

Перспективы применения метано-водородного топлива в газовой промышленности

О.Е.Аксютин, А.Г.Ишков, ОАО «Газпром»
В.Г.Хлопцов, В.А.Казарян, ООО «Подземгазпром»,
А.Я.Столяревский, Центр КОРТЭС

доклад
на XX Ежегодном Международном конгрессе
«Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи»
г. Иркутск, 23-26 августа 2011 г.

МВС в газотурбинной технике

УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ

44,0 млн. кВт

ГАЗОТУРБИННЫЙ ПАРК (37,7 млн. кВт)

Мощность (единичная) ГПА, МВт	до 8	16	25	Всего
Установленная мощность, %	12,2	41,2	13,3	100
К.п.д. номинальный, %	24 – 30	27 – 36	28 – 39	29,0

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДОЛЯ ПРИВОДА, %



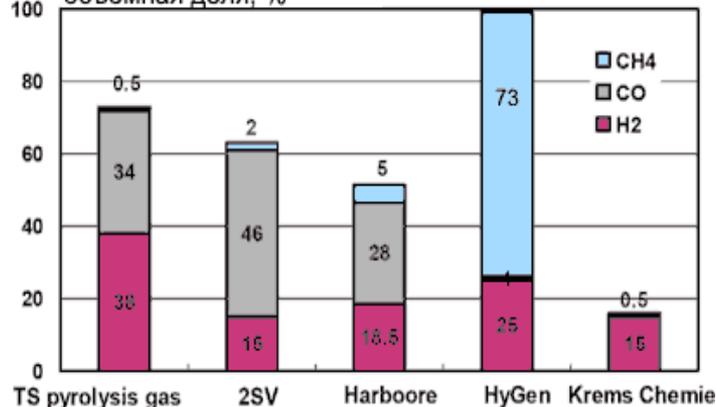
ЭМИССИЯ NOx/CO

средняя удельная 180/240 мг/м³
валовая 140/200 тыс. т/год

ЭМИССИЯ CO₂

валовая 81,5 млн. т/год

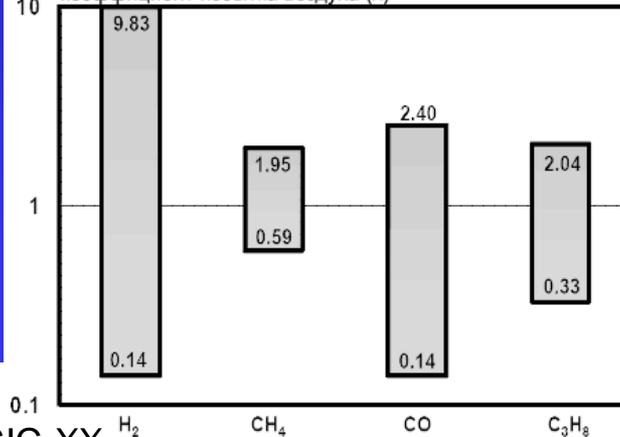
объемная доля, %



выбросы NOx, мг/м³

Технология	Выбросы NOx, мг/м ³
TS pyrolysis gas	< 70
2SV	< 100
Harboore	< 60
HyGen	< 50
Krems Chemie	< 5

коэффициент избытка воздуха (λ)



СОСТАВ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ СМЕСИ

Компонент	Влажный газ, %
CO ₂	4.04153
CO	0.41248
H ₂	16.97436
N ₂	0.19658
H ₂ O	59.85705
CH ₄	18.51800
Всего	100

Компонент	Сухой газ, %
CO ₂	10.06786
CO	1.02754
H ₂	42.28477
N ₂	0.48969
H ₂ O	0.00000
CH ₄	46.13014
Всего	100

