

**ЗАВОД ПО  
ПРОИЗВОДСТВУ  
ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ  
СМЕСЕЙ ИЗ МЕТАНА И  
БИОГАЗА МЕТОДОМ  
ПИРОЛИЗА**



[WWW.BRKTECHNOLOGIES.CZ](http://WWW.BRKTECHNOLOGIES.CZ)

[WWW.ACTROM.CZ](http://WWW.ACTROM.CZ)

VERSION 1.3 // 03.05.2023

**IN:** CH<sub>4</sub> + [CO<sub>2</sub>]

**OUT:** H<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + (↘ CO<sub>2</sub>) + C↓

Завод по производству водородсодержащих смесей из метана и биогаза методом пиролиза.

Установка позволяет производить **водород методом пиролиза метана** в индукционном реакторе без выбросов CO<sub>2</sub>, снижать содержание CO<sub>2</sub> в исходном биогазе, готовить хроматографически верифицируемые водородсодержащие смеси.

Процесс представляет из себя термодинамически более выгодную альтернативу блендированию водорода, полученного электролизом, в трубопроводную сеть. Обеспечивает прямое приготовление газовой смеси в результате термического процесса.

Конструкция промышленной установки предусматривает легкую замену катализаторов и ингибиторов, а также устранение из процесса твердого углерода, являющегося продуктом пиролиза метана.

При работе на биогазе установка позволяет снижать содержание CO<sub>2</sub> в исходной смеси за счет реакции Сабатье, что делает процесс углерод-негативным.

Система позволяет получать водородсодержащие газы (ВСГ), выделять чистый водород из ВСГ, готовить ВСГ заданного качества из сепарированных фракций.



## Natural gas processing

Methane Pyrolysis for CO<sub>2</sub>-Free H<sub>2</sub> Production



## Products

Green Hydrogen



Hydrogen-enriched methane gas of GC-verified stable quality with no further methanation required. CO<sub>2</sub> reduction in feedstock gas.

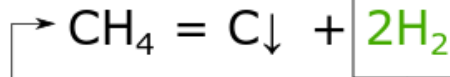


Carbon black

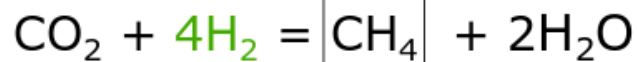


## Biogas processing

Methane Pyrolysis for CO<sub>2</sub>-Free H<sub>2</sub> Production



Sabatier reaction



## Products

Hydrogen-enriched methane gas of GC-verified stable quality with no further methanation required. CO<sub>2</sub> reduction in feedstock gas.



