



ЭКОХИМПРИБОР

**Применение метода рамановской спектроскопии
для анализа сжиженных газов и
жидких углеводородов**

Никита Рычков

Менеджер по продукту “Газоаналитическое оборудование”
ООО “НПП “ЭКОХИМПРИБОР”

Г. Южно-Сахалинск, 2025

Поточный спектрометр рамановского рассеяния ЭкоРС



- **ИЗМЕРЯЕМЫЕ КОМПОНЕНТЫ:**
 H_2S , SO_2 , CO , CO_2 , NH_3 , N_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , H_2 , N_2 , C_4H_{10} и т.д.
- **НЕ ИЗМЕРЯЮТСЯ:** инертные газы
- **ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ:** 0-100% (задается в зависимости от задачи)
- **МОДЕЛИ:** ЭкоRС EP500 – газовые среды
ЭкоRС EP700 – жидкые среды
ЭкоRС EP1000 – жидкые среды
- **ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ:** рамановская спектроскопия
(спектроскопия комбинационного рассеяния света)
- **ИСПОЛНЕНИЕ:** экстрактивное (с отбором пробы)
- **ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ:**
1Ex px b IIC T4 Gb X – для газовых сред
1Ex db px b IIC T4 Gb X – для жидкых сред
- **КОЛИЧЕСТВО АНАЛИЗИРУЕМЫХ ПОТОКОВ:** от 1 до 4
- **ИНТЕРФЕЙС СВЯЗИ:** MODBUS RTU, TCP

