ВНИИМ
ВНИИР | Всероссийский научно – исследовательский институт расходометрии – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

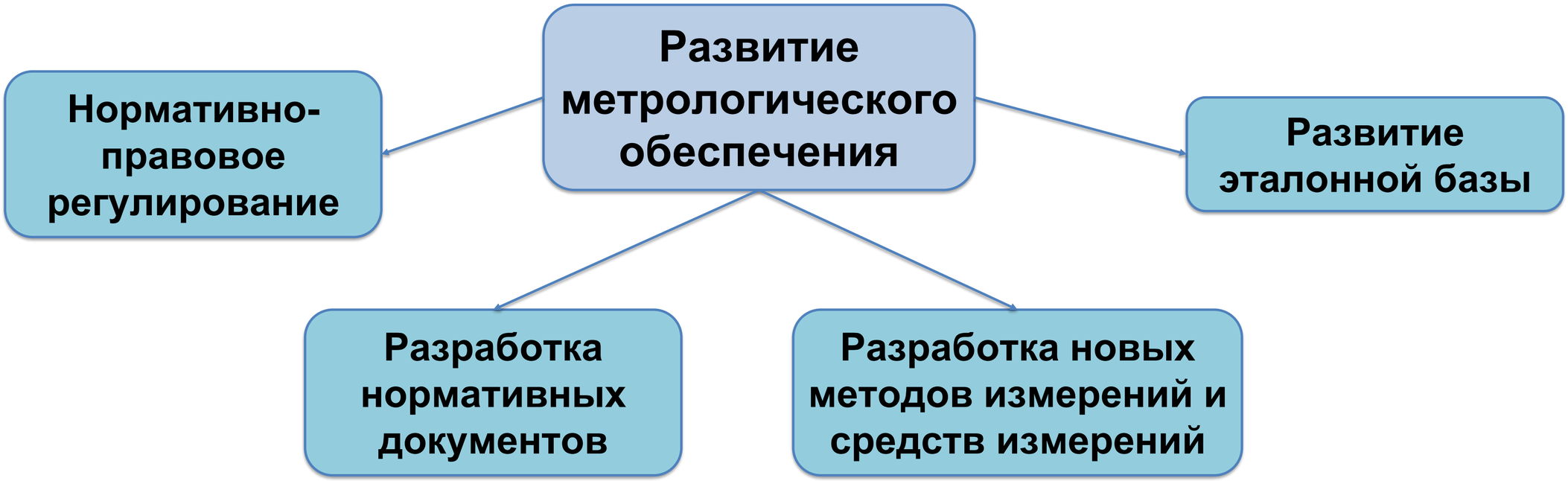
Метрологическое обеспечение измерений количества сжиженных газов в Российской Федерации

www.vniim.ru

Нурмухаметов Рустем Радикович, к.т.н.,
Начальник научно-исследовательского отдела метрологического обеспечения средств и систем измерений расхода и количества нефти и нефтепродуктов, сжиженного природного газа и низкотемпературных жидкостей (НИО-14)
тел.: (843) 299-70-52, 299-72-00
e-mail: nio14@vniir.org

ВНИИМ
им. Д.И.Менделеева

РАЗВИТИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА СПГ



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ СПГ

- **Постановление Правительства РФ от 16.11.2020 N 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»**

Наименование вида измерений	Диапазон измерений	Предельно допустимая относительная погрешность измерений, %
П.6.7.3 Измерение массы производимого, отгружаемого (разгружаемого) для транспортировки (по итогам транспортировки), хранимого, потребляемого сжиженного природного газа:	без ограничений	
- при прямом методе динамических измерений		±1,0
- при косвенном методе динамических измерений		±1,5
- при прямом методе статических измерений		±0,75
- при косвенном методе статических измерений		±1,0

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ СПГ

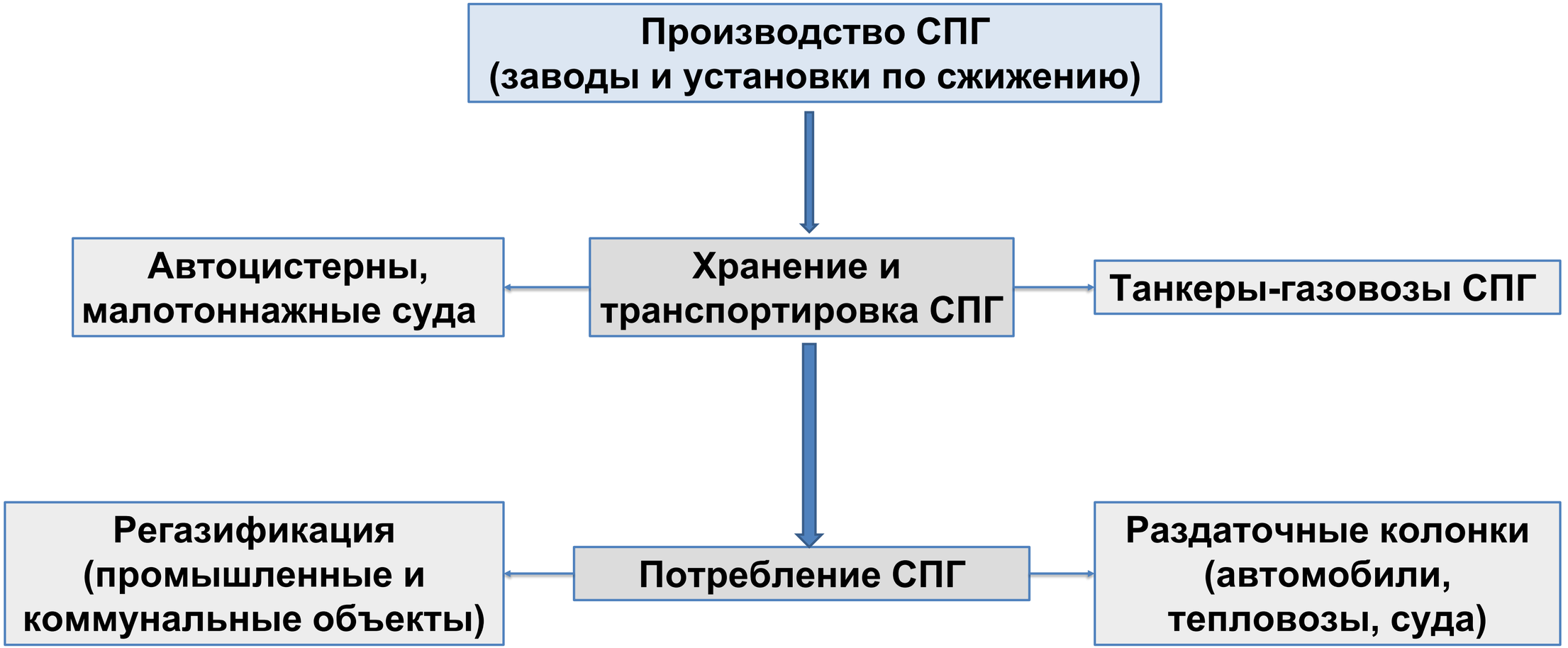
- **Custody Transfer 5th edition (2017)**

  («Руководстве по отгрузке СПГ потребителям. GIIGNL»);

- **ISO 6578:2017 Refrigerated hydrocarbon liquids - Static measurement – Calculation procedure** (ISO 6578:2017 Жидкости углеводородные охлажденные. Статические измерения. Метод расчета).