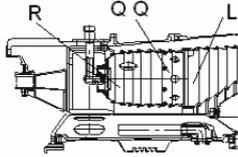
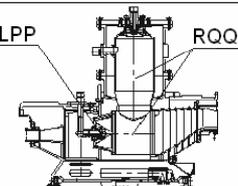
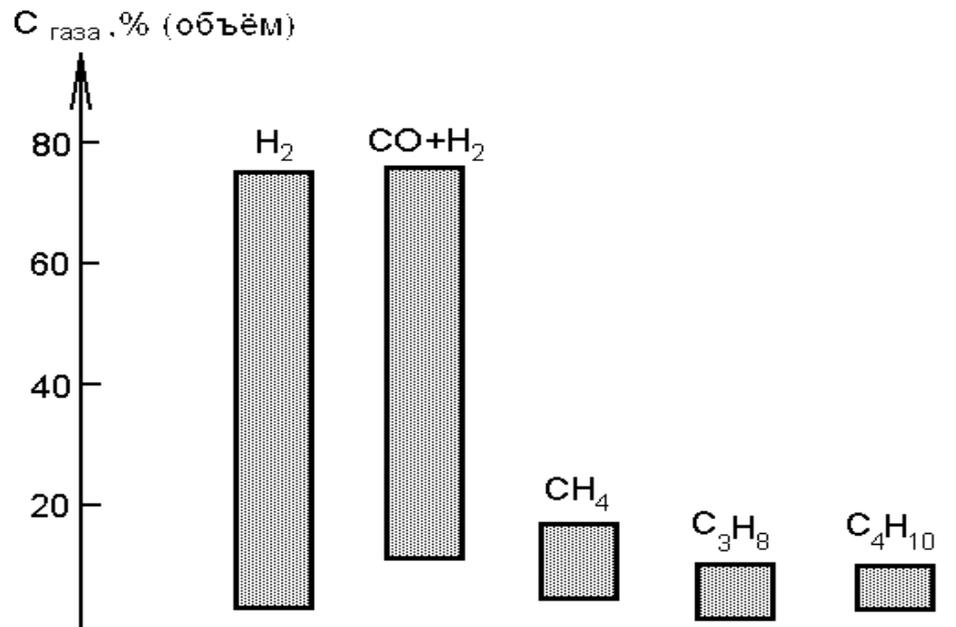
Эмиссия	Технология горения	Конфигурация камеры сгорания
NO _x = 60...40 ppm CO < 30 ppm	Камера сгорания с трехстадийной технологией горения: «богатое» горение – резкое разбавление – «бедное» горение (RQQL)	
NO _x < 40 ppm CO < 50 ppm	Комбинированное горение: «богатое» горение – резкое разбавление – «бедное» горение, переходящее в «бедное» горение предварительно перемешанной смеси (RQQL+LP)	

Рис. 3. Направления развития технологии малозмиссионного горения для ГТД ОАО «Авиадвигатель»