Carbon black



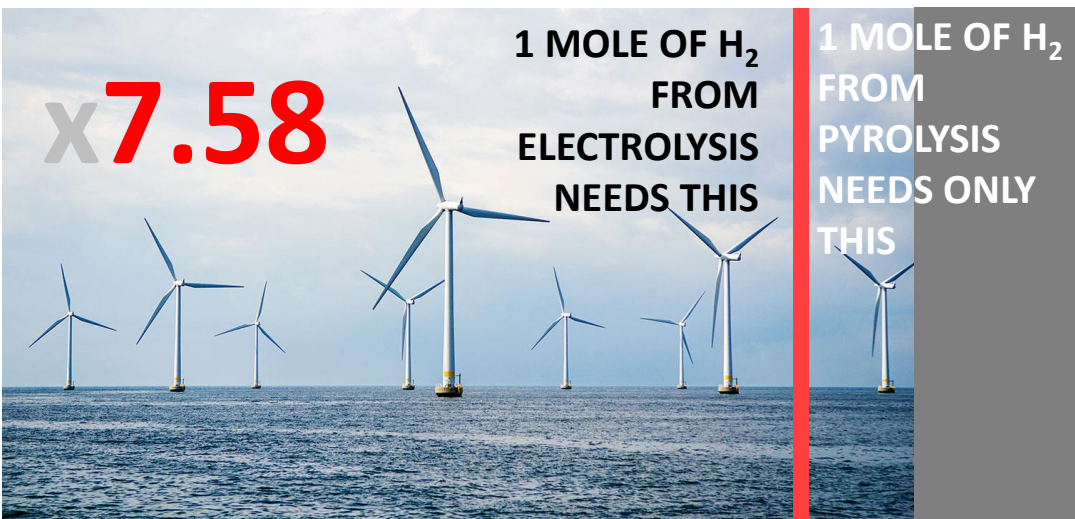
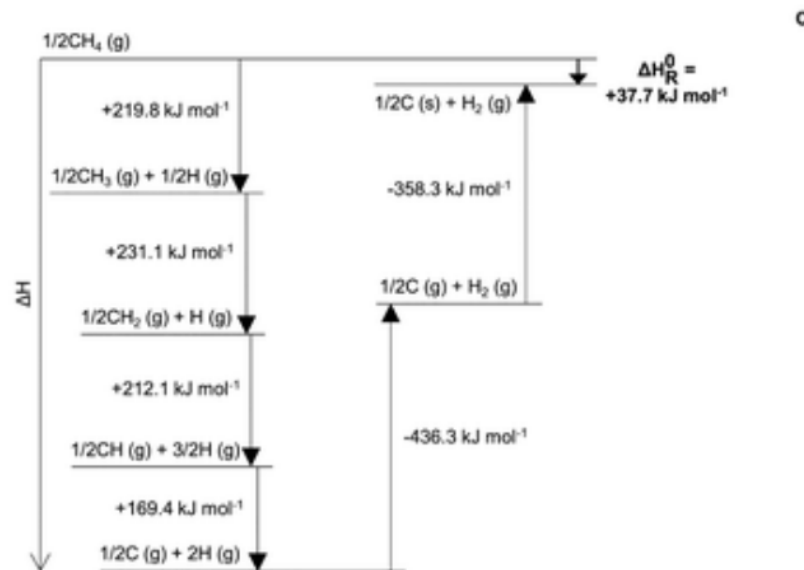
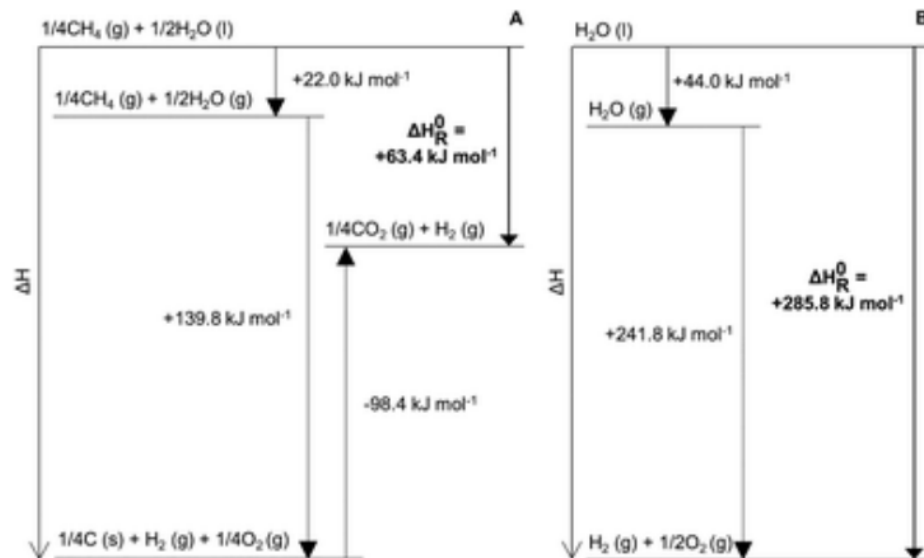
# ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ



Пиролиз метана является более термодинамически выгодным способом производства водорода, чем электролиз воды.

Энергозатраты на производство 1 моль водорода:

- Паровой риформинг: **63** кДж/моль
- Электролиз: **286** кДж/моль
- Пиролиз: **38** кДж/моль



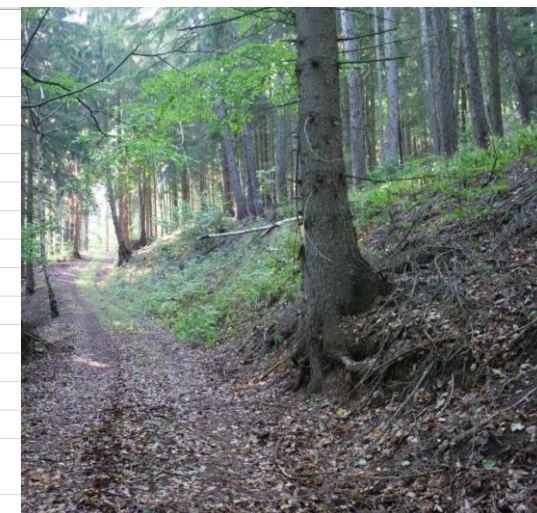
## ЭФФЕКТ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГАЗА

При 10% концентрации водорода в метановой смеси эмиссии сокращаются на 75 г CO<sub>2</sub> на каждый кубический метр использованного топливного газа.

Концентрация CO<sub>2</sub> в исходном биогазе снижается с 30% до 15% за счет реакции Сабатье, что делает процесс углерод-негативным.

Калорийность газа увеличивается.

Input gas			Planned change, %	Output gas			kg/J20
Component	Concentration	Unit		Component	Concentration	Unit	
Methane	60.28	% mol.		Methane	66.25	% mol.	0
Ethane	1.70	% mol.		Ethane	1.53	% mol.	0
Propane	0.33	% mol.		Propane	0.30	% mol.	0
n-Butane	0.08	% mol.		n-Butane	0.07	% mol.	0
i-Butane	0.06	% mol.		i-Butane	0.05	% mol.	0
n-Pentane	3.00	% mol.		n-Pentane	2.70	% mol.	0
i-Pentane	2.00	% mol.		i-Pentane	1.80	% mol.	0
neo-Pentane	1.00	% mol.		neo-Pentane	0.900	% mol.	0
Hexane	0.05	% mol.		Hexane	0.05	% mol.	0
Carbon dioxide	30.00	% mol.	-12	Carbon dioxide	15.00	% mol.	0
Nitrogen+Oxygen	1.50	% mol.		Nitrogen+Oxygen	1.35	% mol.	0
Hydrogen	0.00	% mol.	10	Hydrogen	10	% mol.	10.7856
Parameter	Value	Unit		Parameter	Value	Unit	Δ, %
Calorific value (vol., sup., 25/20)	32.785	MJ/m3		Calorific value (vol., sup., 25/20)	35.137	MJ/m3	7.18
Volume (total)	1	nm3		Volume (total)	1	nm3	0.93
Moles (@20C)	41.57			Moles (@20C)	41.57		
CO2 content after combustion	39.72	moles		CO2 content after combustion	40.73	moles	2.56
	0.9553	nm3			0.97977	nm3	
	1747.9	g			1792.6	g	
				Volume compensated	1672.61	g	-4.31



Capacity		
	1,200	nm3/day
CO2 economy, g/1m3		CO2 economy (total), kg
	75	90.30

## МОДУЛИ

### Индукционный пиролизный реактор



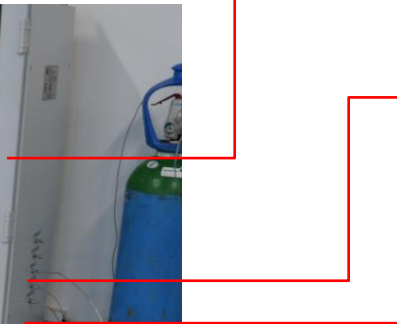
### Система закаливания и охлаждения газа