- **ISO 21903:2020 Refrigerated hydrocarbon fluids — Dynamic measurement — Requirements and guidelines for the calibration and installation of flowmeters used for liquefied natural gas (LNG) and other refrigerated hydrocarbon fluids** (ISO 21903:2020 Жидкости углеводородные охлажденные. Динамические измерения. Требования и инструкции по калибровке и установке расходомеров, используемых для сжиженного природного газа (СПГ) и других охлажденных углеводородных жидкостей).

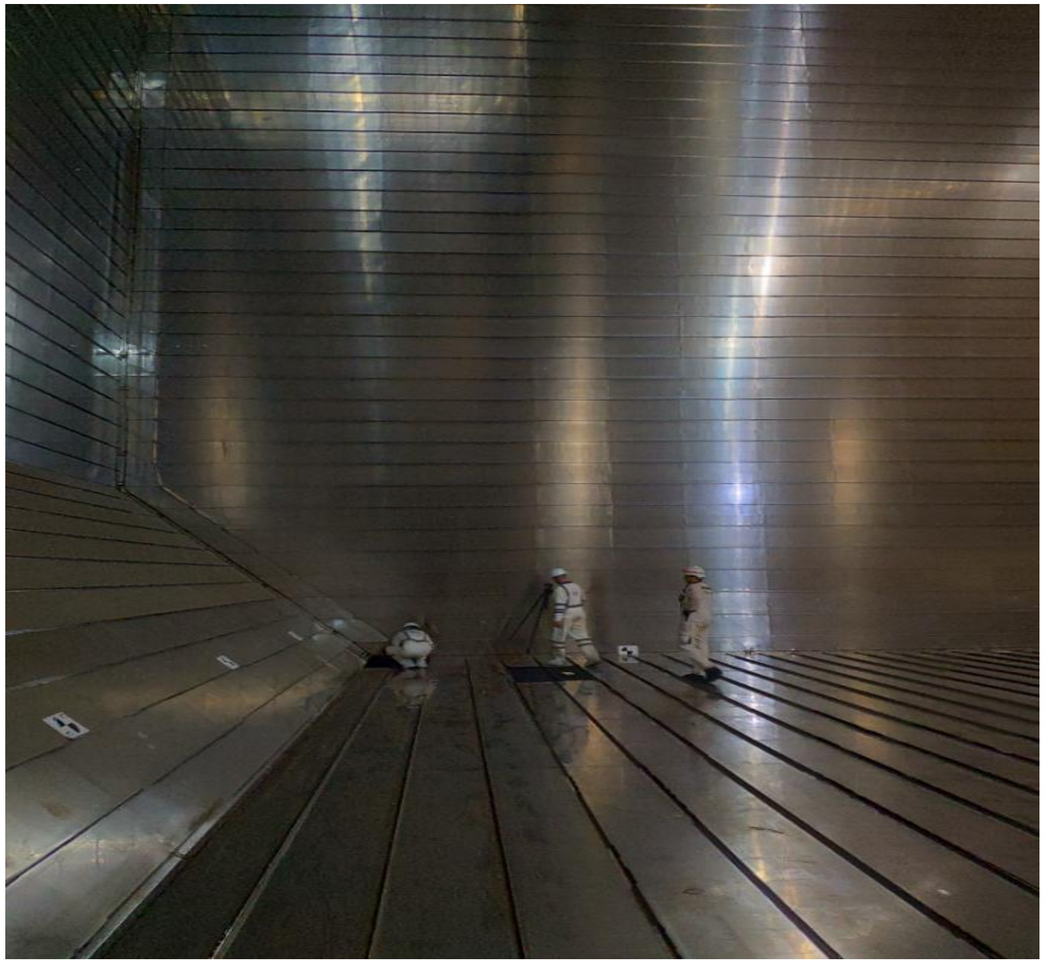
УКРУПНЕННАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА, ТРАНСПОРТИРОВКИ, ХРАНЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ СПГ