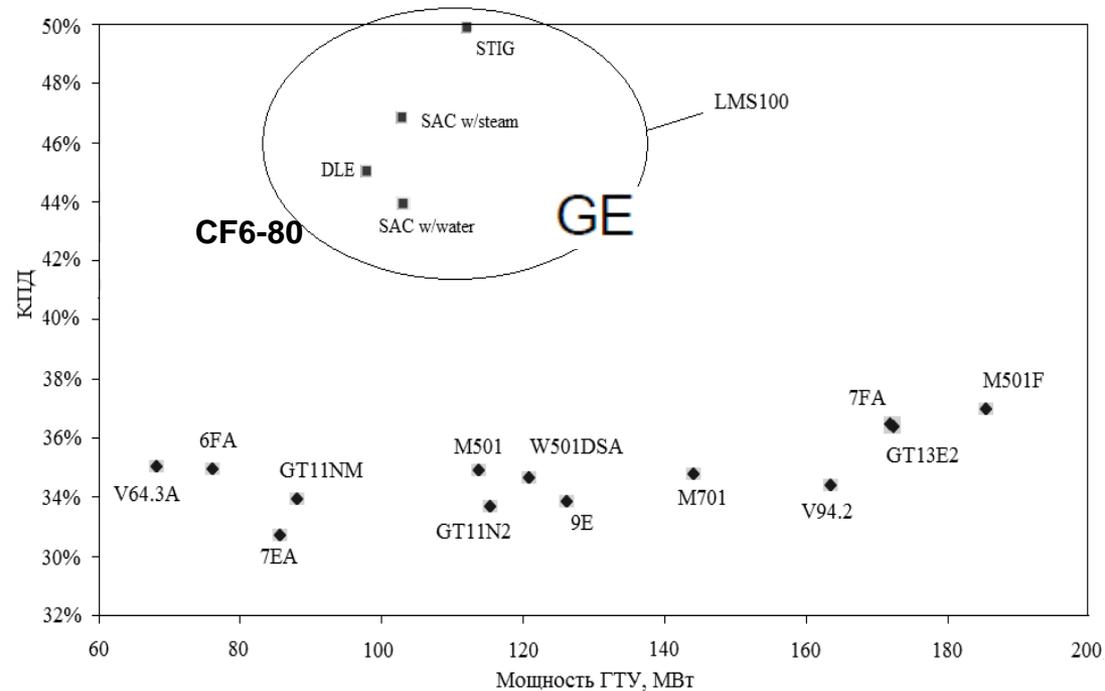
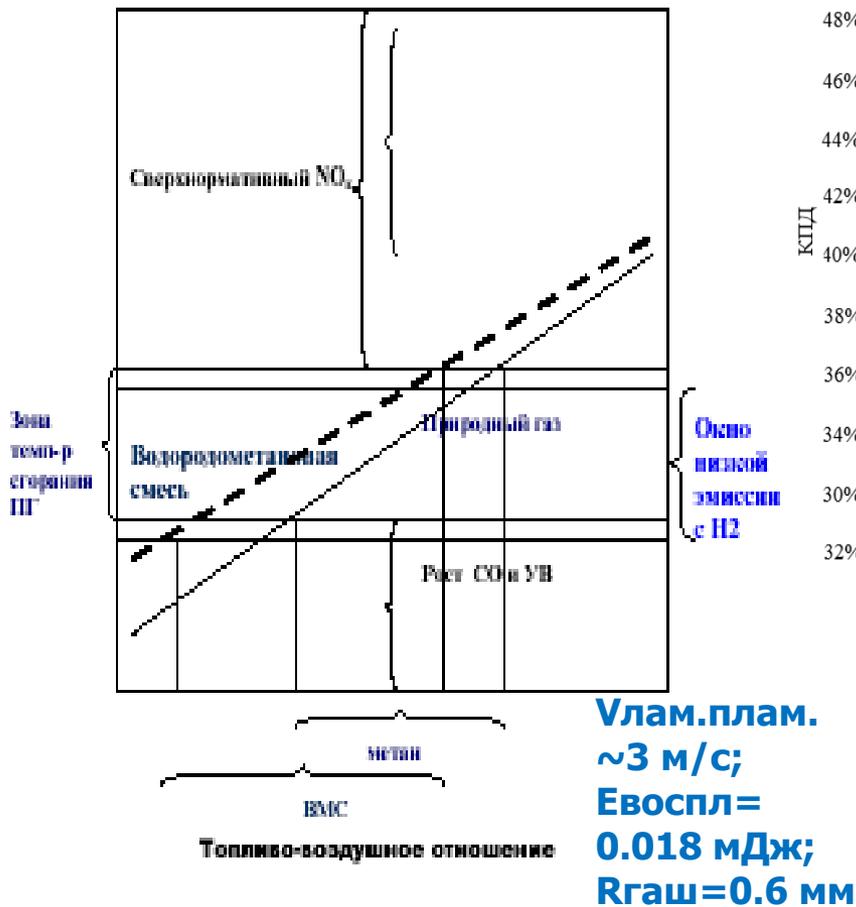
ПРЕДЕЛЫ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ СМЕСЕЙ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ С АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ



Characteristic	Hydrogen	Methane
Flame speed, cm/s	291	37
Lean flammability limit, percent of stoichiometric fuel/air ratio	13	53
Minimum quenching distance, cm	0.51	2.03

Иркутск, СТОГИС XX
24 августа 2011 г.