Основы рамановского метода анализа

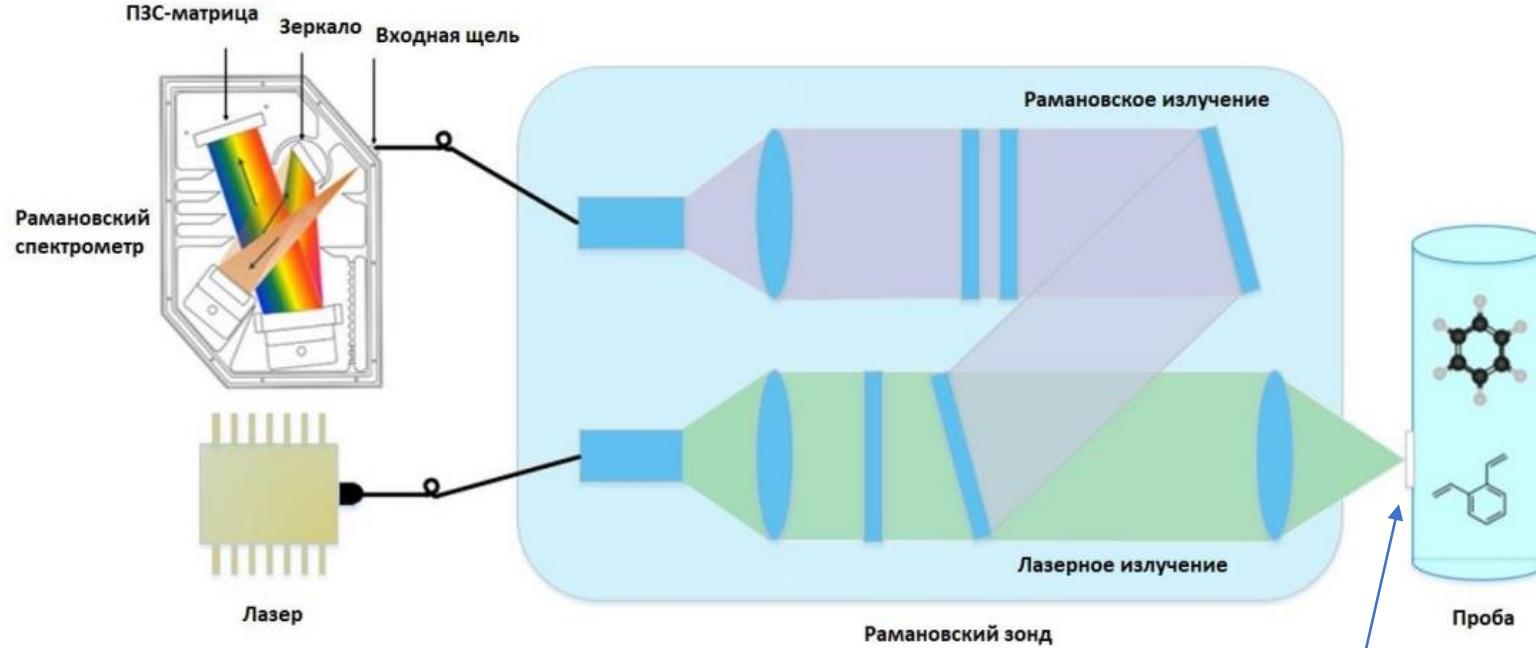
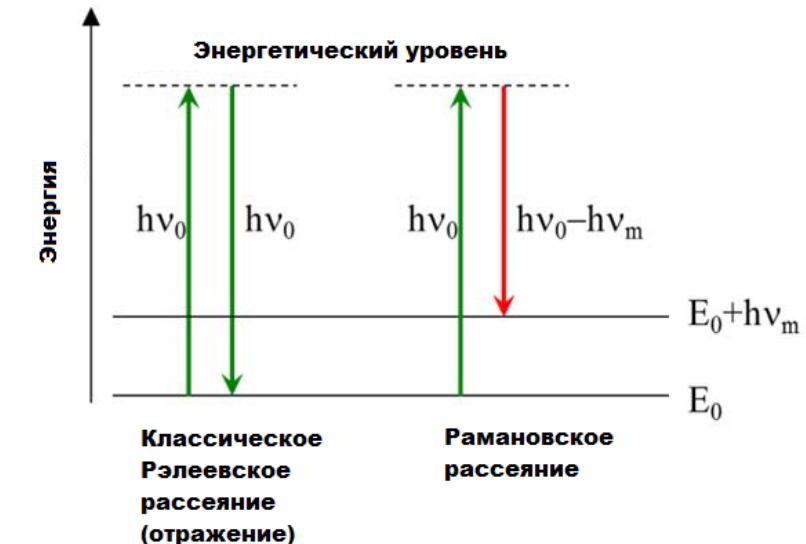
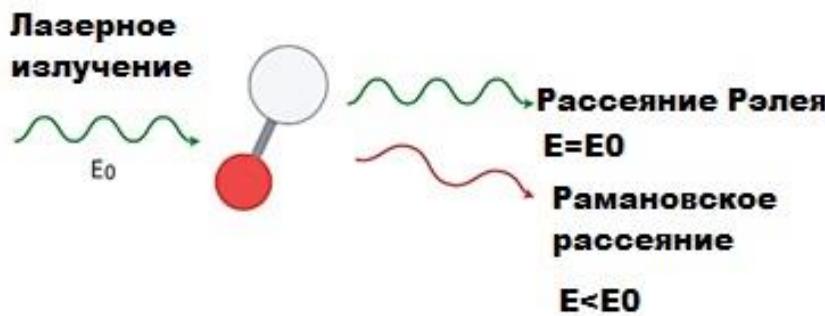
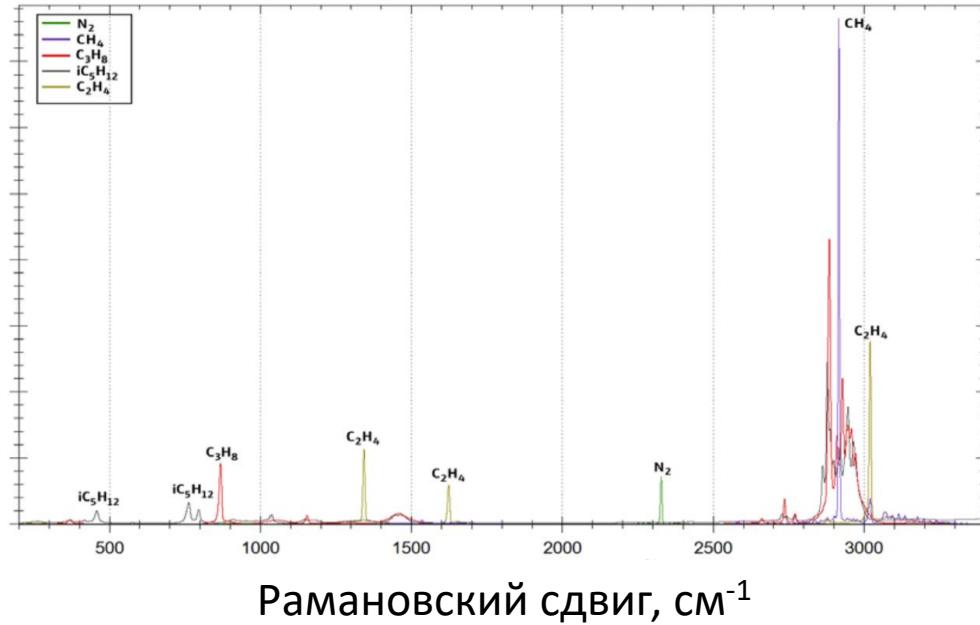