### Система потокового хроматографического анализа

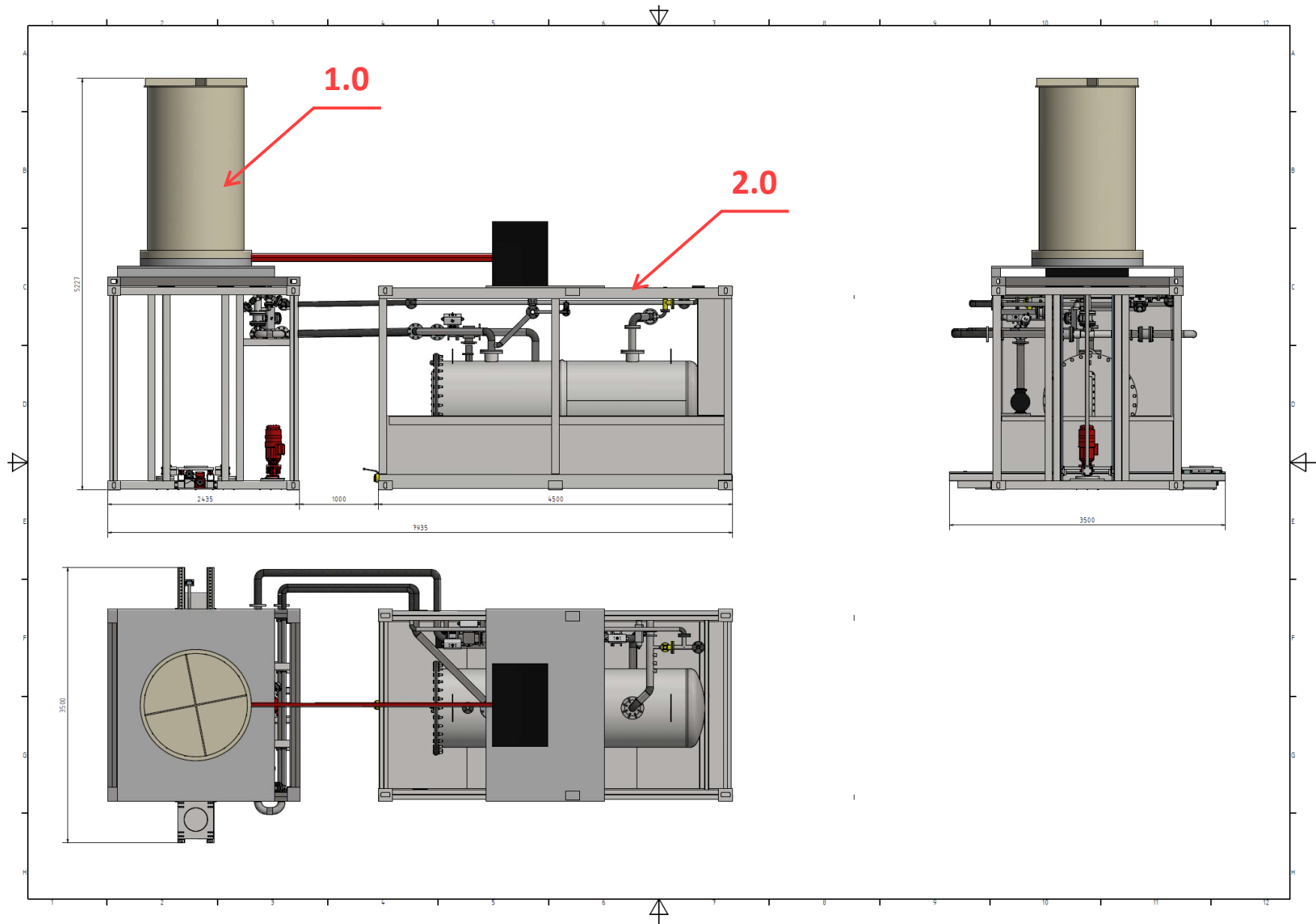


### Система осушки, компримирования, сепарации и смешивания газа



# 1.0 ПИРОЛИЗНЫЙ МОДУЛЬ

# 2.0 МОДУЛЬ ЗАКАЛКИ



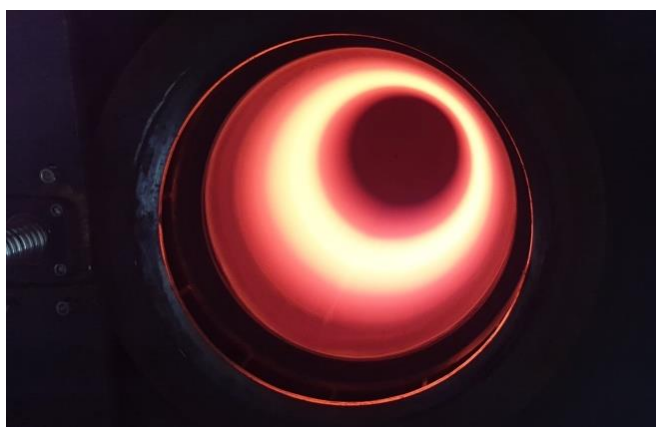
## ПИРОЛИЗНЫЙ МОДУЛЬ

Пиролиз метана происходит в реакторе с индукционным нагревом в восстановительной атмосфере при температуре от 750 до 1000°C.