Альтернативы по переводу на водородное топливо



Показатели ГТУ LMS100 с различными камерами сгорания

Модель	Мощность, МВт	Удельный расход теплоты, кДж/кВт*ч	КПД, %
DLE	99	7921	45
SAC (w/water)	102,5	8247	44
SAC (w/steam)	102,2	7603	47
STIG	110,8	7263	50

Опытная установка МВС-1000 на Пермской КС по испытаниям метано-водородной смеси

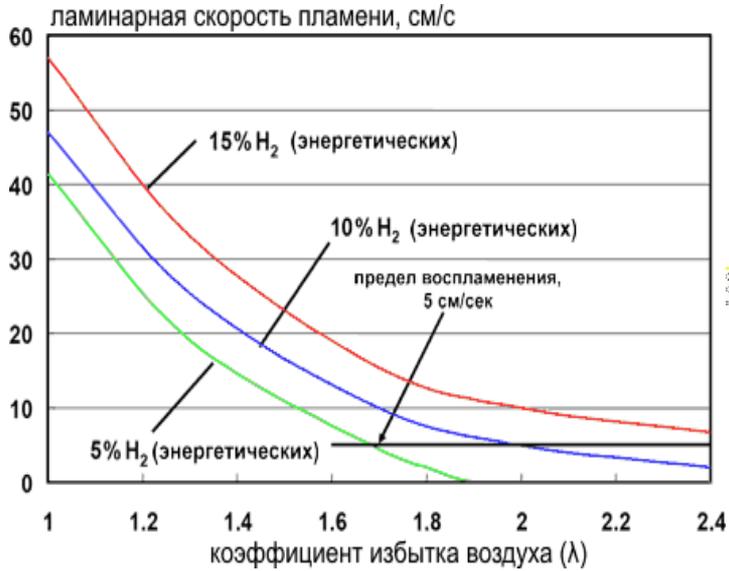
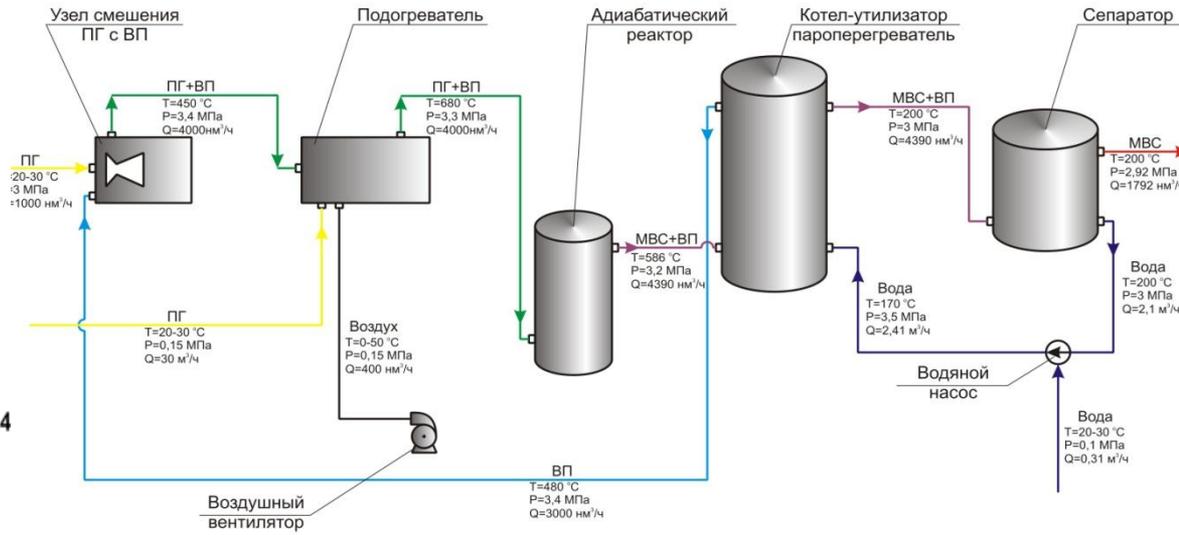
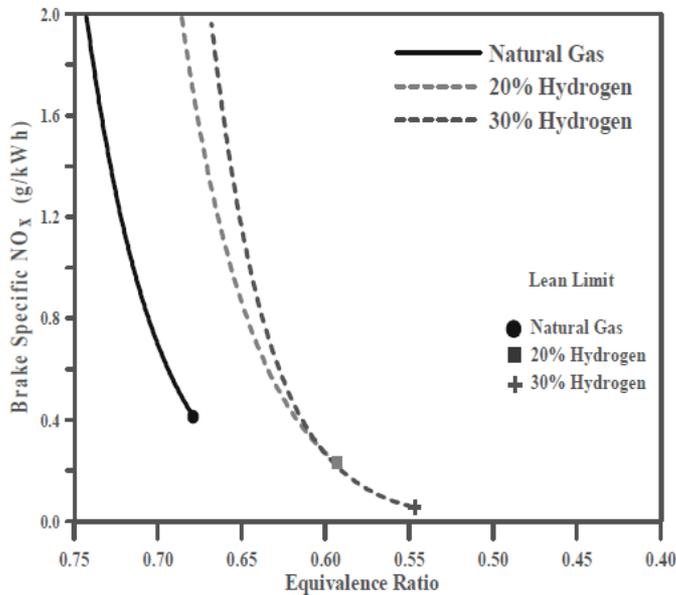