Схема анализа жидкых сред

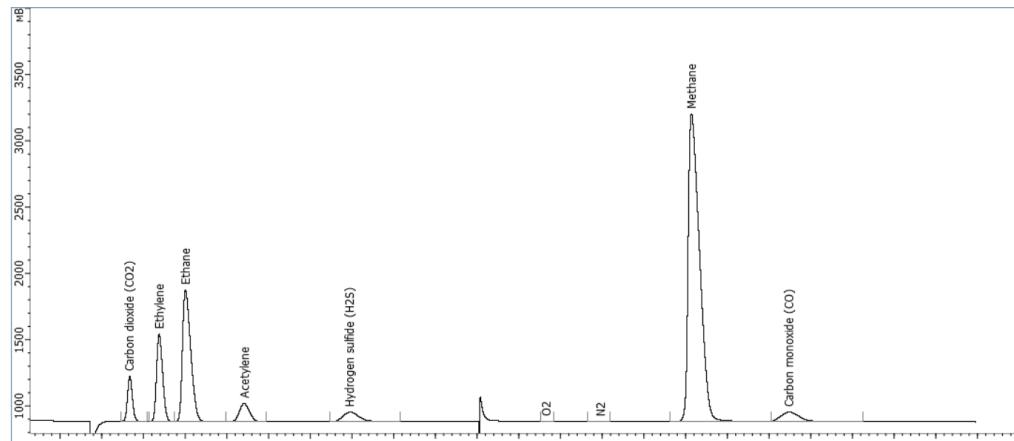


Поточный спектрометр рамановского рассеяния ЭкоРС

Интенсивность, отн. ед.



Рамановский сдвиг, см^{-1}



Хроматограмма

Технические преимущества:

- Единый зонд или измерительная ячейка для всех веществ
- Один метод анализа, одно описание типа и методика поверки
- Чем сложнее состав вещества, тем эффективнее анализ
- Сочетание различных групп веществ, не совмещаемых в других методах анализа

Эксплуатационные преимущества:

- Минимальная стоимость владения (затраты на элементы СПП)
- Возможность динамического анализа за счет малого времени измерения
- Простота технического обслуживания
- Привязка различных потоков к одному прибору

Углеводородные фракции

Анализируемые среды	Рамановский анализ	Модель прибора ЭкоPC
Углеводородные газы (включая СУГ)	+	EP500, 700
Сжиженный природный газ (СПГ)	+	EP500
Бензин (фракционный состав), нафта	+	EP700
Дизельное топливо (фракционный состав)	+	EP1000
Газовый конденсат	+	EP1000
Смазочные масла	+	EP1000
Битум, асфальт	-	-
Нефть	-	-

