

# MOD-1022

## Газовый спектрофотометр

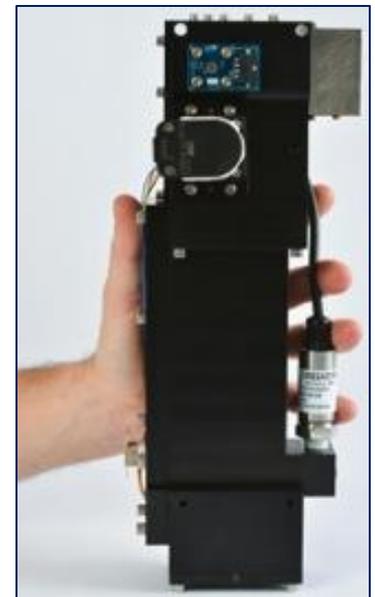


**MODCON**

# Спектроскопия перестраиваемого фильтра (TFS)

MOD-1022 TFS™ - первая коммерческая реализация оптического анализатора TFS для определения углеводородного состава газов с возможностями хроматографа

- Измерение в реальном времени (1 сек)
- Проточная ячейка без газа носителя
- Отсутствие обслуживания
- Пожизненная калибровка, минимизирует или исключает потребность в калибровочных газах



**MODCON**

# Соответствует назначению?



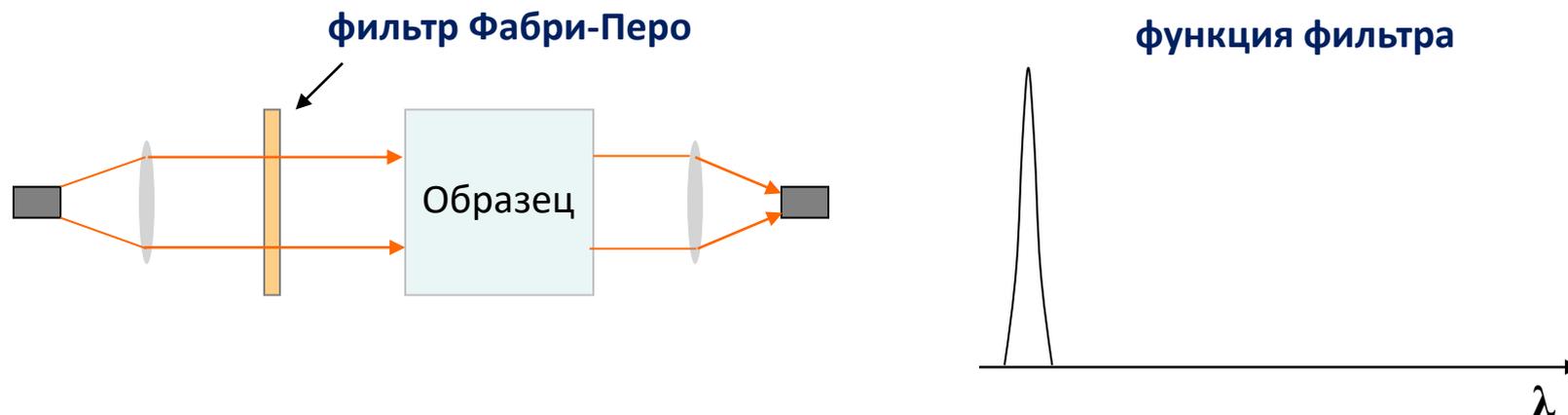
- Он-лайн и / или переносной
- Температура окружающей среды
- Скорость потока
- Температура образца
- Вибрация и удар
- Влажность
- Влажный газ
- Монтаж
- Время прогрева
- Время отклика
- Точность
- Воспроизводимость
- Линейность
- Стабильность
- Дистанционное управление
- Калибровка
- Дрейф нуля
- Прочность
- Цена
- Стоимость эксплуатации

# Системы и практическое применение

- **Характеристики систем**
  - Мониторинг углеводородного состава в % диапазоне и расчет параметров газа
  - Измерение в реальном времени: погрешность <0.2%  
воспроизводимость <0.05%
  - Размещение в безлюдных местах и удаленное управление
    - Отсутствие газа – носителя и других вспомогательных газов
    - Пожизненная калибровка
    - Размещение на трубопроводах, промплощадках, портативное исполнение
- **Практическое применение**
  - Широкий спектр приложений в индустрии природного газа
  - Производство электроэнергии (непрерывный контроль BTU, Wobbe, плотности и состава газа)
  - Качество товарного газа (C1-nC6)
  - Нефтехимия (этилен/пропилен, мономеры)



# Принцип работы TFS



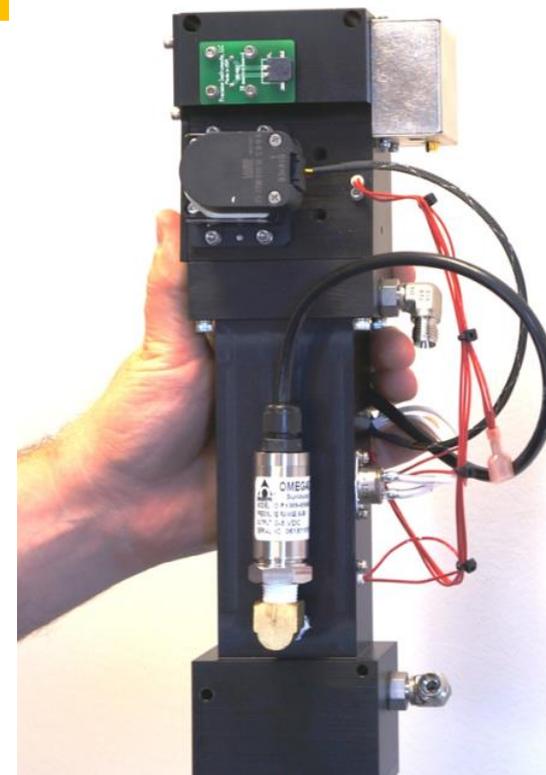
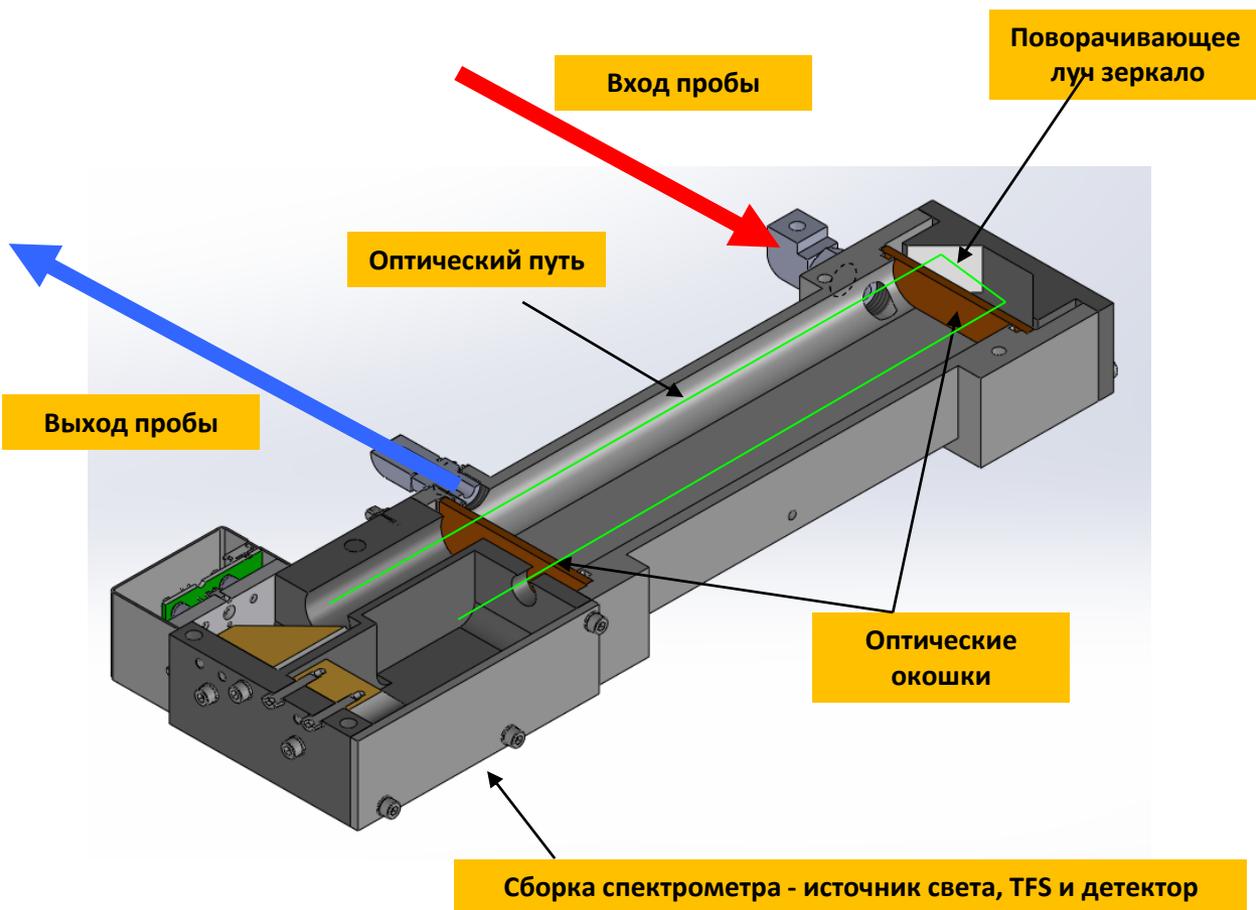
## Параметр