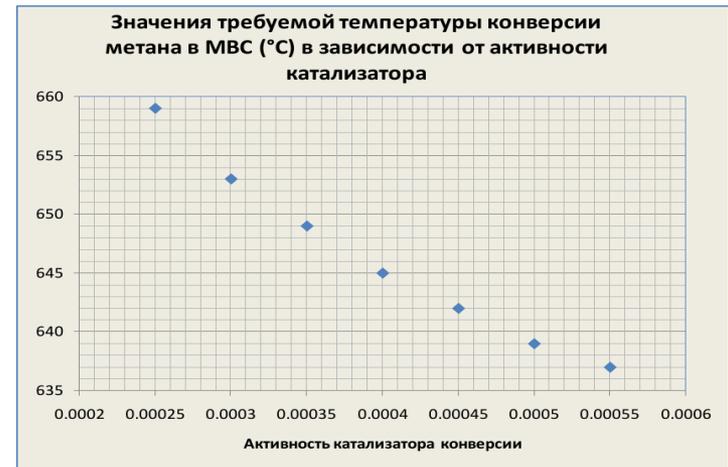
Схема установки по получению метано-водородной смеси (МВС)



ПГ - природный газ
МВС - метано-водородная смесь
ВП - водяной пар



Иркутск, СИТОГИС XX
24 августа 2011 г.



Доработка газотурбинных агрегатов для работы на МВС

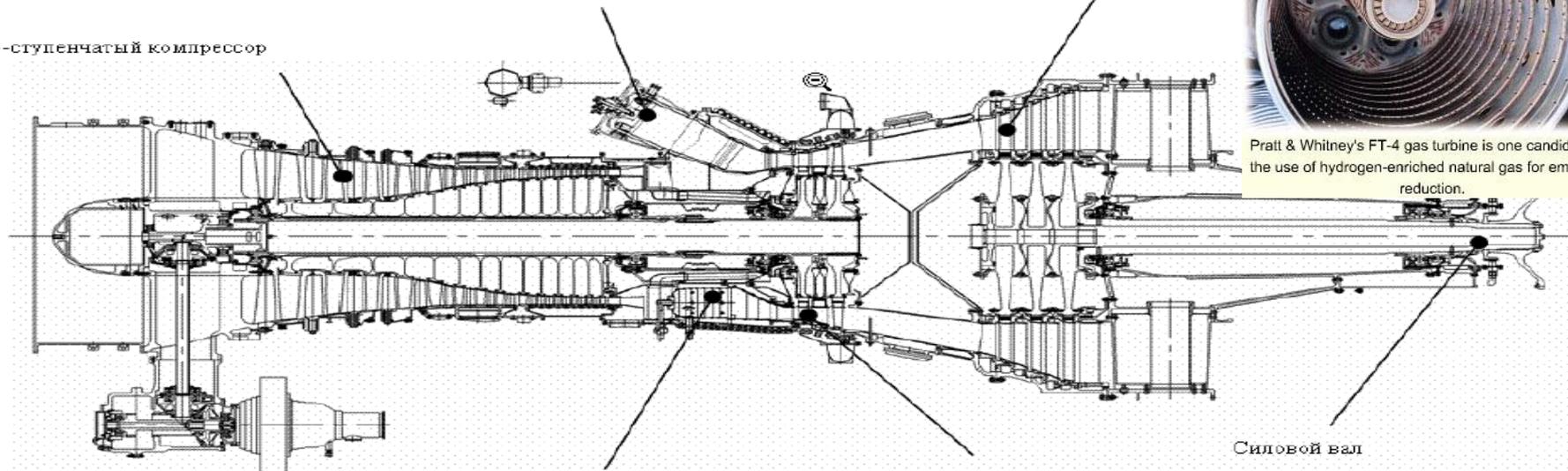
Увеличение температуры топливного газа с 130 °С до 500 °С повышает КПД ГТУ на ~10 % (отн.) или на 3 процентных пункта. Применение дозатора топливного газа на 500 °С позволяет исключить дополнительный охладитель топливного газа на входе в ГТУ.