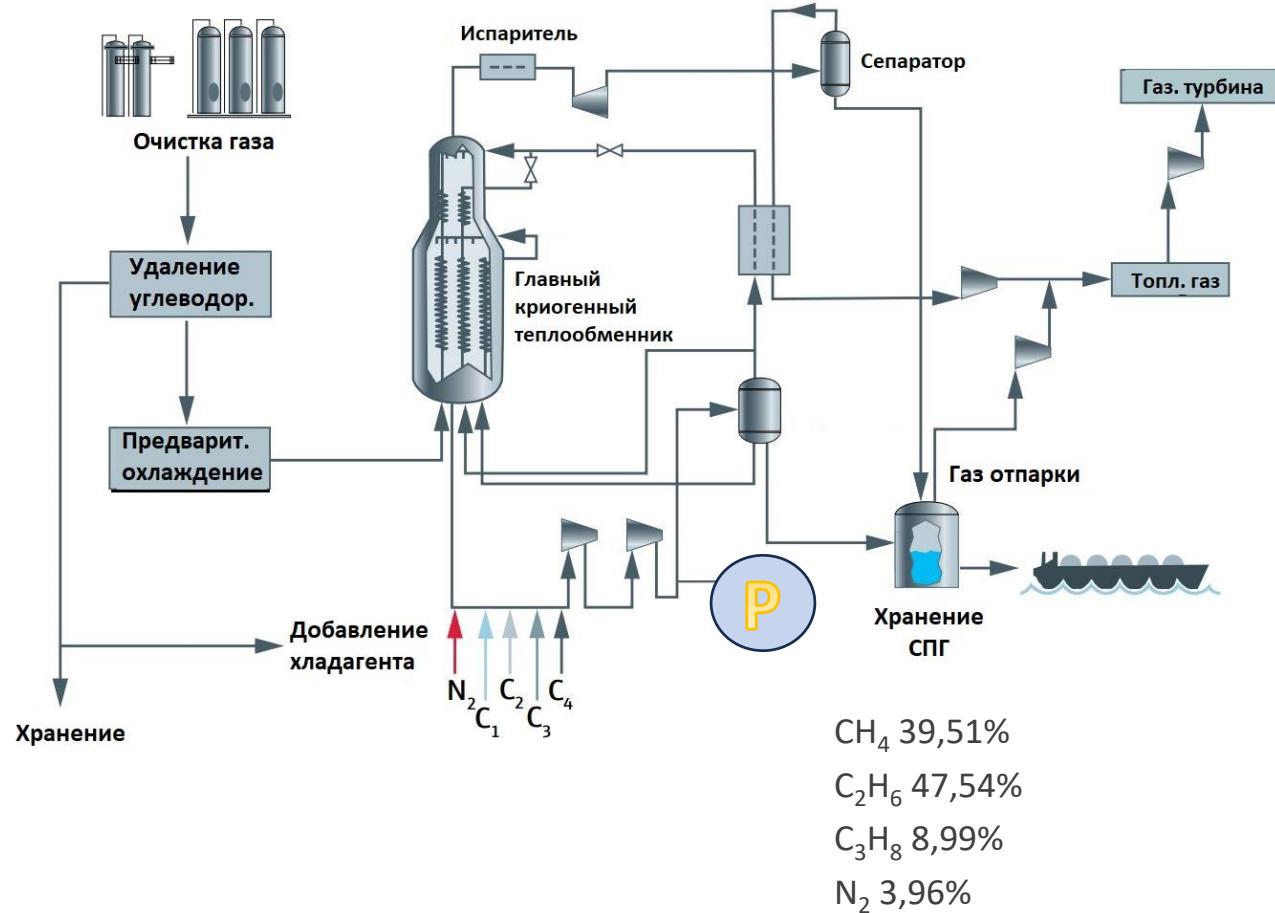
Анализ горючего природного газа и СПГ



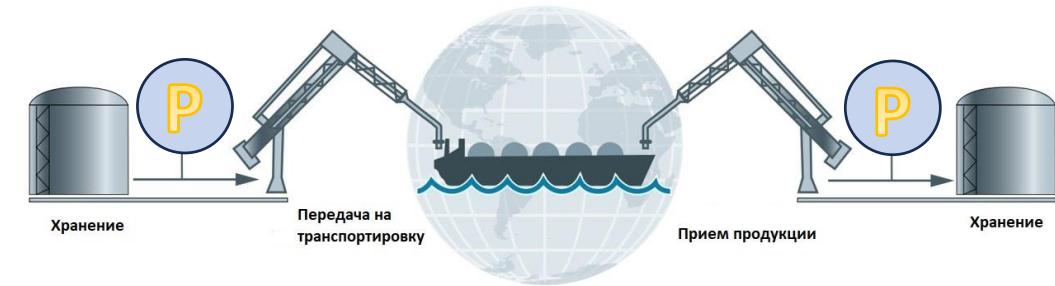
- **МОДЕЛЬ:** ЭкоPC EP500
- **ИЗМЕРЯЕМЫЕ КОМПОНЕНТЫ:**
газовая фаза - C₁ – C₆ и выше , CO, CO₂, N₂, H₂, N₂O₂
перспективно: сероводород, меркаптановая сера для СПГ, марки Б, В по ГОСТ 34894-2022
Горючий природный газ; СПГ, переведенный в газовую фазу .
- **ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ:** 0-100% (задается в зависимости от задачи)
- **ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ:** рамановская спектроскопия, метод CERS
- **КОНФИГУРАЦИЯ ПРИБОРА:** одна встроенная измерительная ячейка
- **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ:** расчет теплотворной способности, относительной плотности и других параметров на основе компонентного состава
- **ВРЕМЯ АНАЛИЗА:** до 5 мин
- **ПРЕДЕЛЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ:** в соответствии с ГОСТ 31371.7-2020, ГОСТ 34894-2022
- **ПРИМЕНЕНИЕ:** входной контроль состава ПГ, контроль состава после очистки, установки сжижения природного газа, бункеровка

Применение спектрометра рамановского рассеяния ЭкоРС

Сжижение газа



Транспорт СПГ



Бункеровка



Контроль отпускаемой продукции

CH_4 98,17%
 C_2H_6 10,5%
 C_3H_8 3,0%
 iC_4H_{10} 0,4%
 nC_4H_{10} 0,6%
 iC_5H_{12} 0,12%
 nC_5H_{12} 0,12%