Реактор представляют собой систему газонепроницаемых сосудов цилиндрической формы из нержавеющей стали в керамической изоляции с системой индукционного нагрева и термостатирования.

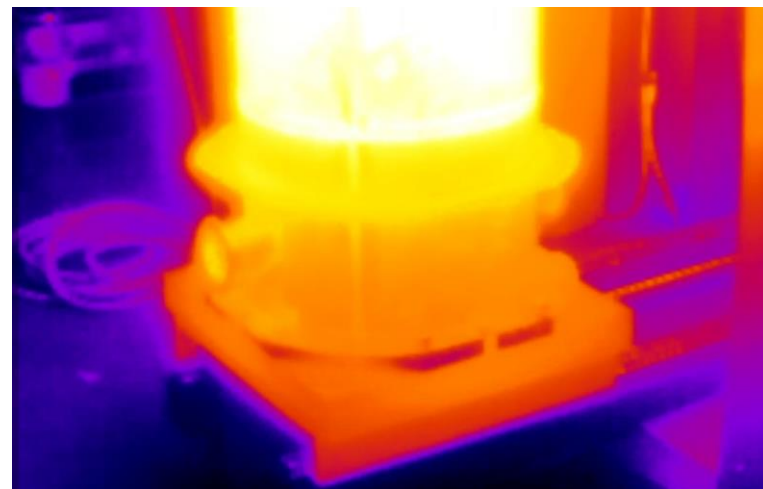
Реакторный патрон с системой подачи и фиксации предусматривает легкую замену катализаторов, ингибиторов и устранения из процесса твердого углерода.

		Ед. Измерения	Кол-во
1.0	Пиролизный модуль		
1.1	индукционная установка (мощность: 70 КВА, габаритные размеры: 1050x820x916 мм, диапазон: КГц)	шт.	1
1.2	индуктор (внутренний диаметр: 620 мм, медь, профиль 32x20x3 мм, высота: 1900 мм)	шт.	1
1.3	система водяного охлаждения индуктора	комплект	1
1.4	система водяного охлаждения индукционной установки	комплект	1
1.5	купольный реактор с керамической изоляцией (температура 750 - 1000C)	комплект	1
1.6	реакторный патрон (габариты для загрузки катализаторов: высота 1670 мм, диаметр 444 мм, полезный объем 258 л)	шт.	2
1.7	система подачи и фиксации реакторного патрона	комплект	1



## Параметры реактора

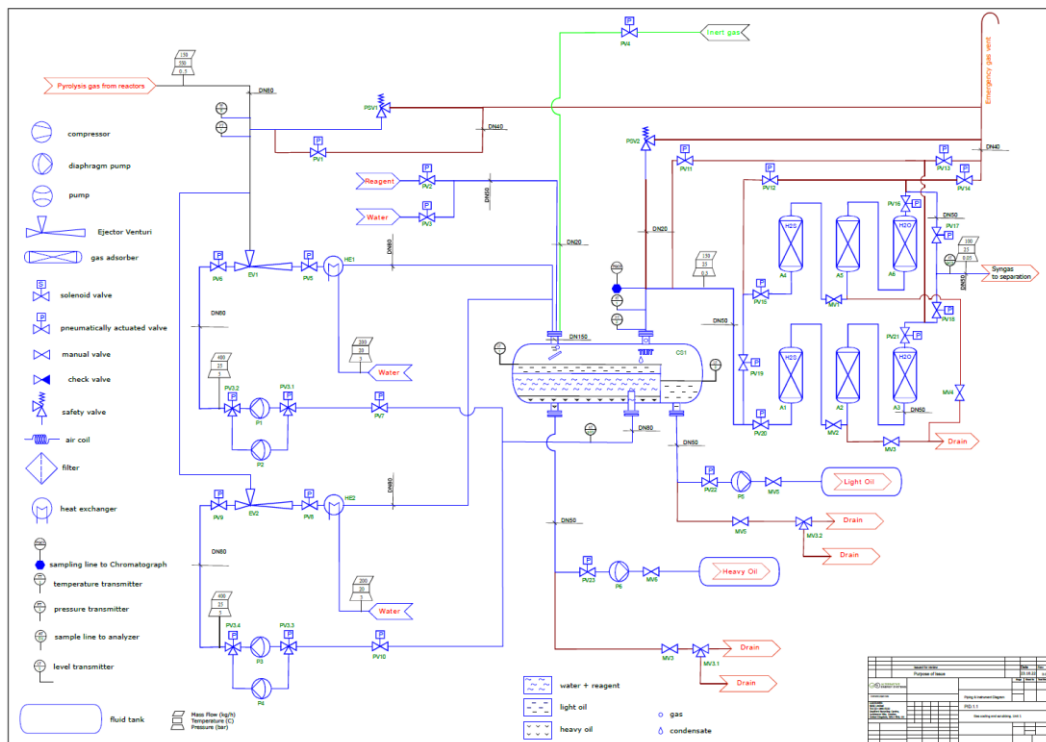
Мощность индукционного реактора (кВт)	80
Максимальная температура в зоне реактора, °C	1000
Максимальная производительность по водороду (кг/ч)	До 15
Максимальная производительность по метану (кг/ч)	До 60
Высота (м)	1,67
Внутренний диаметр (м)	0,44
Внутренний объем (м <sup>3</sup> )	0,26