## TFS преимущества

Простота	<ul style="list-style-type: none"><li>Низкая стоимость и надежность конструкции</li></ul>
Сканирование	<ul style="list-style-type: none"><li>Многоволновый анализ спектров</li><li>Высокая селективность и улучшенное видообразование</li></ul>
Оптическое качество	<ul style="list-style-type: none"><li>Более высокая оптическая пропускная способность</li><li>Высокая чувствительность / низкий предел обнаружения</li></ul>

**MOD-1022 TFS сравним по оптическим характеристикам с FT-IR**

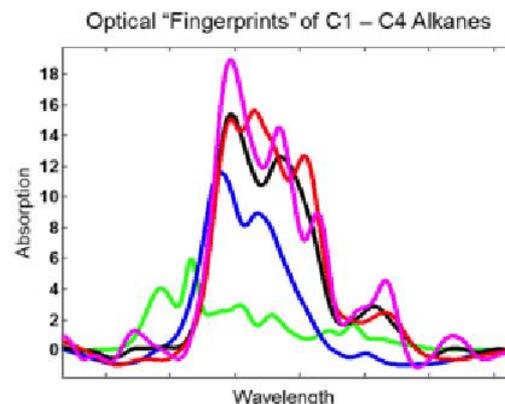
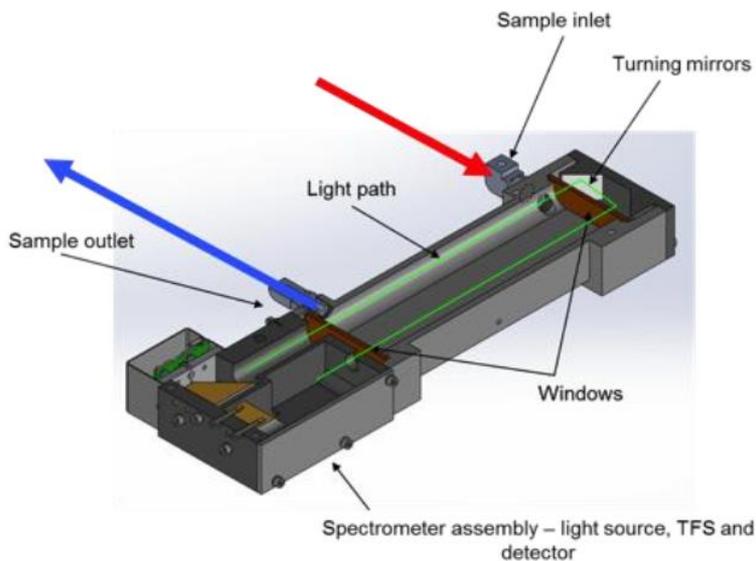
# Основной датчик



**MODCON**

# Спектроскопия поглощение света

С алгоритмом расширенного спектрального разложения



Хемометрия

Пример конфигурации

Ch. #	Compound	Range	Accuracy
1	Methane	0 - 100%	+/- 0.2%
2	Ethane	0 – 25%	+/- 0.2%
3	Propane	0 – 25%	+/- 0.2%
4	iso-Butane	0 – 10%	+/- 0.1%
5	n-Butane	0 – 10%	+/- 0.1%
6	Propylene	0 – 10%	+/- 0.2%
7	Ethylene	0 – 10%	+/- 0.2%

Methane	85.12	Концентрация выбранных веществ
Ethane	6.53	
Propane	2.35	
n-Butane	1.05	
iso-Butane	0.98	

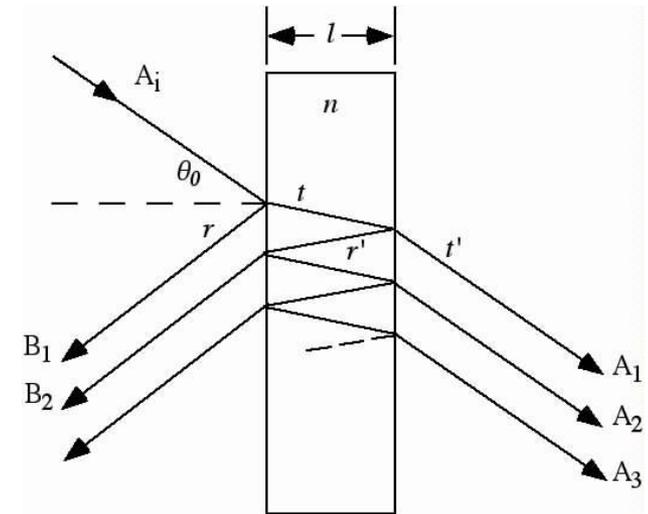


**MODCON**

# Настраиваемый фильтр-фотометр

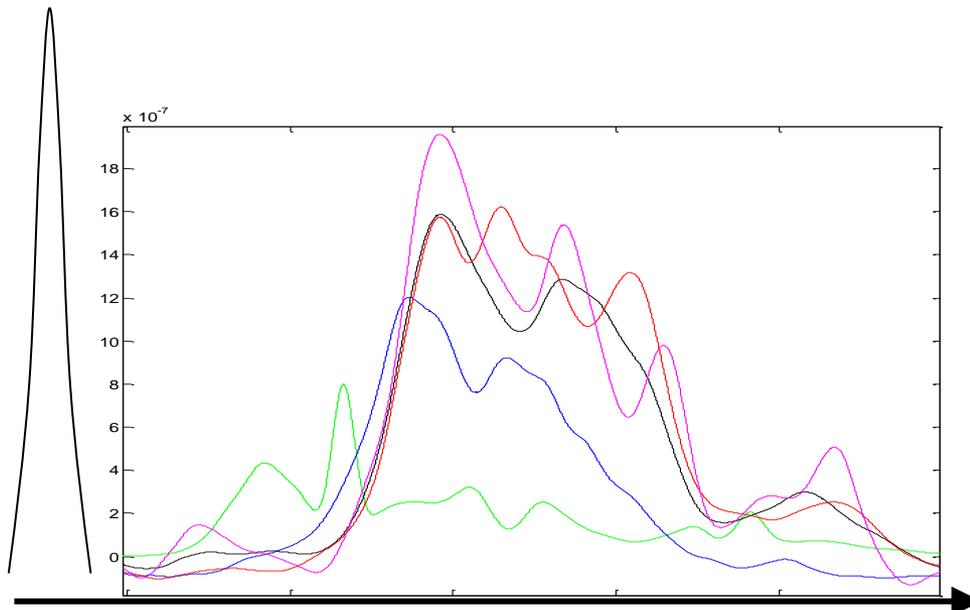
## Эффект Фабри-Перо

- Источник ИК-света проходит черездвигающийся оптический фильтр и позволяет спектральное сканирование широкого диапазона частот, а не только узкополосное «точечное» измерение