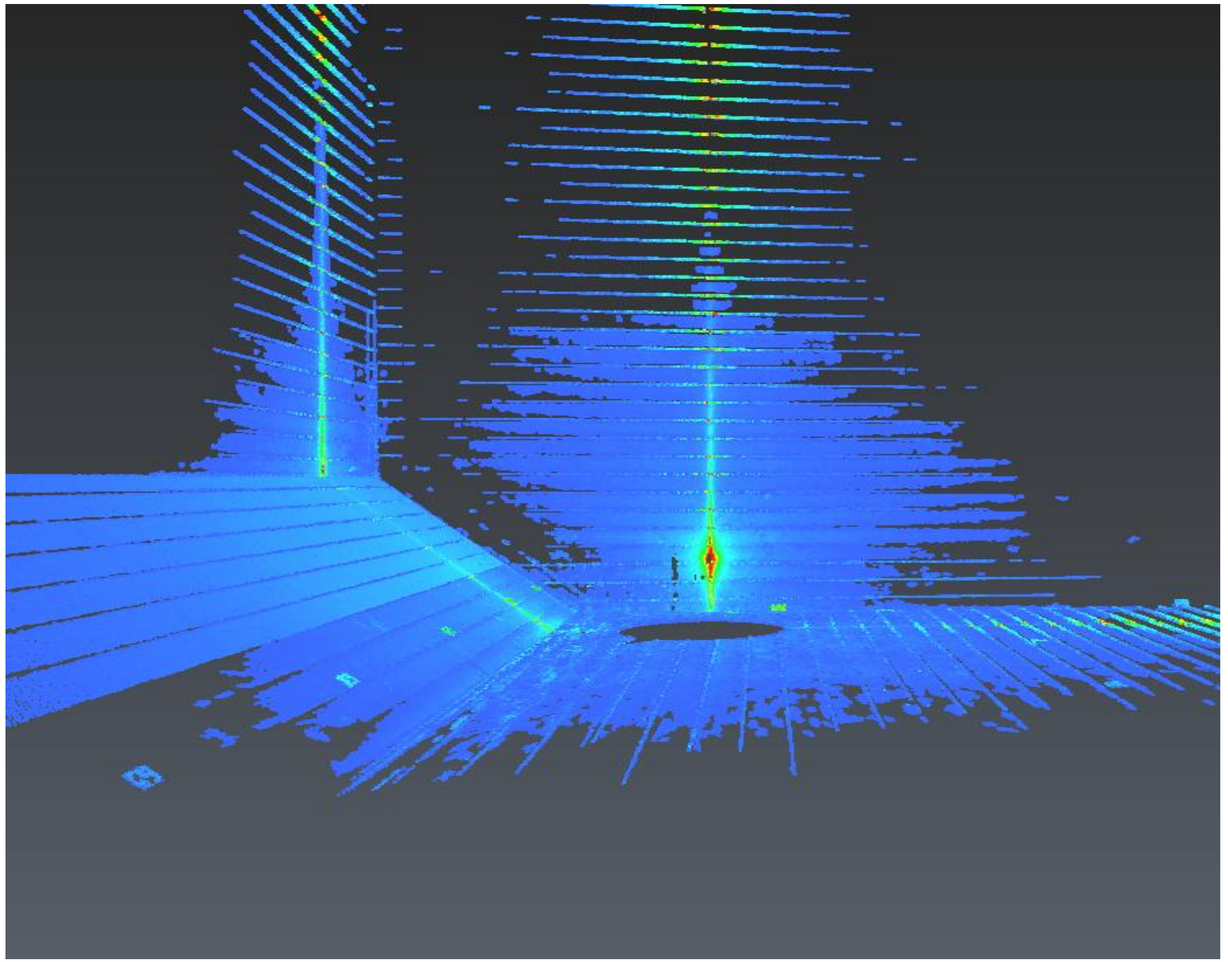


3D СКАНИРОВАНИЕ ТАНКЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СПГ

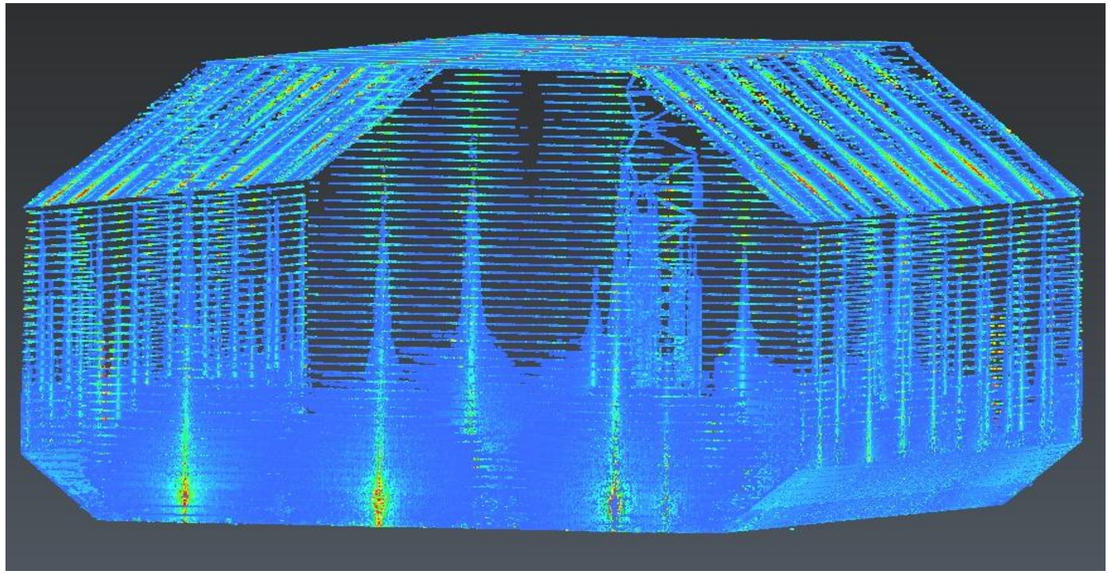


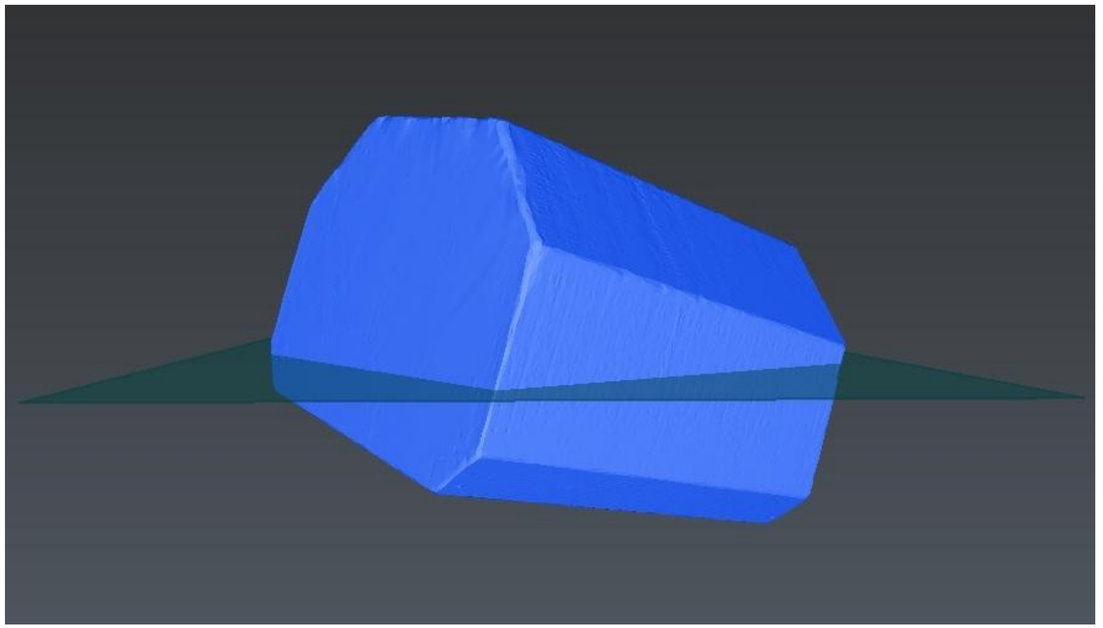
3D СКАНИРОВАНИЕ ТАНКЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СПГ