 N_2 1,05%

Анализ сжиженных углеводородов (СУГ)



- **МОДЕЛЬ:** ЭкоРС ЕР700
- **ИЗМЕРЯЕМЫЕ КОМПОНЕНТЫ:**
 $C_3\ H_8$, $C_4\ H_{10}$, изомеры
Также показатели по ГОСТ 34858-2022:
 - давление насыщенных паров, октановое число.
 - перспективно: сероводород и меркаптановая сера.
- **ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ:** 0-100% (задается в зависимости от задачи)
- **КОНФИГУРАЦИЯ ПРИБОРА:** один встроенный измерительный зонд
- **ВРЕМЯ АНАЛИЗА:** до 3 мин
- **ПРЕДЕЛЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ:** в соответствии с ГОСТ 10679-2019
- **ПРИМЕНЕНИЕ:** переработка ШФЛУ, получение СУГ на ГФУ

Анализ газового конденсата



- **МОДЕЛЬ:** ЭкоРС ЕР700, ЕР1000
- **ИЗМЕРЯЕМЫЕ КОМПОНЕНТЫ:**
 $C_5 - C_{44}$, CO_2 , N_2 , CH_3OH , конденсат газовый стабильный
Анализ без разгазирования
Также показатели по ГОСТ 54389-2011:
 - выход фракций до 100, 200, 300, 360°C;
 - давление насыщенных паров, кПа;
 - плотность при 20°C.
- **ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ:** 0-100% (задается в зависимости от задачи)
- **КОНФИГУРАЦИЯ ПРИБОРА:** один встроенный измерительный зонд
- **ВРЕМЯ АНАЛИЗА:** до 3 мин
- **ПРЕДЕЛЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ:** в соответствии с ГОСТР 56720 – 2015, ГОСТ Р 55997-2014
- **ПРИМЕНЕНИЕ:** установки стабилизации конденсата (УСК)