**Частота или**  
 $1/\lambda = m c / 2nl \cos \theta$

**При изменении угла  
 падения света,  
 изменяется длина волны**



**Сканирование по длине волны (C<sub>1</sub> to C<sub>5</sub>)**

- $\lambda$  — Methane
- Ethane
- Propane
- n-Butane
- iso-Butane

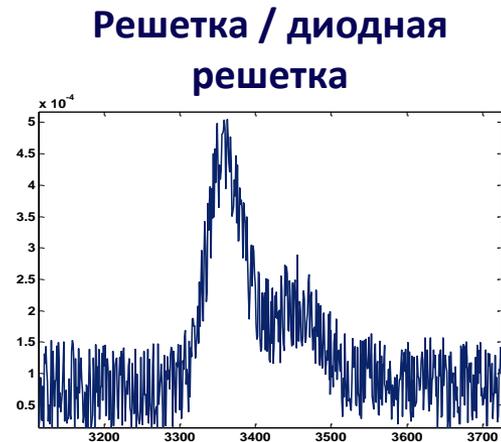
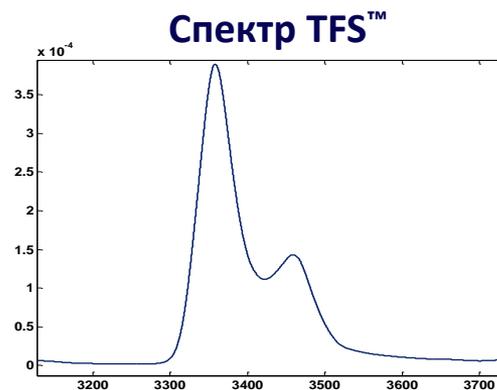
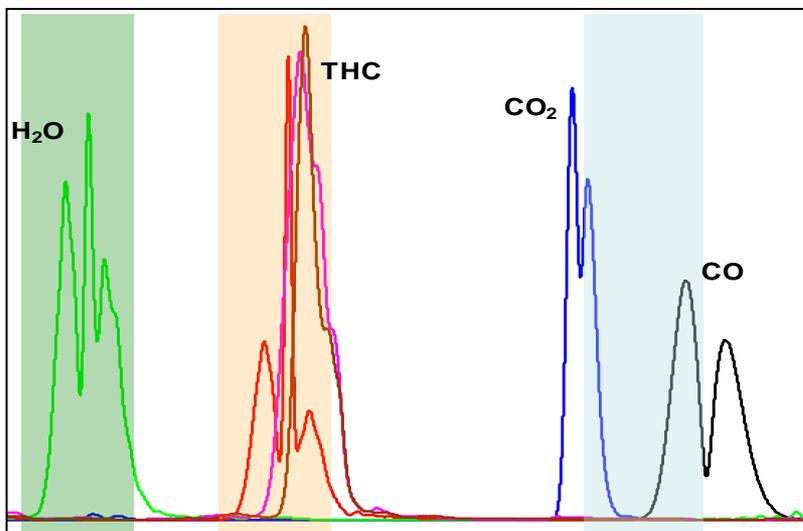


**MODCON**

# Основы метода TFS™

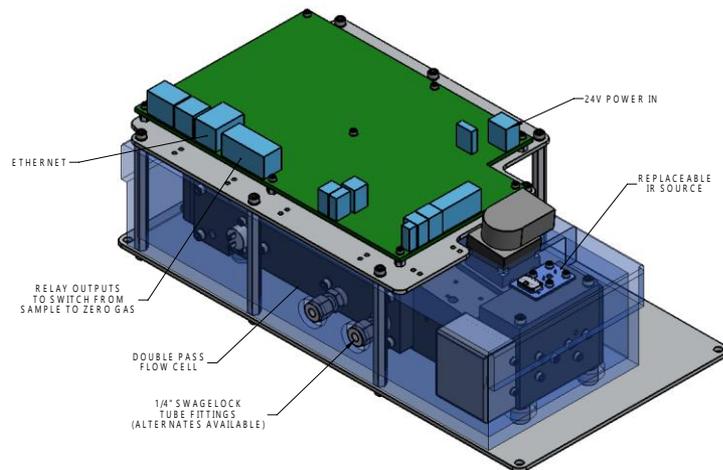
## Технология датчиков

- Непрерывное сканирование с наивысшим оптическим разрешением в характерном диапазоне
- Одновременно можно анализировать несколько диапазонов длин волн
- Уникальный алгоритм разложения спектра на составляющие
- Промышленный сенсор с возможностями хроматографа
- ДО ТРЕХ ФИЛЬТРАЦИЙ ПО ДЛИНАМ ВОЛН - ВСЕ В ОДНОЙ ЛИНЗЕ



**MODCON**

# P5-XXX – компоненты



Полностью оптический, проточный, онлайнный анализатор  
Реакция в реальном времени (1-5 секунд)  
Многокомпонентный анализ (до 25)  
Автоматический дистанционный мониторинг  
Быстрое срабатывание на GC

Компактный дизайн 17 "x 11" x 6 "(подвесной держатель)  
Менее 25 фунтов, настенный  
Нет газа-носителя, нет калибровочного газа  
Низкий нулевой дрейф, линейный, точный  
24 В постоянного тока (или внешнего 110-250 В переменного тока)  
Сертификат CSA / ATEX Class1Division2  
NEMA4X, IP66, Совместимость с CE



**MODCON**

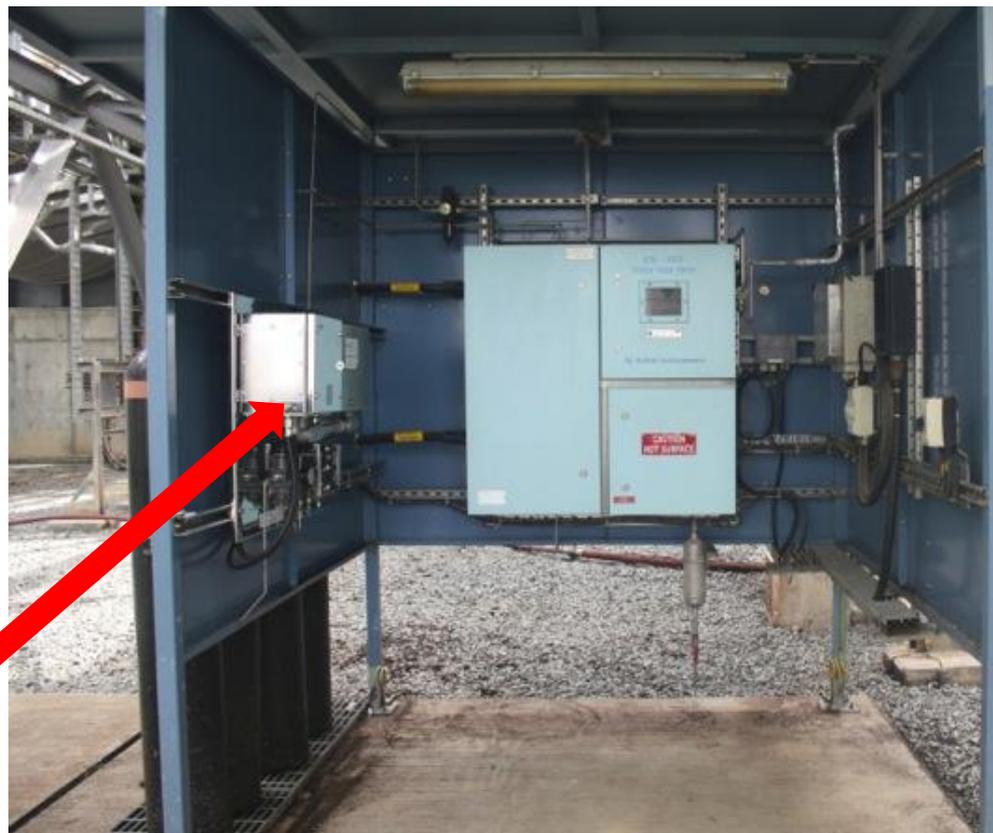
# 1 компактный прибор - 2 функции

(замена GC-TCD & BTU-Wobbe калориметра)

MOD-1022 (слева) относительно действующего Wobbe анализатора, установленного на очистительной установке



MOD-1022 совмещает в себе два прибора в одном, с менее чем 25% от размера традиционных хроматографа (1) измерений состава углеводородов в режиме реального времени, (2) тепловой мощностью BTU / CV и Wobbe Index анализатора.