## Система закаливания и охлаждения газа



Система обеспечивает эффективное контактное охлаждение пиролизного газа, отведение воды, являющейся продуктом реакции Сабатье, предотвращает образование нежелательных компонентов газовой смеси.



## Система осушки, компримирования, сепарации и смешивания газа

Система обеспечивает осушку, сепарацию (опционно), смешивание (при необходимости подмешивания газа из внешних источников), и компримирование газа для хранения при давлении до 200 бар.

Может напрямую использоваться в качестве внутрифирменной H<sub>2</sub>-CNG-заправочной станции.



# ПРОМЫШЛЕННЫЙ ГАЗОВЫЙ ХРОМАТОГРАФ

Предназначен для определения компонентного состава продуктов пиролиза природного газа в автоматическом потоковом режиме с последующим расчетом их физико-химических показателей.

Flammable Components		
Component		Molar concentration, %
H <sub>2</sub> 2.016	Hydrogen	1.660124
CH <sub>4</sub> 16.042	Methane	56.926792
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 26.04	Acetylene	0.049106
CO 28.01	Carbon monoxide	0.000000
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 28.052	Ethylene	13.113622
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 30.068	Ethane	6.151433
H <sub>2</sub> S 34.076	Hydrogen sulfide	0.000000
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> 40.065	Propadiene	0.010464
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> 42.078	Propylene	5.631370
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 44.094	Propane	1.196340
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> 56.104	Butenes	4.972113
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 58.12	i-Butane	0.341992
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 58.12	n-Butane	0.146875
C <sub>5</sub> + 72.05	Pentanes+	1.631251
Subtotal Flammable Components		91.83%

Non-flammable Components		
Component		Molar concentration, %
H <sub>2</sub> O 18.016	Water	0.040090
N <sub>2</sub> 28.02	Nitrogen	0.000000
O <sub>2</sub> 31.998	Oxygen	1.714311
CO <sub>2</sub> 44.01	Carbon dioxide	6.895570
Subtotal Non-Flammable Components		8.65%

## Energy



Mass calorific value (MJ/kg)



Volume calorific value (MJ/m<sup>3</sup>)



Wobbe index (MJ/m<sup>3</sup>)

## Parameters



Methane number



Molecular weight (kg/kmole)



Water Dew-Point (°C)

## Density

Relative density

Density (kg/m<sup>3</sup>)