3D СКАНИРОВАНИЕ ТАНКЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СПГ



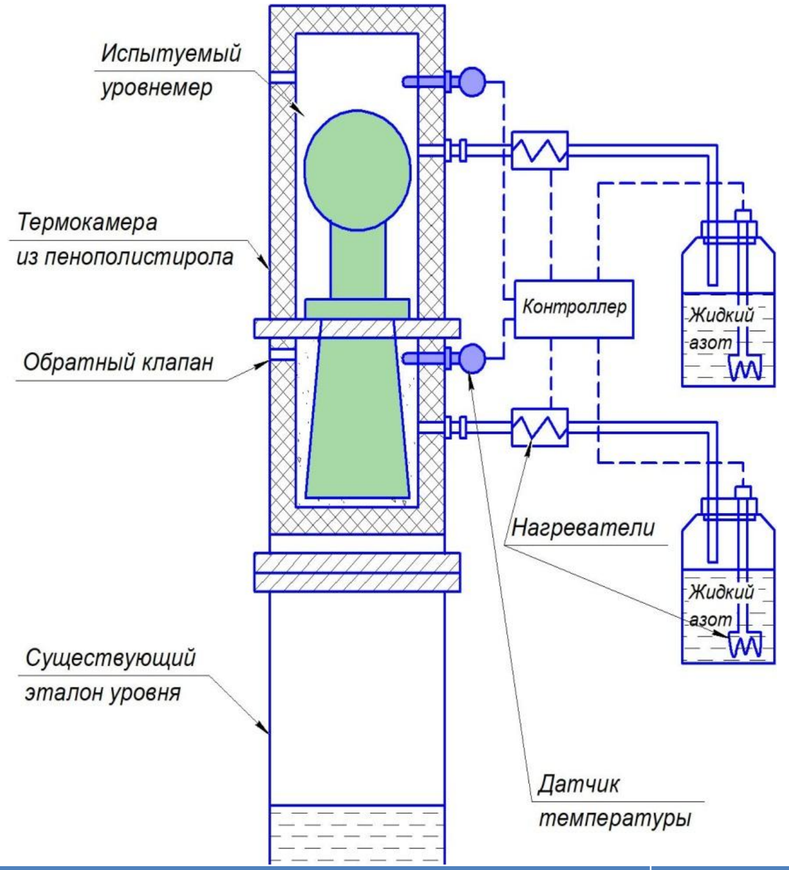


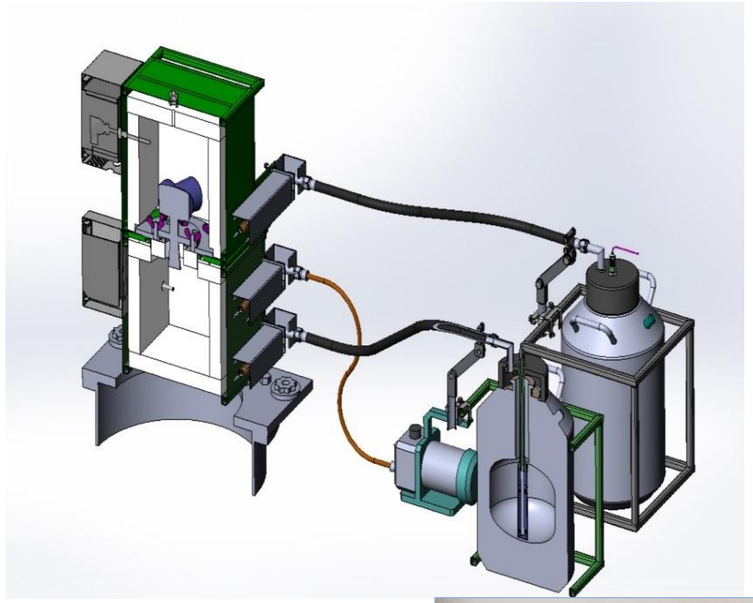
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ (УРОВНЯ) 1-ГО РАЗРЯДА



Диапазон воспроизведения и передачи единицы длины (уровня), м	0,01 ÷ 20
Абсолютная погрешность измерений уровня, мм	0,25

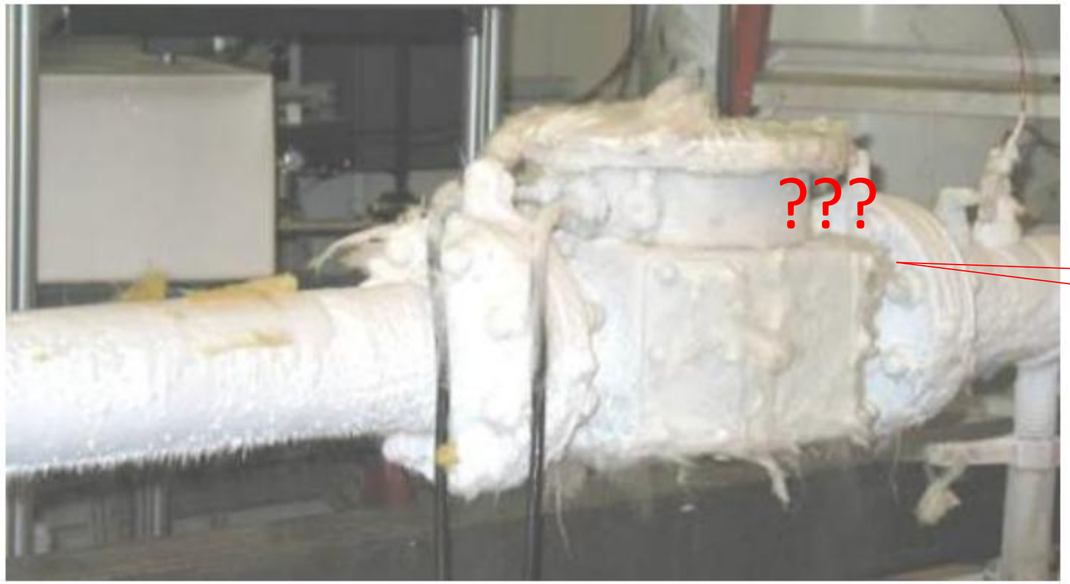
МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СПЕЦИАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ДЛИНЫ (УРОВНЯ) 1-ГО РАЗРЯДА