**MODCON**

# Газоанализатор MOD-1022

(MOD-1022 модуль датчика)

- Бесконтактный оптический датчик с проточной ячейкой
- Измерение в реальном времени (1-5 сек)
- Многокомпонентный анализ (до 25)
- Удаленное управление
- Быстрый отклик по сравнению с GC
- Компактность 43x28x16 см (настенный)
- Легкий <11 кг, настенный
- Нет газов носителей и калибровочных
- Нулевой дрейф нуля, линейность
- Питание 24VDC (или 110-250VAC)
- CSA/ATEX & IECEx Class 1 Division 2
- NEMA4X, IP66, CE compliant



**MODCON**

# BTU углеводорода

## Мониторинг состава

	MOD-1022	GC-TCD (90% рынка анализаторов)	Калориметр	Рефрактометр (плотность газа)
Состав газа	Да	Да	Нет	Нет
Точность измерения	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая
Надежность измерения	Высокая, пожизненная калибровка, отсутствие влияния примесей	Низкая, периодическая калибровка по месту	Низкая, периодическая калибровка по месту	Низкая, влияние примесей
Утилиты	Расходные материалы отсутствуют	Газ- носитель и другие газы с инфраструктурой	Газы с инфраструктурой	Нет
Время отклика	Секунды	2 – 5 минут	Секунды	Секунды
Стоимость владения	Низкая	Высокая	Высокая	Низкая
Другое	Работа без участия оператора	Традиционный выбор для данной задачи	Высокая начальная стоимость без анализа состава	Влияние CO2 и азота



**MODCON**

# Варианты конфигураций анализируемых соединений с пожизненной калибровкой

	-242	-242B	-143	-152	-253	-154H	-159	-171	-162	-166	-167'	-171
	wide-range Natural Gas	high-accuracy Natural Gas	HPI #1 (Ethylene)	LNG #1	Acid & Sour Gas	HPI #2 (butenes)	LPG	SynGas	Flare	Propylene Recycle	HPI 5 (deProp)	CNG
<b>No. of channels</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
CH4	0 - 100%	50 - 100%	100	100	0 - 100%	100		100	100	5	10	100
C2H6	0 - 25%	0 - 20%	25	25	0 - 25%	25	10	25	25	25	10	25
C3H8	0 - 25%	0 - 10%	25	25	0 - 25%	25	100	25			100	25
iC4H10	0 - 10%	0 - 5%	10	10	0 - 10%	50	100	10	10	10	10	10
nC4H10		0 - 5%								10	10	10
nC4H10 + nC5H12 'lumped'	0 - 10%		10	10	0 - 10%	50	100	10	10			
C3H6			50			100					100	
C2H4			50			100			100	100		
C2H2						30						
iC5H12 + neoC5H12 'lumped'	0 - 10%		10	10	0 - 10%		100	5				10
C5 (lumped)		0 - 2%										
iso-C5H12						10			10			
1-butene						20			10	10		
cis-2-butene						20			10	10		
trans-2-butene						20			10	10		
isobutylene						20						
1,3 butadiene (C4H8)												
1-Hexene									10	10		
n-Hexane	0 - 5%	0 - 2%			0 - 5%				10	10		
H2S					0 - 50%	100						
H2O												
CO								100				100
CO2	0 - 20%	0 - 20%	100		0 - 50%			100				100
Balance (=100%-Summed readings)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CV (per ISO 6976:1995)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wobbe index (per ISO 6976:1995)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
H2 external analog input available?	Yes, H2/hydrogen input is possible, contact Precise for price, and considerations for BTU/CV, specific gravity, relative density and Wobbe Index Modbus outputs											
O2 external analog input available?	Yes, O2/oxygen input is possible, contact Precise for price, and considerations for BTU/CV, specific gravity, relative density and Wobbe Index Modbus outputs											

Варианты конфигураций анализируемых соединений с пожизненной калибровкой - многие другие, доступны для %-ого объёмного уровня (от 1000 ppm до 100%) или следов примесей (0-1000 ppm).

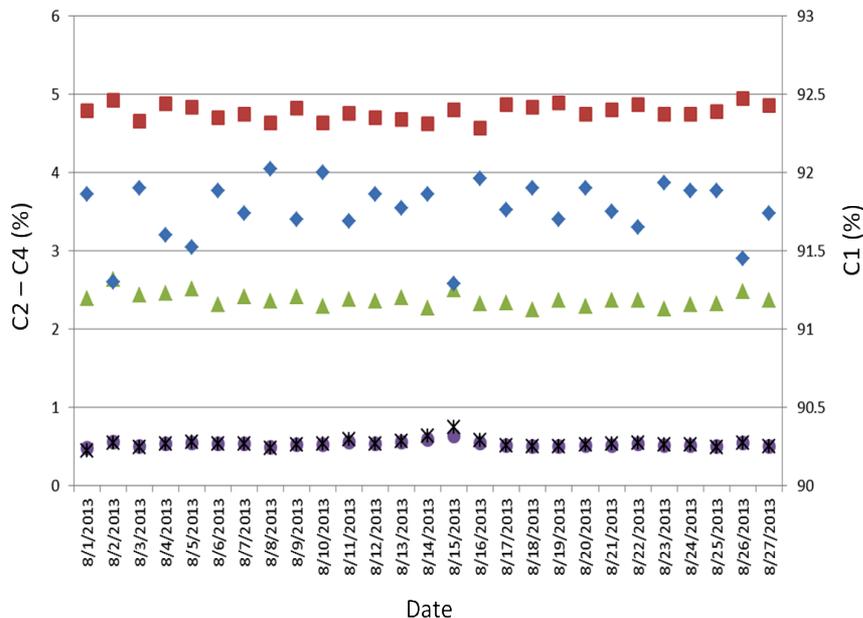


**MODCON**

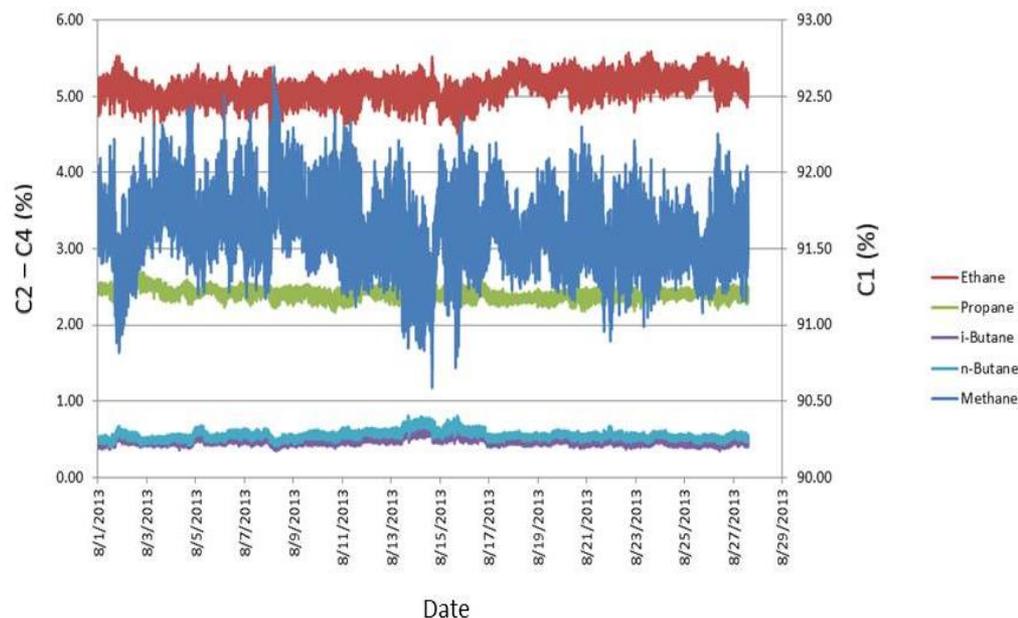
# Сравнение GC против TFS™ (PetroChina LNG)



中國石油天然氣股份有限公司  
PETROCHINA COMPANY LIMITED



**GC – измерение/день  
(ежедневная калибровка)**



**TFS – непрерывное (5 сек)  
(без калибровки/обнуления)**

TFS анализатор точно следует ежедневным лабораторным GC измерениям, позволяет отслеживать мгновенные уменьшения концентрации C1 в датах 8/2 and 8/15, повышенную концентрацию C4 8/15 и C3 8/2.