Выполненная последующая расчетная и конструктивная проработка данного варианта показала возможность достижения мощности установки 17 МВт при работе на синтез-газе с обеспечением достаточно «горячего» выхлопа $t_{\text{ГВЫХЛ}} = 482$ °С, достаточного для выработки энергетического пара с температурой $t_{\text{П}} = 430 \dots 440$ °С.

Камера сгорания с выносными жаровыми трубами для работы на синтез-газе

3-ступ. силовая турбина

14-ступенчатый компрессор



Серийная камера сгорания для работы на природном газе

2-ступ. Турбина высокого давления

Силовой вал



Pratt & Whitney's FT-4 gas turbine is one candidate for the use of hydrogen-enriched natural gas for emissions reduction.

ГТУ с производством МВС за счёт сбросного тепла: прототипы

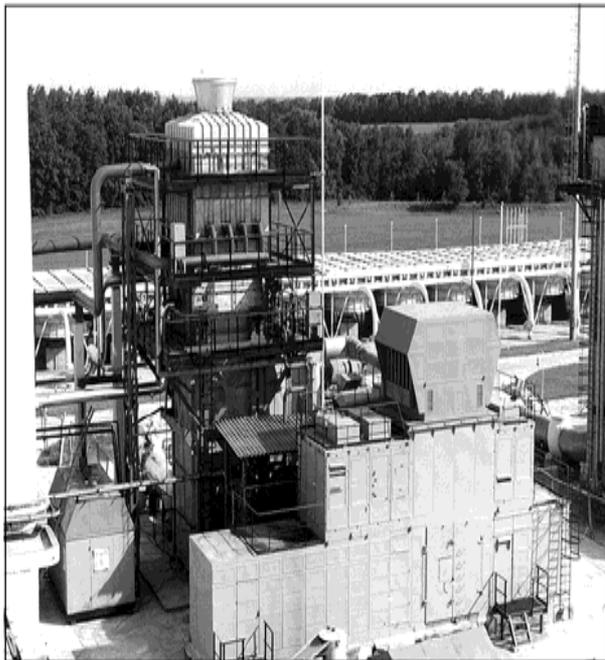
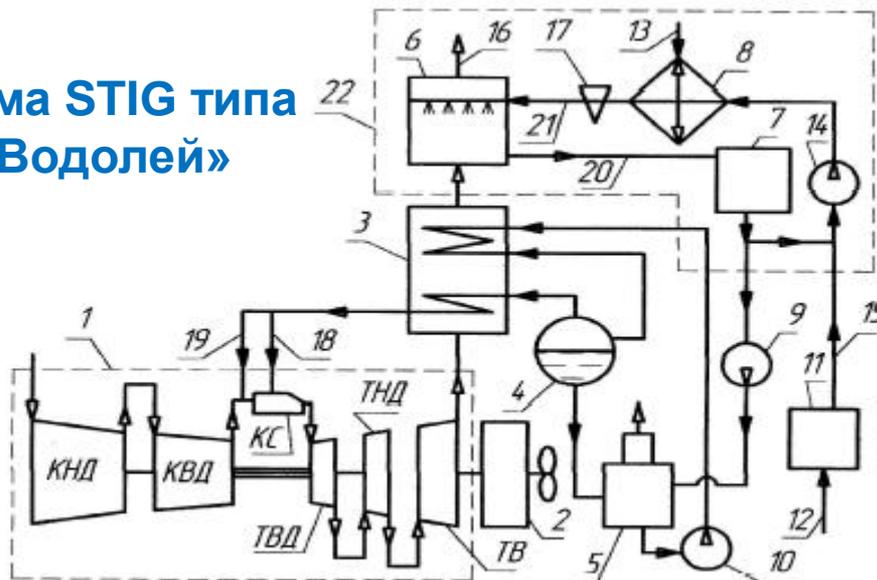