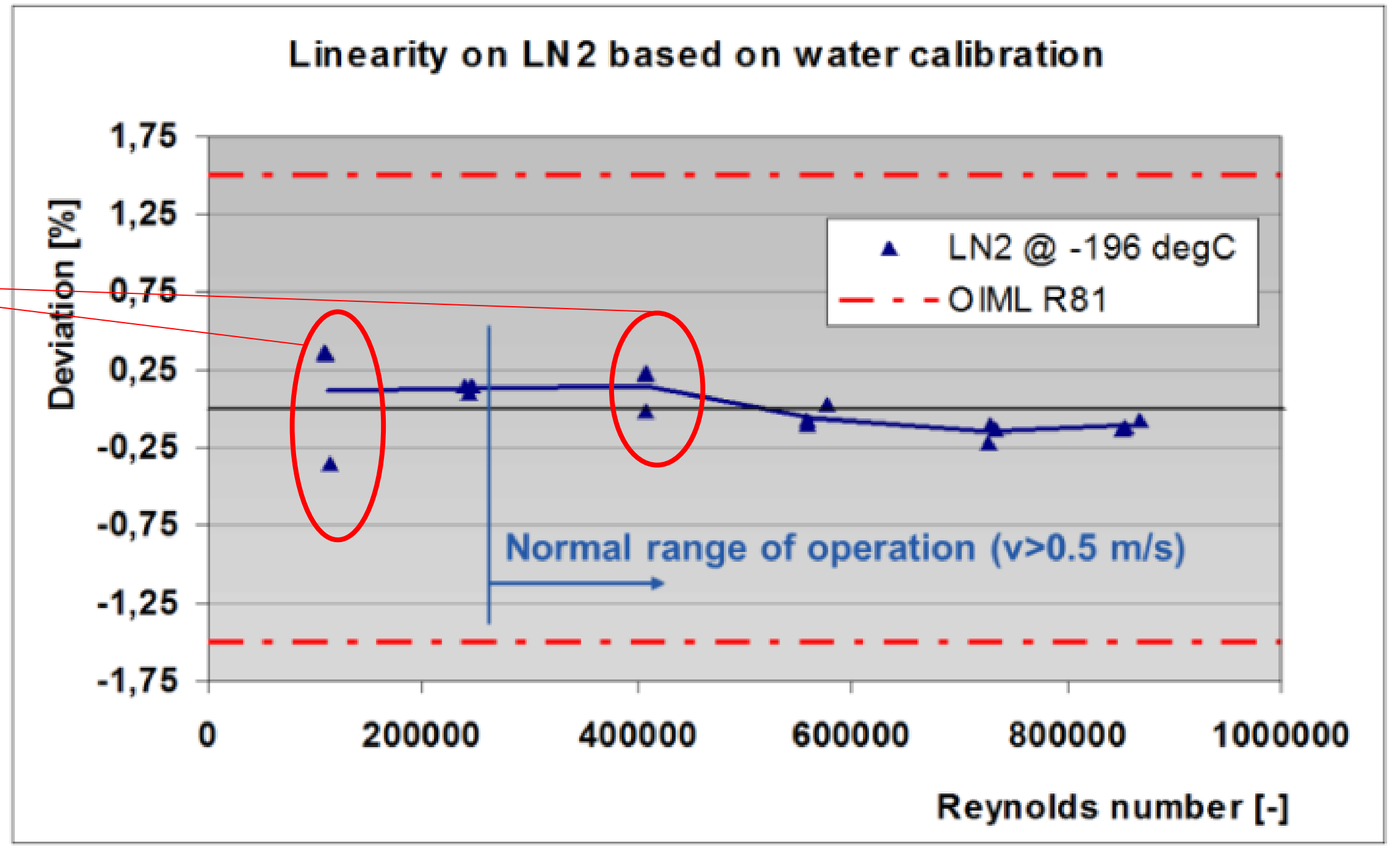






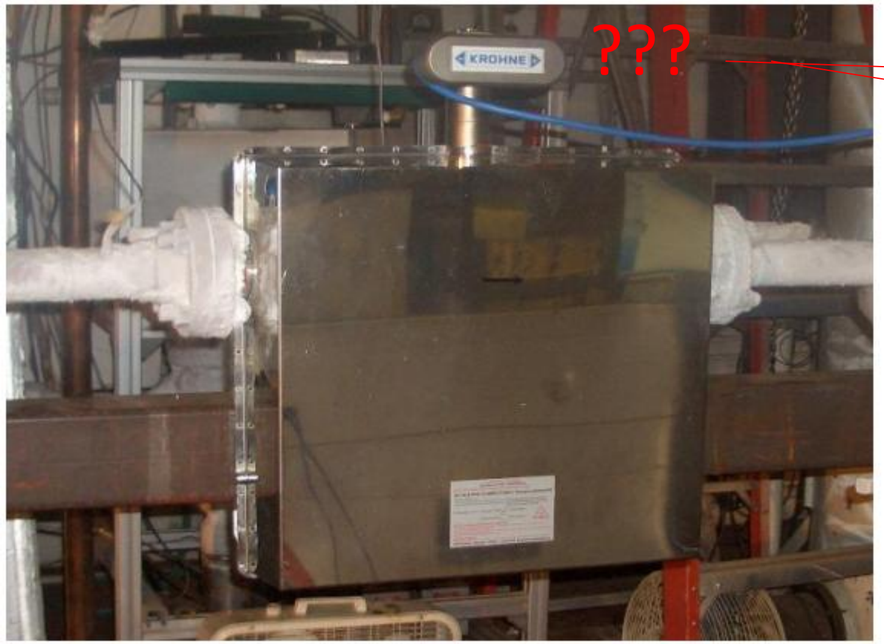
Воздействующий фактор	Величина
Температура рабочей среды	от – 180 ^{0}C до + 5 ^{0}C
Температура окружающей среды	от – 50 ^{0}C до + 50 ^{0}C

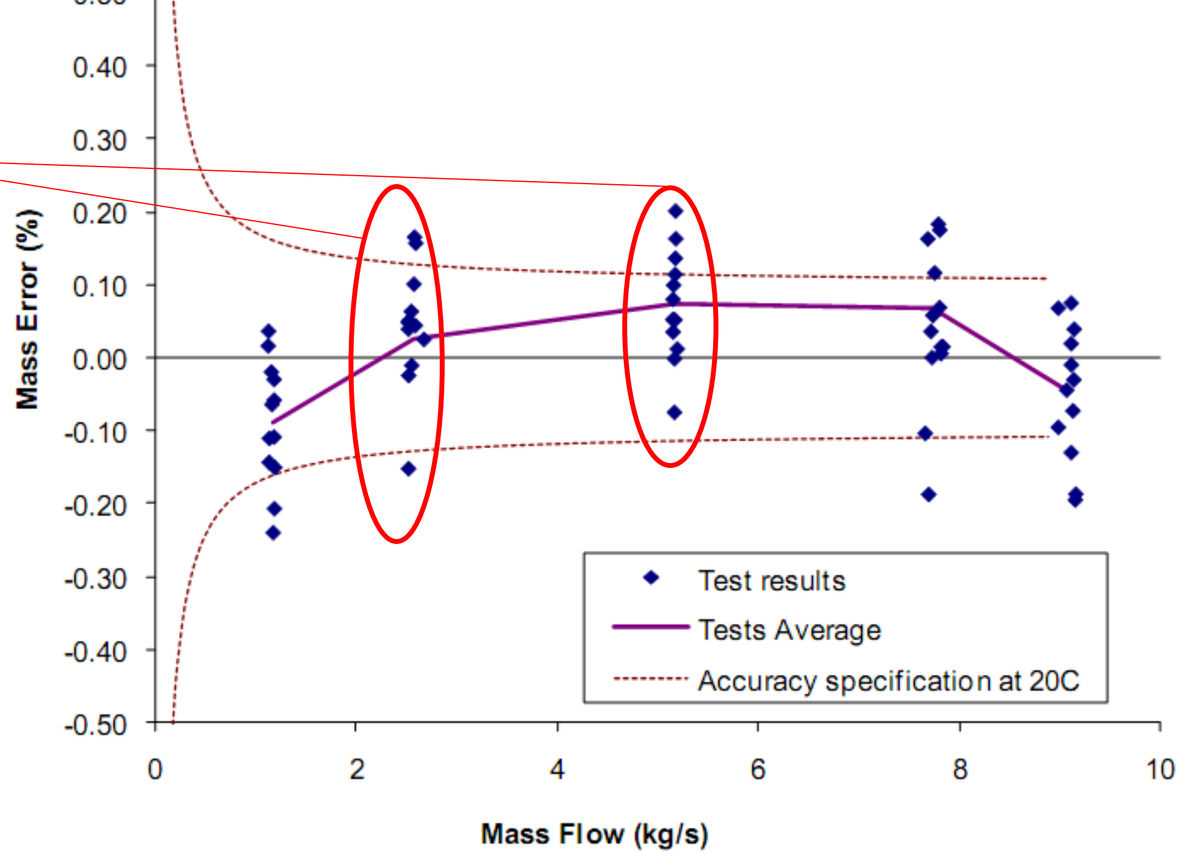




Расходомер калибровался на воде,
Затем характеристики проверялись на
Жидком азоте
Погрешность градуировки связанная с градуировкой на воде ±0,15%
Случайная составляющая погрешности от ±0,75% до ±0,25%