Важно, что TFS анализатор отслеживает флуктуации состава, которые невозможно заметить при хроматографическом измерении



**MODCON**

# Варианты исполнения



Стандартная  
конфигурация



Установка в взрывозащитном  
исполнении



Газоанализатор с системой пробо-отбора и  
подготовки



**MODCON**

# Итоги

- **Первый промышленный TFS анализатор**
  - Состав углеводородов в газах, аналог GC
  - Скорость измерения (от 1 сек )
  - Отсутствие газов носителей
  - Пожизненная калибровка
  - Погрешность аналогичная газовой хроматографии
- **Решение проверенное опытом**
  - 2700+ единиц установлено (upstream, downstream, HPI, power)
  - 350+ лет суммарный срок эксплуатации
  - OEM, GP, CSA/ATEX сертификаты взрывозащиты
- **Гибкая платформа для многих приложений**
  - UV – midIR диапазон длин вол
  - Поточное или портативное устройство (24VDC)
  - Альтернатива задачам, традиционно решаемым GC



Применяется в электроснабжение на основе природного газа и СПГ (сжиженный природный газ), в двигателях, в смешивание газов - часто компонентный состав очень важен и информативен - не только низшая теплота сгорания...

Примечание .. также Воббе (Wobbe), SG (и CARI = индекс соотношения воздуха для горения)

Воббе –хорошо для смешивания !

$$I_W = \frac{V_c}{\sqrt{G_s}}$$



индекс Воббе (WI) или Воббе является индикатором взаимозаменяемости топливных газов, таких как природный газ, сжиженный нефтяной газ (LPG) и городской газ и часто определяется в спецификациях газоснабжения и транспортных услуг.

Если V - более высокое значение нагрева или более высокая теплота сгорания, а G - удельный вес, Iw - индекс Воббе

# Ранние меню – 7 компонентов - программное обеспечение Labview для локального использования ноутбуков ...

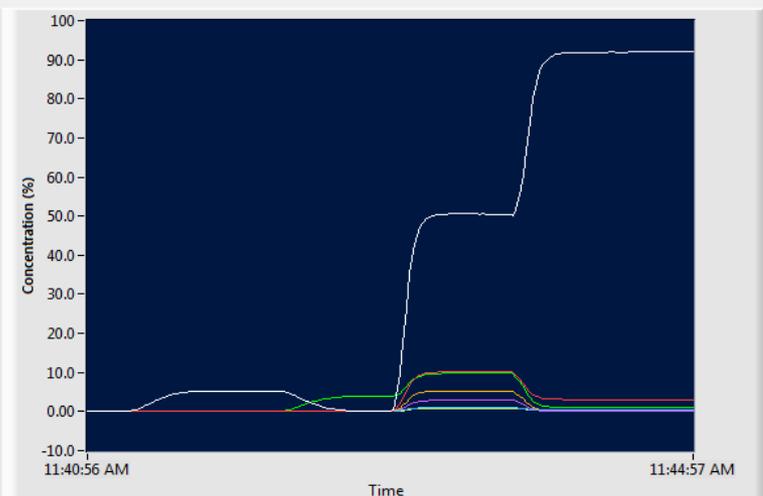
- Methane (CH<sub>4</sub>): 0-100%
- Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>): 0 – 25%
- Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>): 0 – 25%
- iso-Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>): 0 – 10%
- n-Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>): 0 – 10%
- Propylene (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>): 0 – 10%
- Ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>): 0 – 10%

Accuracy: +/- 0.2%

Repeatability: +/- 0.05% (5-sec ) averaging)

Labview Software

Concentration Plots



Methane	92.11
Ethane	3.09
Propane	1.00
iso-Butane	0.29
n-Butane	0.30
Propylene	0.00
Ethylene	0.00

CO2 (%) 0.5  
P (atm) 1.010  
Light (%) 95  
Optics T (C) 61.33

Instrument Ready ■

### Main Controls & Setup

Averaging Time (sec)  Moving Average   
ZERO Averaging Time (sec)  ZERO  Recording ZERO

Log Data  Data File Path

Save Beams  Beams File Path

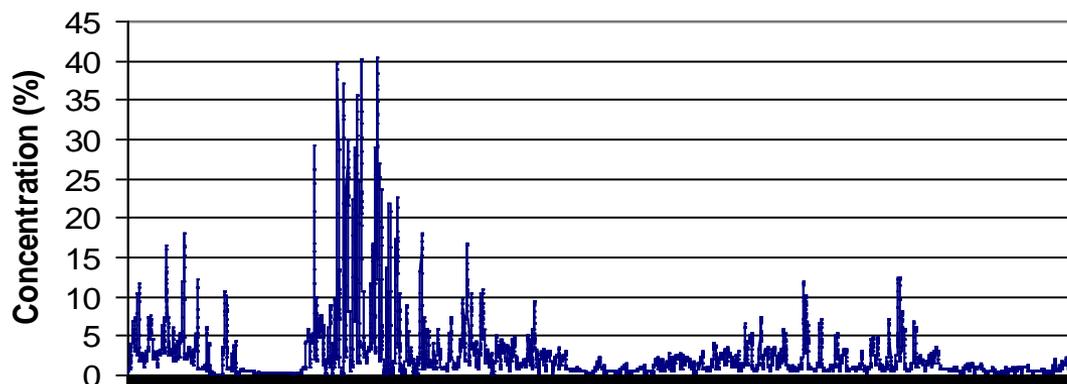
Note

### ZERO - Stream "B"

ZERO Stream B  Time Delay (sec)

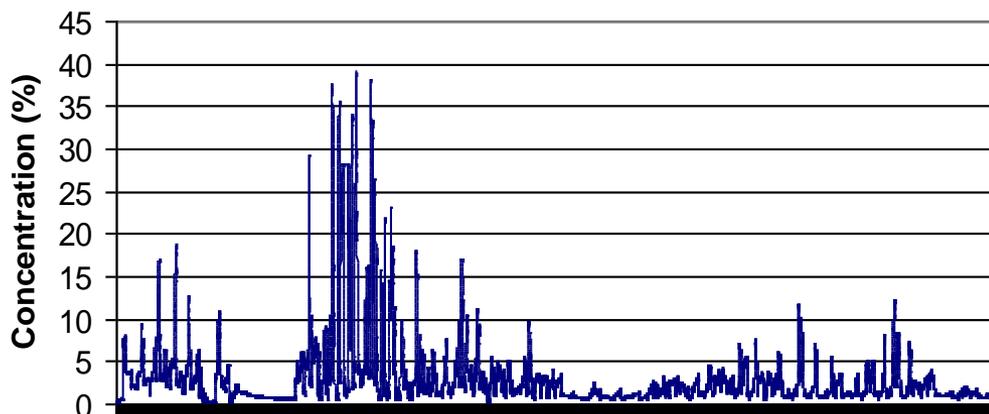
# MOD-1022 – сравнение общего количества углеводородов C<sub>1</sub> - C<sub>5</sub>