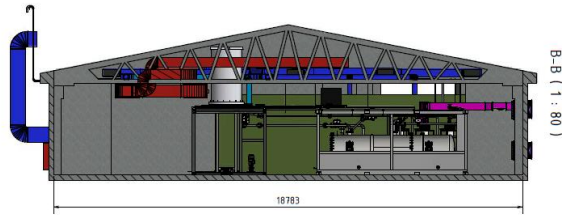
Compression factor



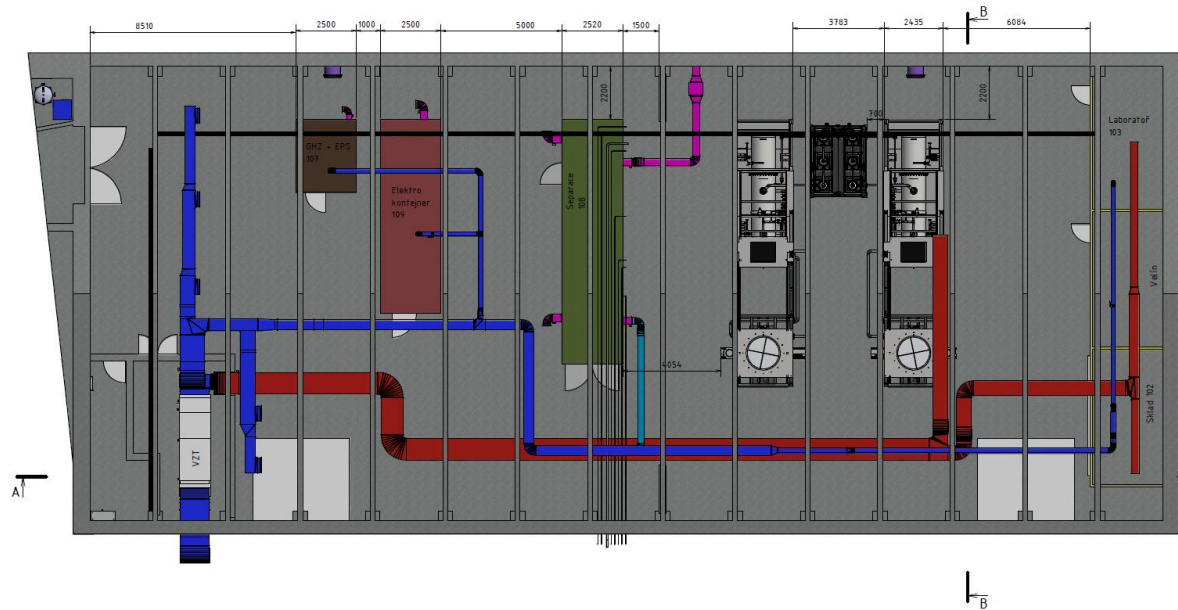
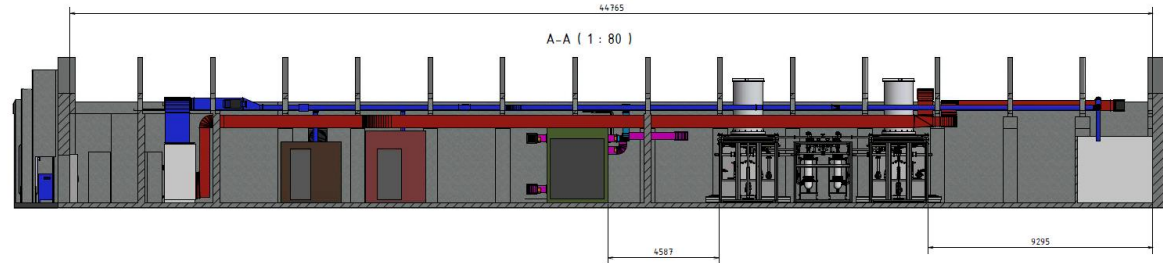
## Особенности

- ✓ До 6 анализируемых потоков (входное сырье, продукты пиролиза, очищенный водород, побочные продукты и др.)
- ✓ Удаленный доступ к результатам измерения и настройкам комплекса через WEB-интерфейс.

# Пример планировочного решения



B-B (1 : 80)



# ПИРОЛИЗНЫЙ ЗАВОД В ВЛКОШЕ, ПШЕРОВ, ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА



Chemical Formula	Icon	Value 1	Value 2	Value 3
$CH_3Cl$				
$C_2H_4O$				
$C_2H_6$				
$C_2H_4$				
$C_2H_2$				
$C_2H_2O_2$				
$CO_2$				
$C_2H_4O$				
$C_2F_4$				
$N_2O_3$				
$AsH_3$				
$C_2H_6$				
$C_2H_4N_2$				
$C_2H_4O_2$				
$C_2H_6O_2$				
$C_2H_6$				