2. Массомеры





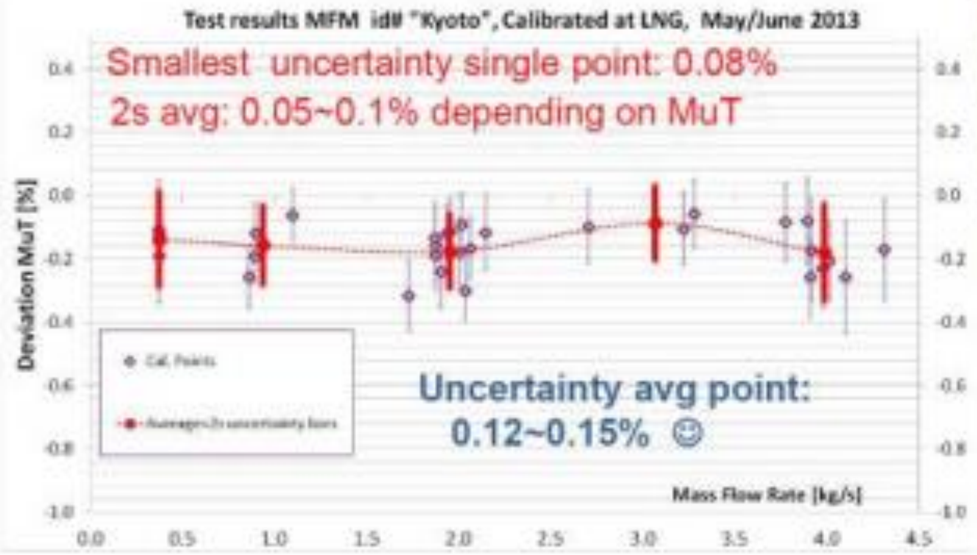
Расходомер калибровался на воде,
Затем характеристики проверялись на жидком азоте
Погрешность градуировки связанная с градуировкой на воде ±0,17%
Случайная составляющая погрешности от ±0,4% до ±0,5%

Instrument selection

KROHNE Optimass 6400



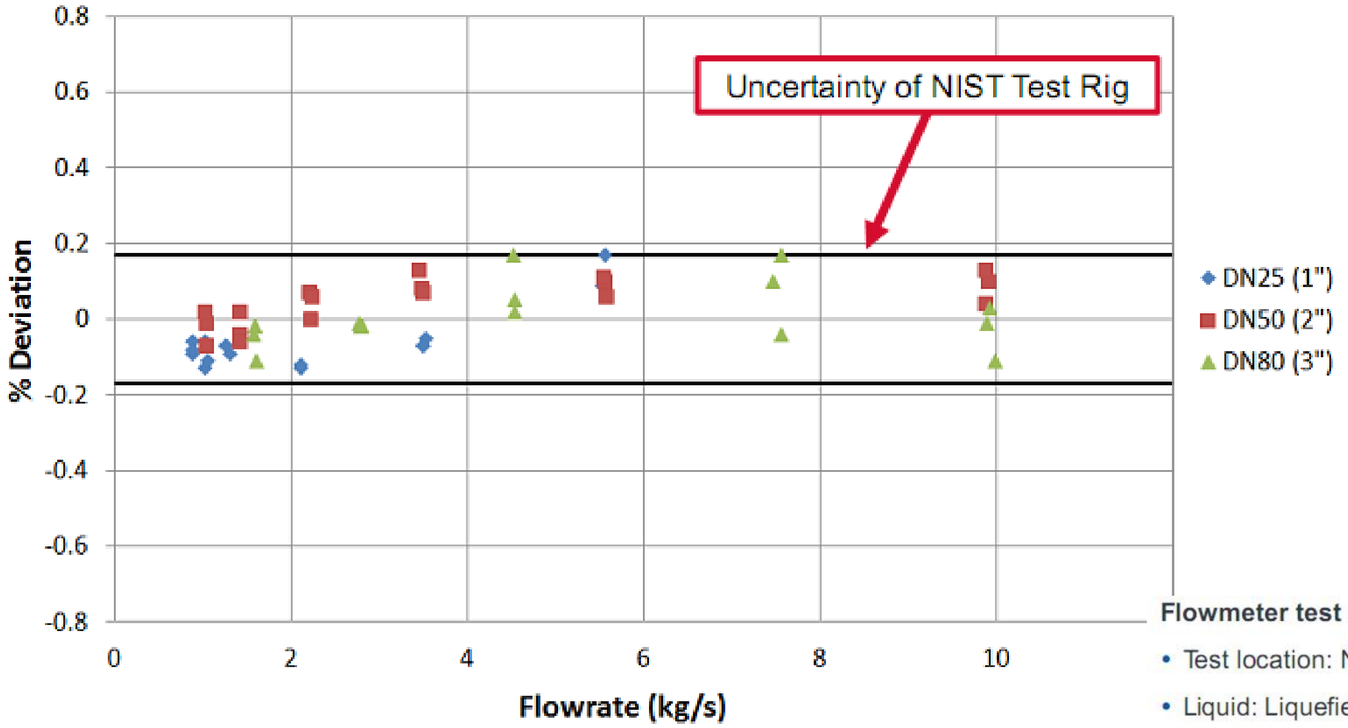
Verification - step 2 (VSL)





Second verification step took place at the new test facility for LNG at VSL in the Netherlands.

3. Массомеры Endress + Hauser





Flowmeter test

- Test location: NIST
- Liquid: Liquefied nitrogen (-196˚C)
- Reference: Weighing Tank
- Witnessed by NMi
- Calibration range
  - 193˚C … -183˚C
  - 4 … 7,6 bar
  - 4.5 … 45 m^3/hr