Данные за 3-дневный



Общее количество углеводородов  
График GC-TCD

**Реакция GC от 3 до 6 минут,  
газы-носители и  
дороготехническое  
обслуживание**



Общее количество углеводородов  
График Спектроскана

**Высокая корреляция между  
GC & Спектросканом**

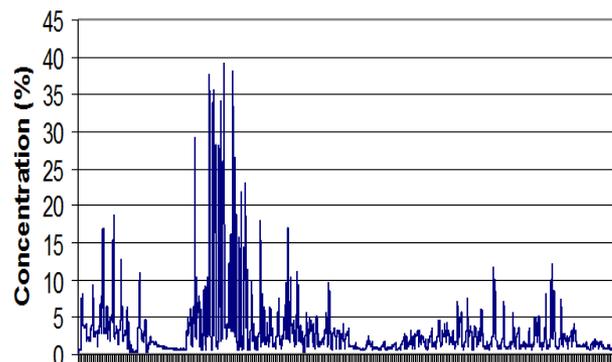
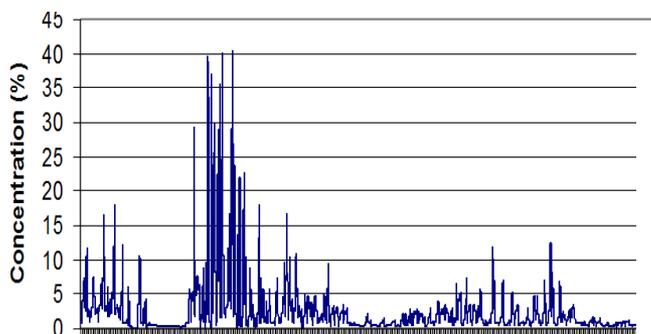
**Спектроскан анализ  
в режиме реального  
времени**



