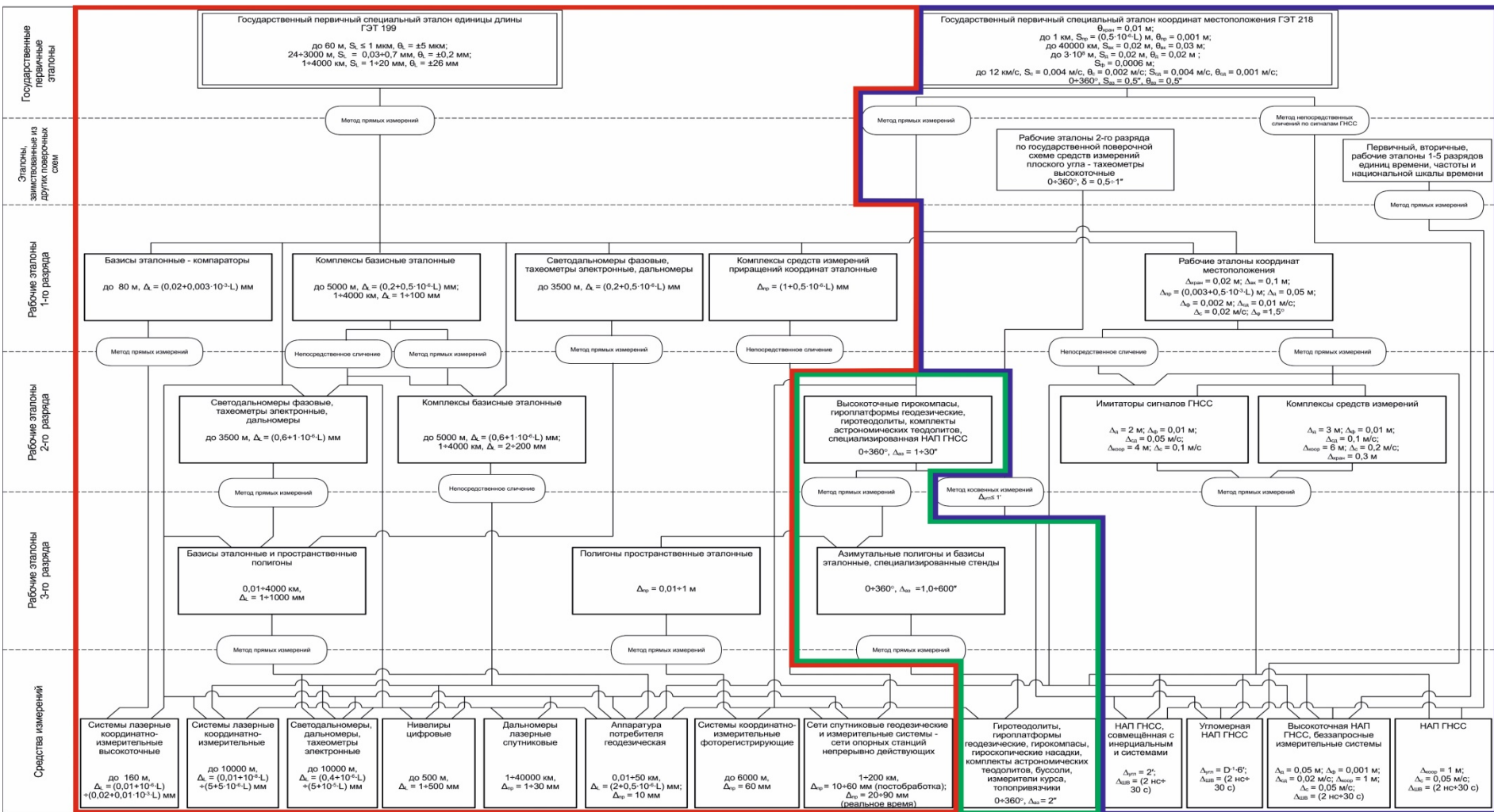


Высокочастотный осциллограф



Специальное программное обеспечение

# ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ УТВЕРЖДѐНА ПРИКАЗОМ РОССТАНДАРТА ОТ 28.12.2023 г. №2821



**Измерения длины  
(приращений координат)**

**Измерения азимута  
направления**

**Координатно-временные  
измерения  
(область навигации)**



# Состав комплекта средств для МО авиационных измерительных систем геодезического назначения

## Элементы из состава ГЭТ 199-2012

- Мобильная лаборатория



Комплект средств для МО авиационных измерительных систем геодезического назначения на выставке в 115 лаб.

## Закупаемые изделия

- Транспортировочная тара





**Фрагмент тестового полигона для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем геодезического назначения**





# Комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701, ПАК ГеосканGemini - средства измерений



**УТВЕРЖДЕНО**  
приказом Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «12» сентября 2023 г. № 1875

Лист № 1  
Всего листов 6

Регистрационный № 89985-23

**ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан701**

**Назначение средства измерений**  
Комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан701 (далее - комплексы) предназначены для измерения триангулярных координат точек земной поверхности, инженерных объектов и сооружений в борту беспилотного воздушного судна (далее - БВС).