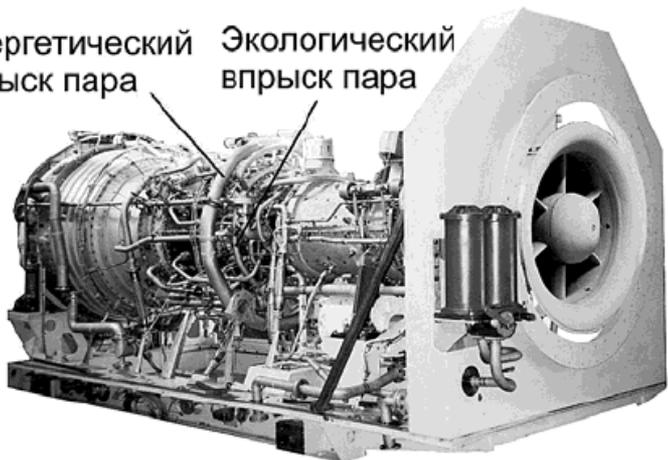
Схема STIG типа «Водолей»



Эффективно утилизировать сбросное тепло с получением в качестве топлива МВС или ПМВС высокого (до 4 МПа) давления. Помимо увеличения КПД примерно в 1.5 раза переход на МВС позволяет использовать и экологические преимущества МВС, в частности, более низкий выброс CO_2 и других вредных выбросов.

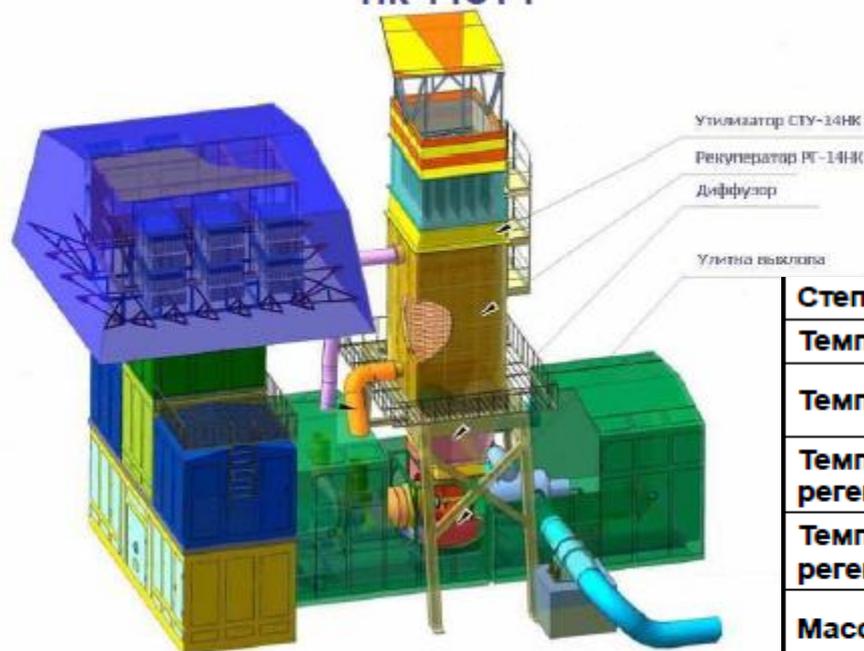
Энергетический впрыск пара

Экологический впрыск пара



Эффективные решения по теплообмену

Газовый выхлоп модернизированного газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-6,3 с двигателем НК-14СТ-Р



Разработка: Анод-ТЦ



Степень регенерации тепла	0,85
Температура воздуха на входе в регенератор, °С	312
Температура воздуха на выходе из регенератора, °С	520
Температура продуктов сгорания на входе в регенератор, °С	557
Температура продуктов сгорания на выходе из регенератора, °С	386
Масса регенератора, кг	<14000 (без изоляции)
Размер труб, мм	14x0,8
Площадь теплообменной поверхности, м²	1460
Габаритные размеры:	
Длина, мм	2300
Ширина, мм	2500
Высота, мм	6200