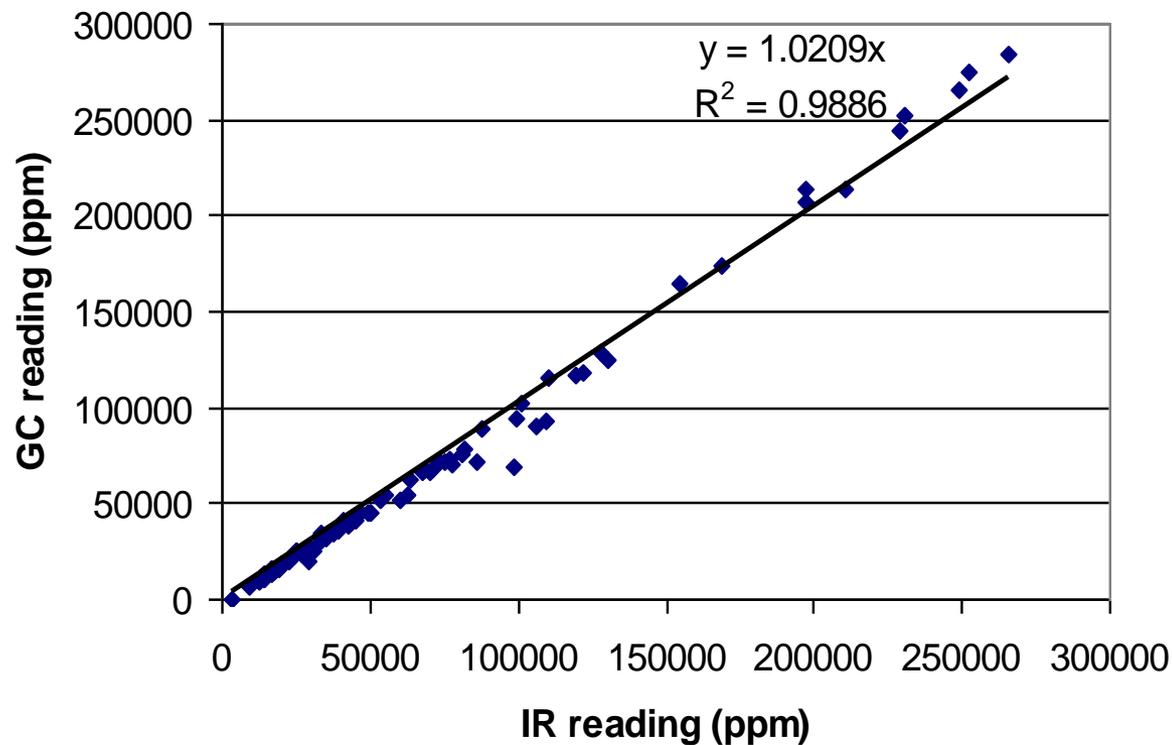
**MODCON**

# Сравнение общего количества углеводородов C<sub>1</sub> - C<sub>5</sub>

Данные за 3-дневный период



Показания IR против GC, метан

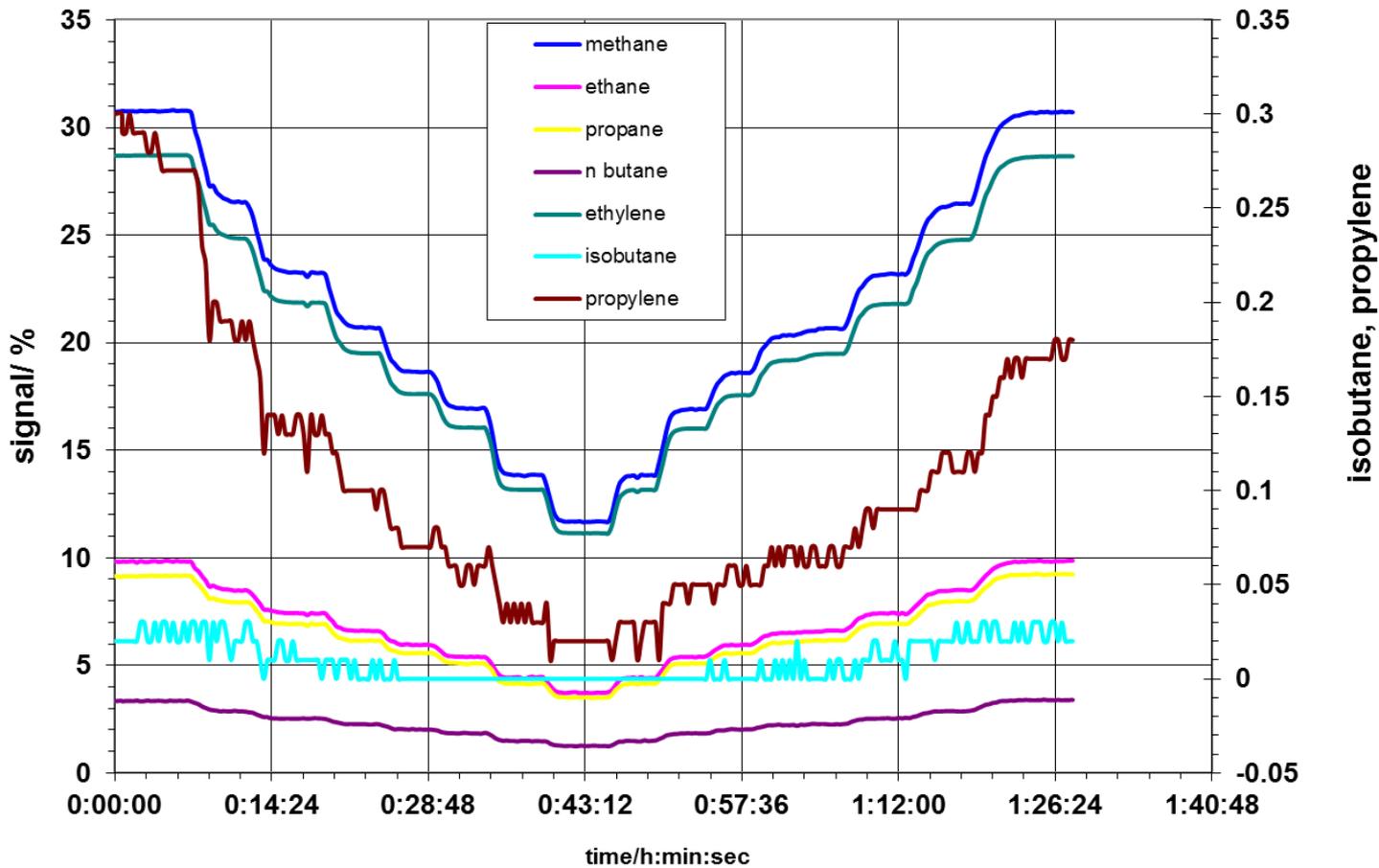


Стандартная ошибка (SE): 0,74%

# C1 - C4 алканы и этилен

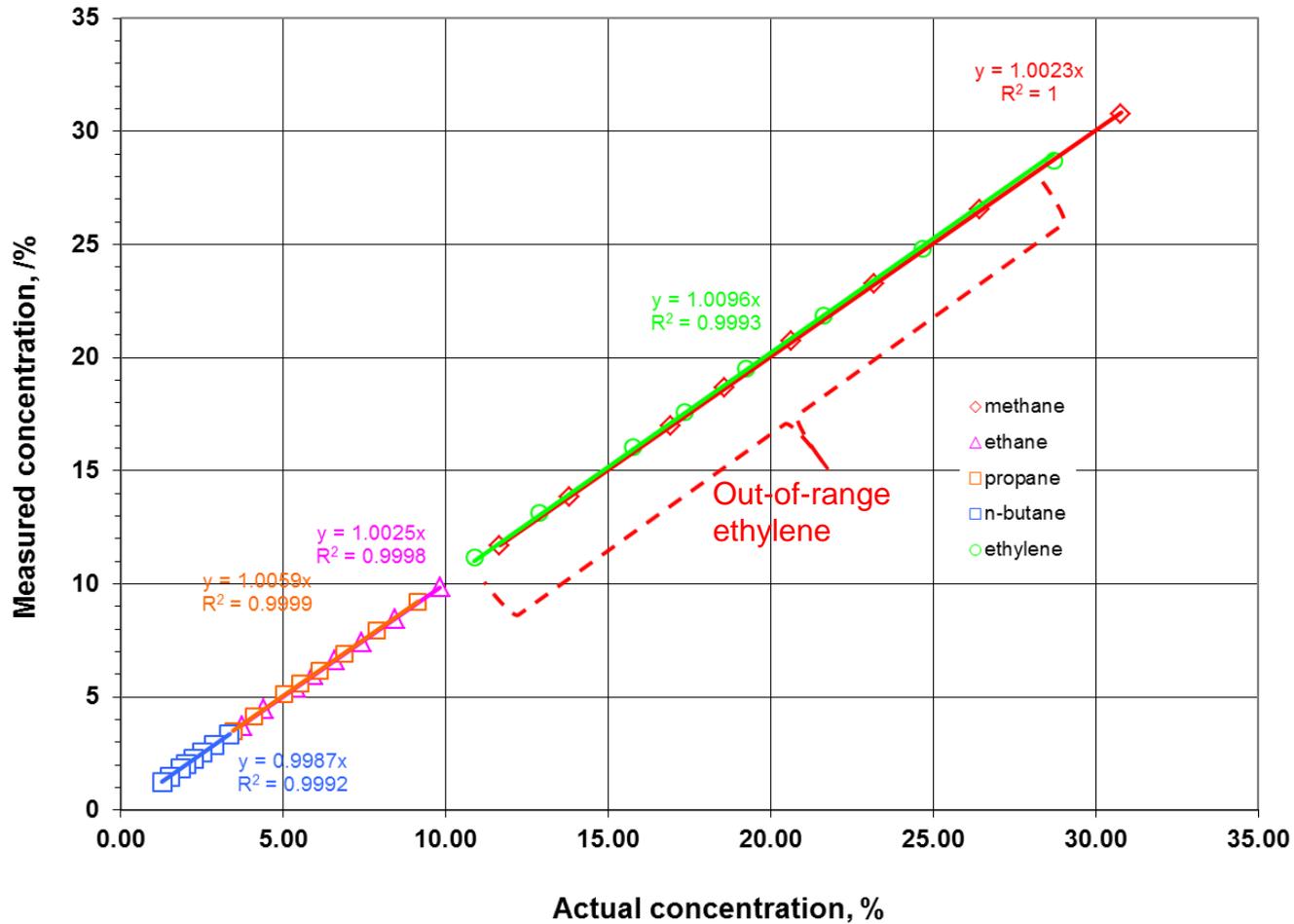
Сигнал со временем - Обзор

Mixing bottle gas 121 with nitrogen



# C1 - C4 алканы и этилен

## Линейность



# MOD-1022 – применения НРІ

- **Фракционирование природного газа**
  - Де-метанайзер и Де-Бутанайзер (верх и низ)
- **Процессы СУГ & СПГ** – несколько точек в фракционировании, кондиционирования, транспорта и процессов регенерации
- **Газы нефтепереработки** – анализ калорийности, легкий фракционный газ
- **Завод производства Этилена**
  - Анализ этана и пропана (не включая нефту)
  - Газ после процесса крекинга
  - Де-метанайзер верх и низ (так же и побочные процессы)
- **Завод производства полиэтилена**
- **Отходы газовых котлов на заводах** – калорийность и  $CH_4$
- **Хвостовой газ** с процесса Клауса (удаление  $H_2S$ ) – процессы природного газа и нефтепереработки



# MOD-1022 – Стоимость эксплуатации

Наименование	Базовая стоимость	Базовая стоимость	Примечания
Установка	GC	MOD-1022	
Стоимость анализатора	\$ 50,000.00	\$ 40,000.00	
Система отбора проб	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	
Линия пробоотбора	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	трубопровод с электрообогревом (100 feet @ \$50.00/foot)
Шкаф	\$ 60,000.00	\$ 15,000.00	8'x10' шельтер/ шкаф
Стоимость монтажа	\$ 8,000.00	\$ 4,000.00	
FAT	\$ 3,000.00	\$ 1,000.00	-
Запуск	\$ 4,500.00	\$ 1,500.00	\$1500 в день
Обучение / Пользователь	\$ 7,200.00	\$ 2,400.00	
<b>Итого</b>	<b>\$145,700</b>	<b>\$ 76,900</b>	
<b>Обслуживание</b>			
Электричество	\$ 140.00	\$ 100.00	\$0.10/KWH x 160 x 24 x 365
Воздушные коммуникации	\$ 643.00		\$0.35/MCF x 3.5 scfm x 60 x 24 x 365 \$0.35/MCF x 1.4 scfm x 60 x 24 x 365
Carrier	\$ 3,600.00		1 cyl H2 в месяц @ \$300
Калибровка	\$ 1,800.00	\$ 900.00	2 cyl at \$900
Промежуточный итог	\$ 6,183.00	\$ 1,000.00	
Тех. поддержка для GC	\$ 12,480.00		4 ч / нед @ 52 нед @ \$60
Тех. поддержка для SpectraScan		\$ 2,000.00	48 ч / год @ \$60
Промежуточный итог	\$ 12,480.00	\$ 2,000.00	
Зап. части для GC	\$ 2,500.00		5% в год
Зап. части для SpectraScan		\$ 650.00	Замена ИК-источника
Промежуточный итог	\$ 2,500.00	\$ 650.00	
<b>Затраты за год</b>	<b>\$21,163</b>	<b>\$3,650</b>	

# Пользователи MOD-1022

- BASF Германия – Опытная установка
- BP Германия и Великобритания – Природный газ
- Lyondellbasell Огайо – Анализ факельной стойки
- Shell Калифорния – Пропан / пропиленовый разделитель, фракционирование C4
- Saudi Aramco, Саудовская Аравия – Природный газ
- Gasco, Абу-Даби (Cegelec)
- Petrochina Китай – Природный газ и LPG
- Sinopec Китай – НПЗ, разделитель пропилена / пропана
- Esys Калифорния – BTU-анализ (теплота сгорания)
- PTT (Thai Oil) Таиланд Ароматикс и НПЗ– BTU-анализ (теплота сгорания)
- Dow Техас – Этан / Этилен разделитель
- POET Sioux Falls Калифорния – НПЗ
- Jiangyou LPG Китай – Природный газ
- Noviy Sad NIS/Gaspromneft- Биогаз