**Описание средства измерений**  
Принцип действия комплекса основан на регистрации (топографической аэрофото съемки) земной поверхности аэрофотокамерой, установленной на БВС, входящего в состав беспилотной авиационной системы (далее - БАС). Фотографирование выполняется по сигналу от автопилота БВС. Во время аэрофото съемки ГНСС-приемник выполняет измерения текущих пространственных параметров с частотой 10 Гц. В результате постобработки вычисляются точная траектория полета БВС (используя данные ГНСС-приемника с известными координатами, работающего в качестве базовой станции для БВС), вычисляются координаты точек фотографирования (пунктов пролета аэрофотокамеры), а также с помощью программного средства фотограмметрической обработки автоматически отождествляются соответствующие точки перекрывающихся аэрофотоизображений, определяются их инерционные координаты на снимках, производится выравнивание фотограмметрической сети, в результате которого устанавливаются взаимные положения точек фотографирования и определяются угловые элементы внешнего ориентирования аэрофотоизображений. Также уточняются элементы внутреннего ориентирования аэрофотоизображений: фокусное расстояние, координаты главной точки, коэффициенты позиционирования растровой и панорамной диафрагмы. С использованием полученных в результате выравнивания фотограмметрической сети элементов внешнего и внутреннего ориентирования аэрофотоизображений пространственные координаты точек местности вычисляются как точки «проекции» проектирующей лучей, соответствующих точкам цифровых изображений интересующей точки местности на перекрывающихся снимках, на которых она изображалась. Интересующая точка местности (координаты которой требуется определить) может быть указана оператором на снимках или может быть автоматически выстроена и отожждествлена на снимках большое число точек, образующие облако точек заданной плотности.

Конструктивно комплекс состоит из БАС, которая включает в себя беспилотное воздушное судно БВС с установленной на нем аэрофотокамерой, высокоточным ГНСС-приемником и навигационным датчиком, а также станцию пилотируемого полета. Цифровая аэрофотокамера снабжена объективом с постоянным фокусным расстоянием, фиксированным на бесконечность и прикрепленным к корпусу аэрофотокамеры. Модификации Геоскан701.1 и Геоскан701.2 отличаются установленной аэрофотокамерой.

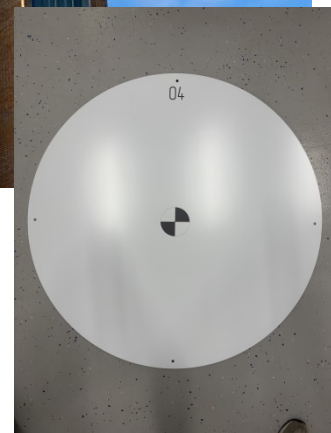
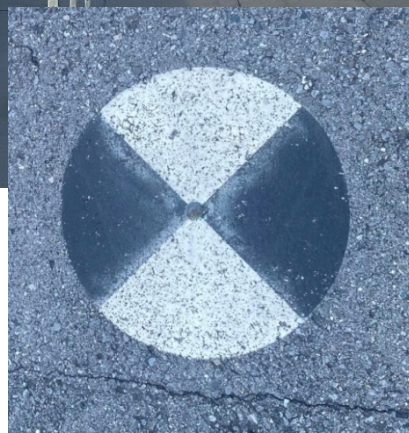
Планирование комплексов осуществляется специализированной накладкой, нанесенной на крышку блока электронных компонентов БВС в месте ее соединения с корпусом блока.



**GEOSCAN**



Проектное изображение разрабатываемого пространственного полигона для оснащения эталонного измерительного комплекса в диапазоне измерений приращений координат (длины) до 1000 метров (территория ФГУП «ВНИИФТРИ»).



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется целесообразным единый системный подход к обеспечению единства измерений в области координатно-временных измерений в целом, основывающийся на общих принципах, изложенных выше. Это касается в первую очередь разработки и совершенствования системы эталонов для координатных измерений, системный анализ и корректировка поверочных схем, разработка методик и эталонов для проведения испытаний и поверки координатных СИ, аттестации алгоритмов и программ координатных измерений, а так же разработки или коррекции нормативных документов, выполнение требований которых является необходимым условием обеспечения единства измерений для координатных измерений.

Такой подход позволит повысить точность и достоверность решения задачи обеспечения единства измерений для оптико-электронных средств измерений координат (ЛКИС), спутниковой геодезической и навигационной аппаратуры, использующей сигналы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou, наземных дополнений (МЛДПС и т.п.), сетей активных базисных станций, и выведет на новую ступень развития средства испытаний в области геодезических и навигационных технологий. В числе наиболее востребованных средств измерений, к которым будет обеспечена передача единиц величин от первичных эталонов ГЭТ 218-2022 и ГЭТ 199-2018, — новые образцы навигационной аппаратуры потребителей ГНСС, ЛКИС, азимутальные СИ.



**Спасибо за внимание!**