Поточный спектрометр рамановского рассеяния ЭкоРС

Промышленные испытания

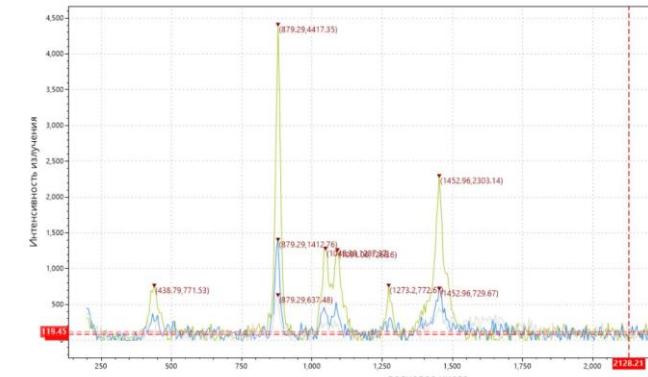
Описание	ЕИ	Лабораторные	Данные
		данные	хроматографа
пропан	%	0,155	0,000
бутан	%	1,040	0,158
изопентан	%	20,125	1,059
пентан	%	26,432	22,018
2,2-диметилбутан	%	0,717	0,673
цикlopентан	%	2,134	0,237
2-метилпентан	%	6,999	3,070
3-метилпентан	%	3,289	6,882
гексан	%	8,513	3,682
метилцикlopентан	%	4,261	9,524
бензол	%	0,454	0,022
циклогексан	%	2,576	2,721
2-метилгексан	%	1,479	0,760
2,3-диметилпентан	%	0,543	0,011
3-метилгексан	%	1,704	1,404
t-1,2-диметилцикlopентан	%	1,278	1,166
гептан	%	3,534	1,371
метилциклогексан	%	3,653	3,756
толуол	%	0,807	1,105
октан	%	0,083	0,106

Бензины

- **ЗАДАЧА:** определение компонентного состава
 - **ЧТО ИЗМЕРЯЕМ:** 20 основных компонентов сырья (см. таблицу).
Далее будем оценивать расширение перечня до 68 компонентов.

На текущий момент проведено моделирование 20 компонентов и оценена погрешность измерения на основе спектров контрольных образцов.

 - **ПРОЦЕСС:** сырье для печей пиролиза.
Контроль компонентного состава позволяет лучше отрегулировать параметры технологического процесса.



Поточный спектрометр рамановского рассеяния ЭкоРС



Промышленные испытания

Дизельное топливо

ЗАДАЧА:

определение физических параметров дизельных топлив

ЧТО ИЗМЕРЯЕМ:

- цетановое число
- плотность при 15°C
- предельная температура фильтруемости (ПТФ)
- фракционный состав – отгон до 180, 210, 250, 350 °C
- температура помутнения
- температура вспышки в закрытом тигле
- температура начала кипения
- температуры отгона 10, 50, 90, 95% топлива

ПРОЦЕСС:

установка первичной переработки нефти

Цетан число	Плоти сть при 15 °C	T вспл, закр. тигел ь	ФС, Тик	10% ФС, °C	50% ФС., °C	90% ФС., °C	95% ФС., °C	ФС отгон до 180 °C, %	ФС отгон до 210 °C, %	ФС отгон до 250 °C, %	ФС отгон до 350 °C, %	ПТФ, °C	T помут н., °C
51,4	841,6	63,4	174,1	213,5	266,6	328,2	344,7	1,7	18,5	36,2	95,5	-16,9	-12,8
51,9	855,2	69,8	186,9	224,3	280,1	335,9	351,5	1,9	27,2	27,1	94,7	-10,6	-5,5
52,1	845,8	63,9	175,2	221,1	279,5	338,9	349,3	2,0	27,7	25,2	94,8	-11,1	-6,0
51,7	843,9	65,1	175,5	217,2	270,2	329,9	342,6	1,7	17,9	33,1	95,5	-15,0	-10,1
49,4	830,8	59,2	165,1	191,4	239,2	309,6	325,3	1,7	17,2	59,6	95,3	-33,8	-32,1
51,7	855,2	69,1	184,4	223,5	281,2	338,5	352,1	2,0	31,4	25,7	94,4	-11,4	-6,2
51,9	844,3	64,0	175,2	219,5	274,4	335,0	344,6	1,6	13,7	29,7	95,7	-12,2	-8,1

Дополнительно оценивалась возможность измерения содержания присадок:

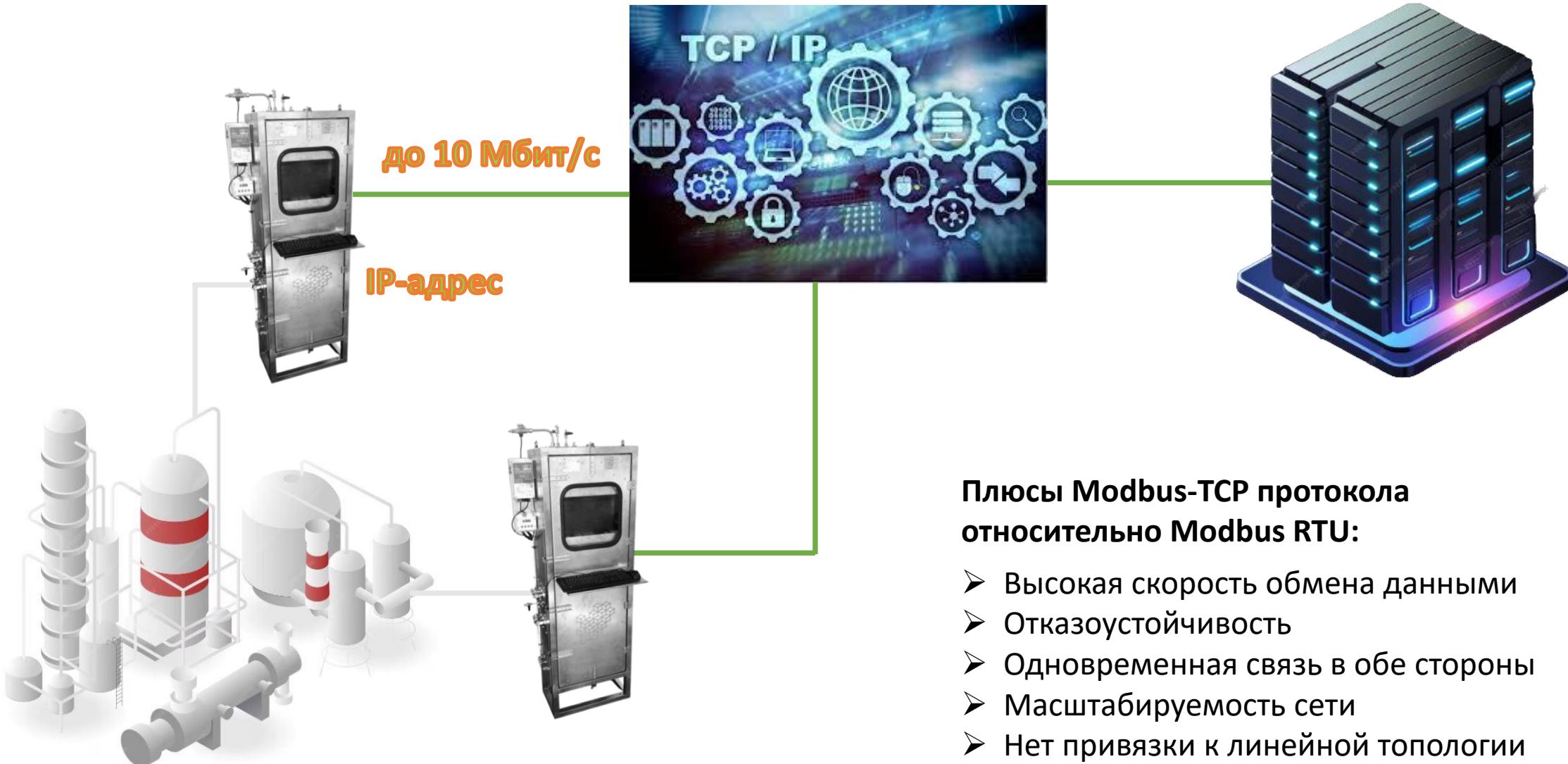
- цетаноповышающая
- депрессорно-диспергирующая
- противоизносная

Получение разрешительной документации и вывод на рынок



- Сертификат ТР ТС 012 (взрывозащита):
 - испытания проведены
 - выпуск сертификата до конца 2025 г.
- Описание типа СИ (метрология):
 - испытания проведены;
 - выпуск приказа о внесении в реестр СИ – апрель 2026 г.
- Для технологических позиций, попадающих в сферу государственного регулирования (с паспортизацией характеристик выпускаемого продукта):
 - требуется написание методик измерений