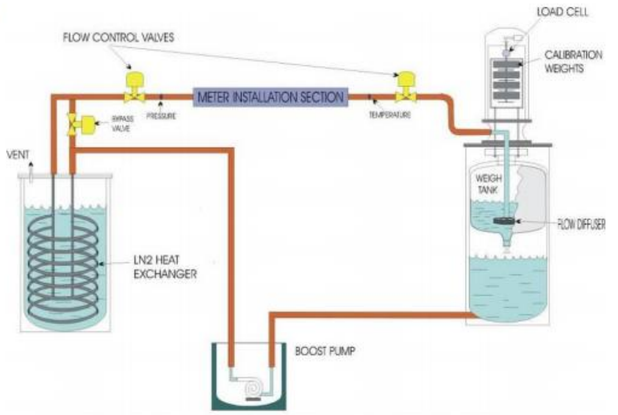
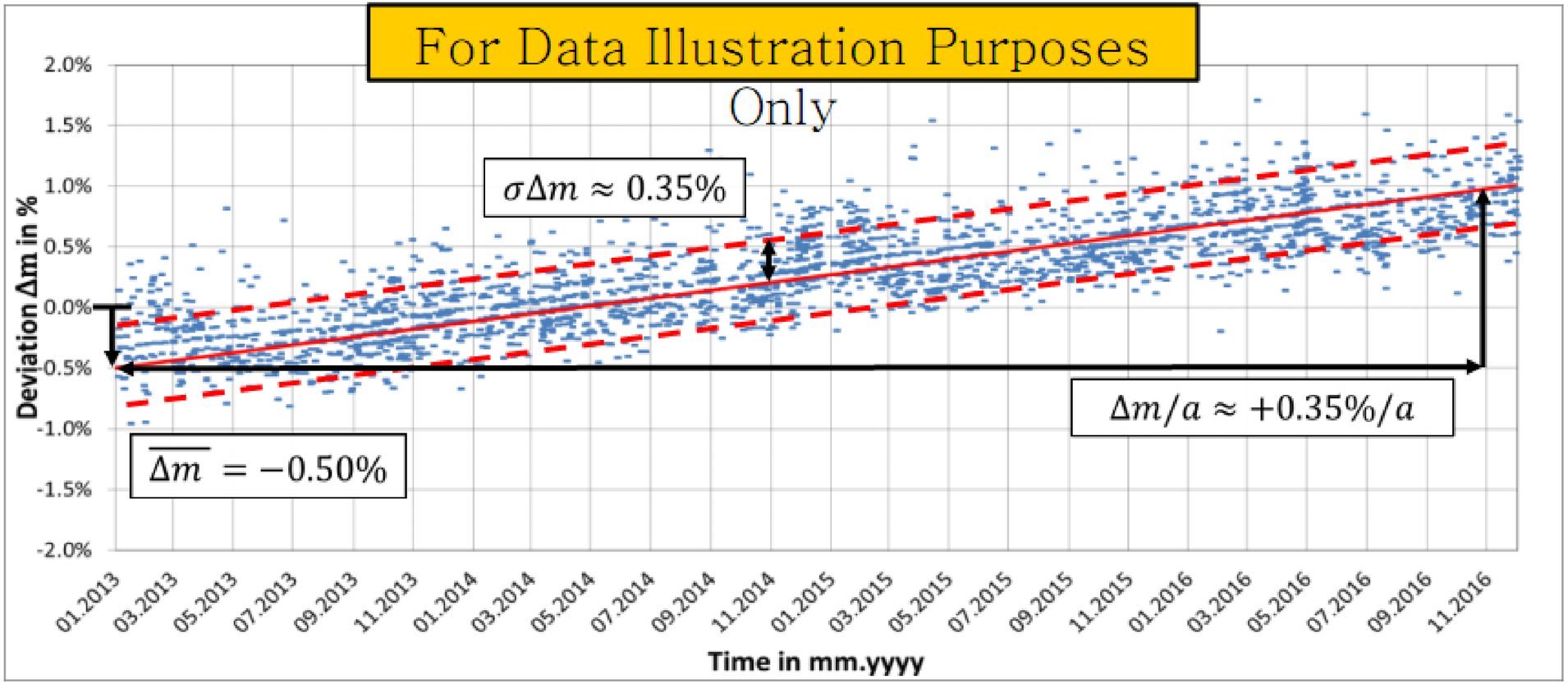


Figure 1. Schematic of the Liquid Nitrogen Flow Calibration Facility.

Long Term Data Format



Из графика видно, что межповерочный интервал не превышает 1 год!!!!

ЭТАЛОННАЯ УСТАНОВКА ЭУ-2 ГЭТ 120



Эталонная установка ЭУ-2 состоит из следующих блоков:
- блок хранения криогенной жидкости (резервуар вертикальный криогенный (газификатор), СИ давления, трубопроводы с экранно-вакуумной изоляцией, запорная арматура);
- измерительный блок (насос погружной криогенный с криостатом, жидкостной и газовый эталонные расходомеры, СИ давления и температуры, криогенный бак 1,2 м³, весы платформенные, трубопровод с экранно-вакуумной изоляцией, запорная арматура);
- блок автоматизации и управления (щиты контроля и управления, панель электропитания систем противопожарной защиты, рабочее место оператора);
- компрессорный блок.

Уравнение массового расхода жидкости для i-ое измерение, т/ч,

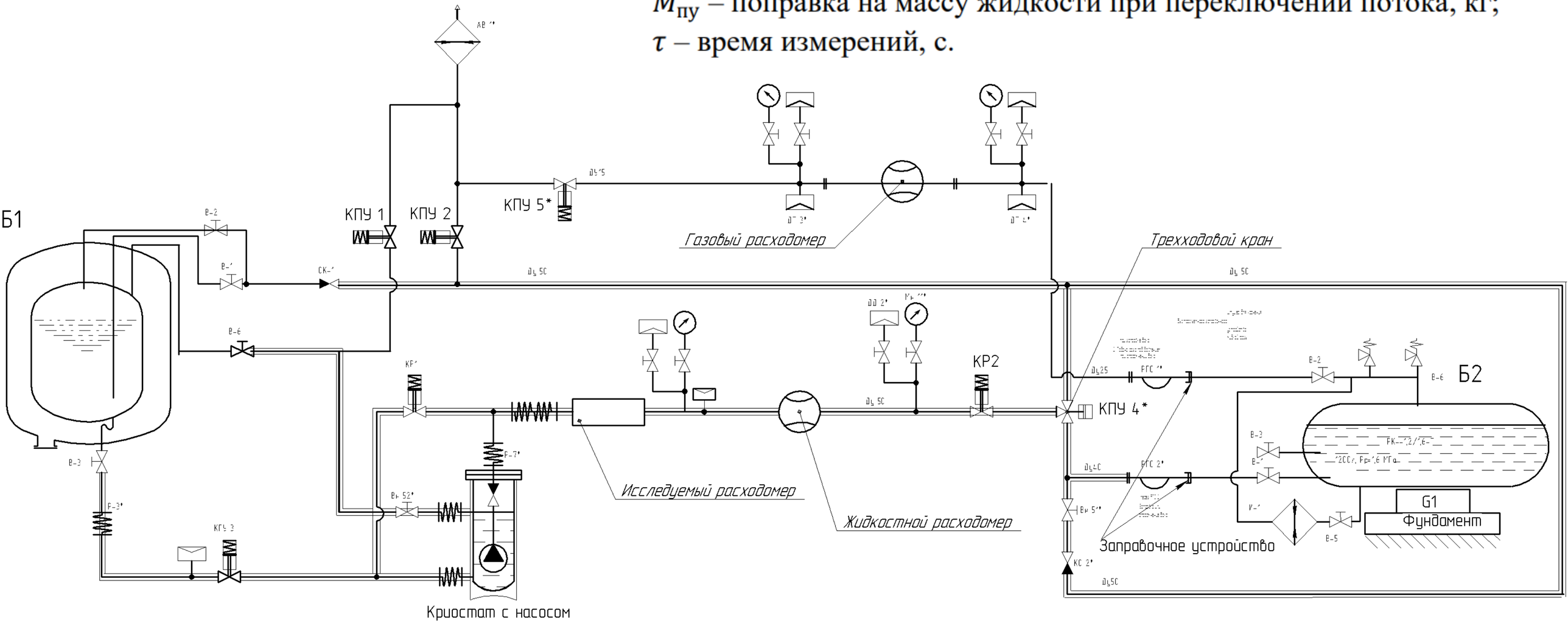
$$Q_M = \frac{M_ж + M_г + M_{пу}}{\tau} \cdot \frac{3600}{1000},$$