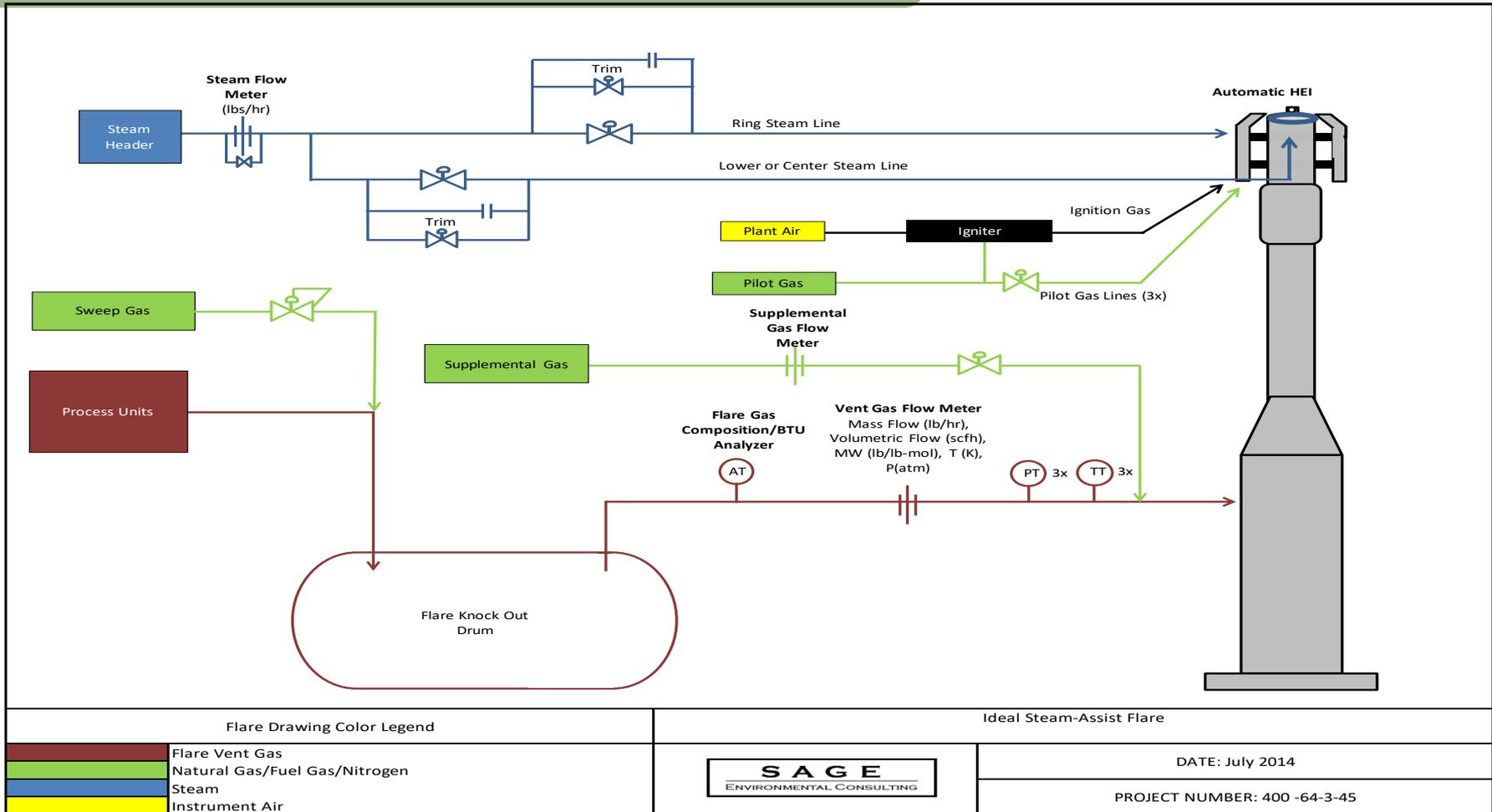


## Некоторые другие применения

- Факелы
- Синтетический газ
- Заводы по производству этилена
- НПЗ
- Перерабатывающие заводы
- .... См. конфигураций анализируемых соединений



# Идеальная паровая факельная установка – 3 расходомера и анализатор



# Факельные установки ...

- **Требования к мониторингу**
  - Мониторинг факела зажигания
  - Видимые выбросы
  - Вектор скорости наконечника факела (расходомеры)
- **Эксплуатационные ограничения**
  - Низшая теплотворная способность в зоне горения
  - Параметр разбавления низшей теплотворной способности



# Рецептуры- Факельные установки

	"242" – Трубопровод NG	162 – Полипропиленовый факел	155 – ***
	<p> <math>\text{CH}_4</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_2\text{H}_6</math>: 0 – 25%  <math>\text{C}_3\text{H}_8</math>: 0 – 25%  <math>i\text{C}_4\text{H}_{10}</math>: 0 – 10%  <math>n\text{C}_4\text{H}_{10}</math>: 0 – 10%                      Total C5: 0 – 5%  <math>\text{CO}_2</math>: 0 – 20%                 </p>	<p> <math>\text{CH}_4</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_2\text{H}_6</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_3\text{H}_8</math>: 0 – 100%  <math>i\text{C}_4\text{H}_{10}</math>: 0 – 10%  <math>\text{C}_2\text{H}_4</math>: 0 – 100%  <math>i\text{C}_5\text{H}_{12}</math>: 0 – 10%                      1-butene: 0 – 10%                      cis-2-butene: 0 – 10%                      trans-2-butene: 0 – 10%                      iso-butylene: 0 – 10%                      1-hexene: 0 – 10%                      n-hexane: 0 – 10%                 </p>	<p> <math>\text{CH}_4</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_2\text{H}_6</math>: 0 – 25%  <math>\text{C}_3\text{H}_8</math>: 0 – 25%  <math>i\text{C}_4\text{H}_{10}</math>: 0 – 50%  <math>\text{C}_3\text{H}_6</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_2\text{H}_4</math>: 0 – 100%  <math>\text{C}_2\text{H}_2</math>: 0 – 30%  <math>i\text{C}_5\text{H}_{12}</math>: 0 – 10%                      1-butene: 0 – 20%                      cis-2-butene: 0 – 20%                      trans-2-butene: 0 – 20%                      iso-butylene: 0 – 20%                      1,3-butadiene: 0 – 20%                 </p>



# Рецептуры – Природный газ

Май 20, 2016			-242	-242B
	Клиент		в широких пределах Природ. газ	Малая погрешность Природ. газ
			8	8
CH4	Диапазон		0-100%	50 - 100%
C2H6	Диапазон		0-25%	0-20%
C3H8	Диапазон		0-25%	0-10%
iC4H10	Диапазон		0-10%	0-5%
nC4H10	Диапазон			0-5%
nC4 + nC5	Диапазон		0-10%	
C3H6	Диапазон			
C2H4	Диапазон			
C2H2	Диапазон			
iC5 + neoC5	Диапазон		0-10%	
СуммарныйC5	Диапазон			0-2%
Изопентан-C5H12	Диапазон			
1-бутен	Диапазон			
цис-бутен-2	Диапазон			
транс-бутен-2	Диапазон			
Изобутилен	Диапазон			
1,3 Бутадиен (C4H6)	Диапазон			
1-гексен	Диапазон			
н-Гексан	Диапазон		0-5%	0-2%
H2S	Диапазон			
H2O	Диапазон			
CO	Диапазон			
CO2	Диапазон		0-20%	0-20%
CH3OH (Метанол)	Диапазон			
C2H6O (Этанол)	Диапазон			
C2H3Cl (Винилхлорид)	Диапазон			
TCE (Трихлорэтилен)	Диапазон			
Этилендихлорид	Диапазон			
Баланс (= 100% -Суммирование)	Диапазон		Да	Да
Удельный вес			Да	Да
CV (по ISO 6976:1995)			Да	Да
Wobbe (по ISO 6976:1995)			Да	Да



**MODCON**

# Рецептуры–LNG иLPG

	-152	-159	-165
	LNG #1	LPG	LNG #2
	6	5	4
CH4	0-100%		
C2H6	0-25%	0-25%	
C3H8	0-25%	0-100%	0-5%
iC4H10	0-10%	0-100%	0-100%
nC4H10			
nC4 + nC5			0-100%
C3H6			
C2H4			
C2H2			
iC5 + неоC5	0-10%	0-10%	0-10%
СуммарныйC5			
Изопентан-C5H12			
1-бутен			





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**



**MODCON**