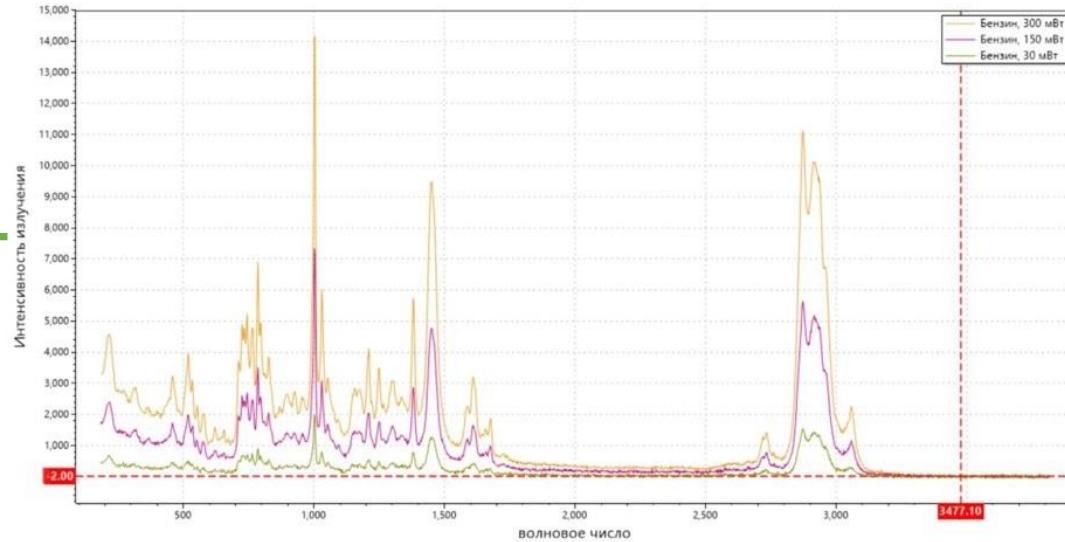
Цифровизация и искусственный интеллект в анализаторах ЭкоРС



Плюсы Modbus-TCP протокола относительно Modbus RTU:

- Высокая скорость обмена данными
- Отказоустойчивость
- Одновременная связь в обе стороны
- Масштабируемость сети
- Нет привязки к линейной топологии

Цифровизация и искусственный интеллект в анализаторах Экорс



Одно измерение – 30 с.

За час - накопление 2880 спектров.

Или 40 320 спектров по 14 параметрам.

Цетан число	Плоти сть при 15 °C	T восил. закр. тигель	ФС, Тик	10% ФС, °C	50% ФС., °C	90% ФС., °C	95% ФС., °C	ФС отгон до 180 °C, %	ФС отгон до 210 °C, %	ФС отгон до 250 °C, %	ФС отгон до 350 °C, %	ПТФ, °C	T помут н., °C
51,4	841,6	63,4	174,1	213,5	266,6	328,2	344,7	1,7	18,5	36,2	95,5	-16,9	-12,8
51,9	855,2	69,8	186,9	224,3	280,1	335,9	351,5	1,9	27,2	27,1	94,7	-10,6	-5,5
52,1	845,8	63,9	175,2	221,1	279,5	338,9	349,3	2,0	27,7	25,2	94,8	-11,1	-6,0
51,7	843,9	65,1	175,5	217,2	270,2	329,9	342,6	1,7	17,9	33,1	95,5	-15,0	-10,1
49,4	830,8	59,2	165,1	191,4	239,2	309,6	325,3	1,7	17,2	59,6	95,3	-33,8	-32,1
51,7	855,2	69,1	184,4	223,5	281,2	338,5	352,1	2,0	31,4	25,7	94,4	-11,4	-6,2
51,9	844,3	64,0	175,2	219,5	274,4	335,0	344,6	1,6	13,7	29,7	95,7	-12,2	-8,1

Обработка больших данных нейросетью:

- Статистическая обработка и выявление отклонений
- Локальный пост обработки без Ex-защиты
- Отслеживание корреляций между всеми показателями

Спасибо за внимание!



РЫЧКОВ НИКИТА АНДРЕЕВИЧ

Менеджер по продукту

“Газоаналитическое оборудование”

n.rychkov@ecohimpribor.ru

+7 967 209 00 86



Центральный офис:

Москва, Бережковская набережная, 16А, стр. 3
+7 (495) 662-32-21
info@ecohimpribor.ru

Производство:

Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, д. 11, стр. 14