где $M_ж$ - масса на платформенных весах, кг;

$M_г$ - масса газа, кг;

$M_{пу}$ – поправка на массу жидкости при переключении потока, кг;

τ – время измерений, с.



МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТАЛОННОЙ УСТАНОВКИ ЭУ-2

Наименование характеристики	Значение
Воспроизводимая величина	Массовый расход
Единица величины	т/ч
Среднее квадратическое отклонение результата измерений при 11 независимых измерениях S_0, %, не более	0,05
Неисключенная систематическая погрешность при доверительной вероятности P=0,95 θ_0, %, не более	0,21
Стандартная неопределенность по типу А, u_{A0}, %	0,05
Стандартная неопределенность по типу В, u_{B0}, %	0,11
Суммарная стандартная неопределенность, u_{c0}, %	0,12
Расширенная неопределенность при коэффициенте охвата k=2, U_0, %	0,24

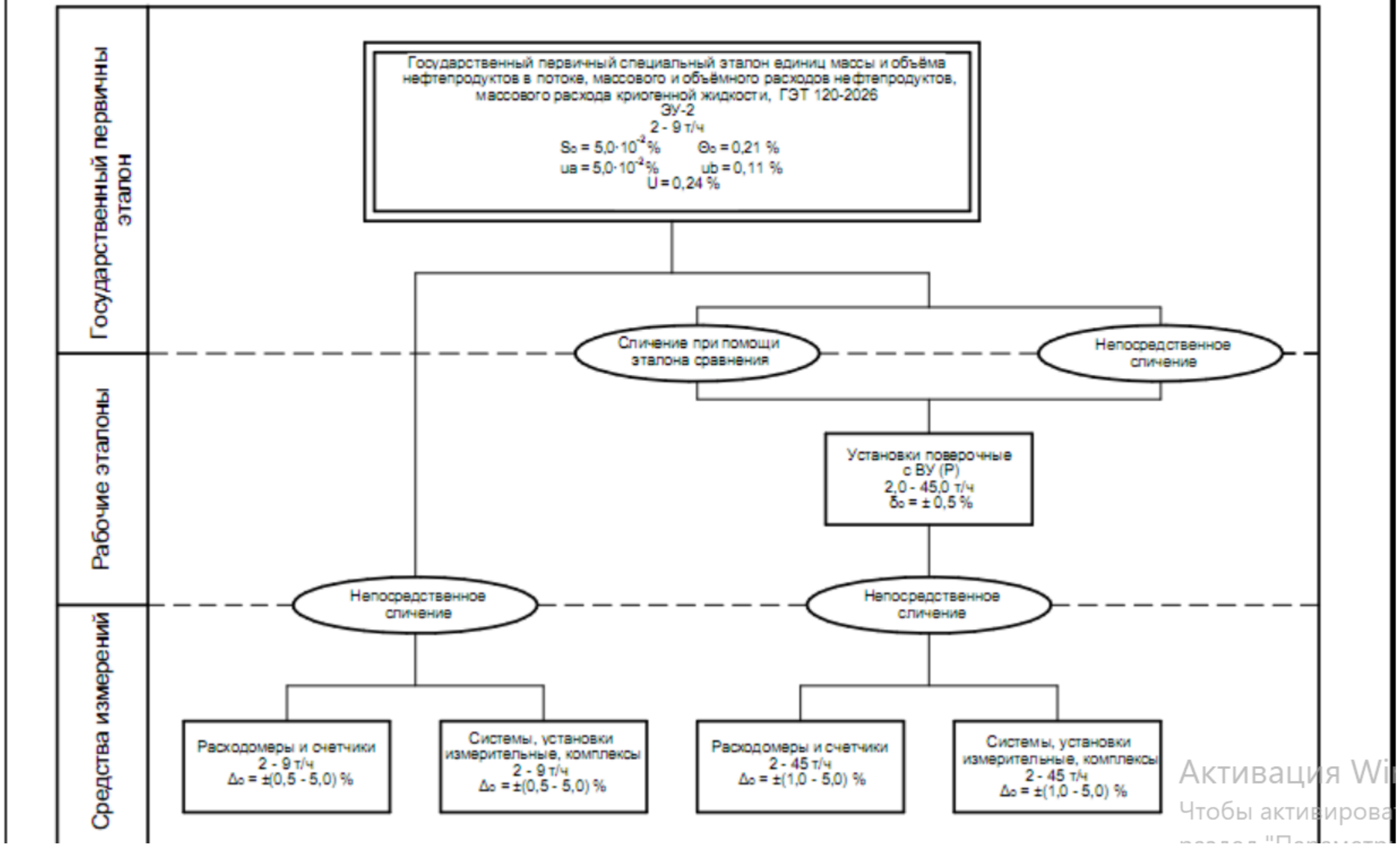
СРАВНЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОНОВ РАСХОДА КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДРУГИХ СТРАН (ЭУ-2)

Наименование, НМИ, страна	Расход	Расширенная неопределенность, U_P, %	Рабочая жидкость
Cryogenic Flow Measurement Facility, NIST, США (эксплуатировался до 2019 г.)	от 0,95 до 9,5 кг/с (от 3,42 до 34,2 т/ч)	0,18	Жидкий азот
Cryogenic Research & Calibration Facility for LNG, VSL, Нидерланды	до 200 м^3/ч	0,30	Жидкий азот
Эталон ЭУ-2 ГЭТ 120, ВНИИР, Россия	**от 2,0 до 9,0 т/ч**	**0,24**	**Жидкий азот**

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА

ПРИКАЗ №936 от 19.05.2026
«Об утверждении Государственного первичного специального эталона единиц массы и объёма нефтепродуктов в потоке, массового и объёмного расходов нефтепродуктов, массового расхода криогенной жидкости и Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости »

Государственная поверочная схема для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости
Для средств измерений, передача единиц величин которым осуществляется на криогенных жидкостях



Активация Wi
Чтобы активирова
раздел "Парамет

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!

www.vniim.ru

РСТ

ВНИИМ
им. Д.И.Менделеева