



Quality&Speed

Expertise

Innovation

Regionalization

# Модернизация газотурбинных установок

## Риккардо Валорози

















GE imagination at work

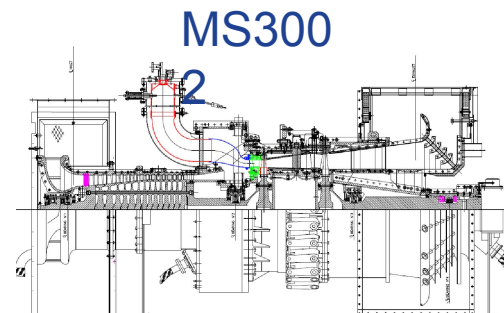
# Газотурбинные установки повышенной надежности производства компании «Дженерал электрик» для эксплуатации в нефтегазовой отрасли

- Стандартные ГТУ повышенной надежности: MS3002 / MS5001 / MS5002
- Из установок FR3 и FR5 (св. 3500 шт. в эксплуатации) 400 шт. отработали по 200.000 часов
- Программы модернизации: ~ 100 установок вырабатывают ресурс в 300.000 часов

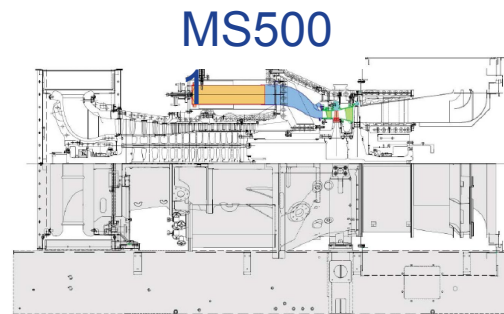
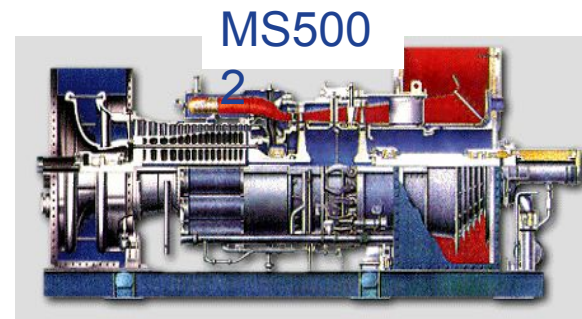
## Mechanical Drive (ISO conditions - natural gas - shaft output)

		ISO RATED POWER		HEAT RATE		EFFIC. %	PRESSURE RATIO	EXHAUST FLOW		TURBINE SPEED RPM	EXHAUST TEMPERATURE	
		kW	shp	kJ/MWh	btu/shp-h			kg/sec	lbs/sec		°C	°F
	GE10-2	11,982	16,068	10,822	7,651	33.3	15.5	46.7	103.0	7,900	480	896
	PGT16	14,240	19,096	9,924	7,016	36.3	20.2	47.3	104.3	7,900	491	916
	PGT20	18,121	24,300	9,867	6,975	36.5	15.7	62.6	137.9	6,500	475	887
	PGT25	23,266	31,200	9,548	6,750	37.7	17.9	68.9	151.9	6,500	525	976
	PGT25+	31,372	42,070	8,751	6,187	41.1	21.5	84.3	185.8	6,100	500	932
	PGT25+G4	34,302	46,000	8,719	6,162	41.2	23.8	89.6	197.7	6,100	510	950
	LM6000*	43,854	58,809	8,468	5,985	43.0	28.0	125.0	275.0	3,600	455	851
	LMS100*	100,200		8,160		44.1	40.0	206.9	456.0	3,600	417	782
	MS5002C	28,340	38,005	12,467	8,814	28.8	8.8	124.3	274.1	4,670	517	963
	MS5002e*	32,000	42,912	10,000	7,070	36.0	17.0	102.0	225.0	5,714	511	952
	MS5002D	32,580	43,690	12,235	8,650	29.4	10.8	141.4	311.7	4,670	509	948
	MS6001B	43,530	58,380	10,820	7,650	33.3	12.2	140.0	309.0	5,111	544	1,011
	MS70016A	86,226	115,630	10,920	7,720	33.0	12.6	296.0	652.5	3,600	535	995
	MS9001E	130,140	174,520	10,397	7,350	34.6	12.7	410.0	901.0	3,000	540	1,004

15 DLF Distribution



els



# Что такое модернизация ГТУ и для чего она нужна?

## Survey highlights

- Units in bad conditions

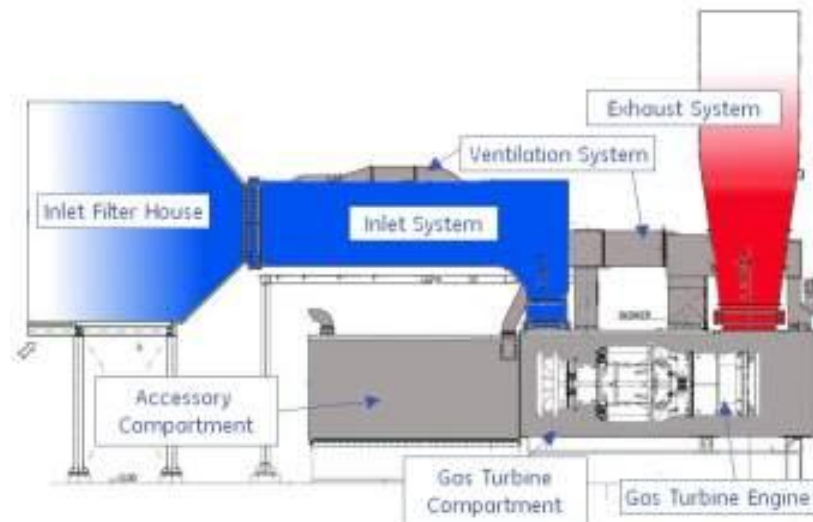


- Enclosures badly damaged



- Poor ventilation – units running with open doors

- Увеличение периода эксплуатации ГТУ
- Повышение эффективности работы ГТУ и/или восстановление эксплуатационных характеристик до первоначального уровня
- Восстановление и/или повышение надежности работы установок
- Замена устаревших и/или изношенных вспомогательных узлов и деталей
- Внедрение новых систем, в т.ч. для снижения атмосферных выбросов



MS3002J	Availability	Reliability
Monitored fleet (20 units)	95.8%	98.3%
MS3002 "As new"	98.4%	99.8%
Aged package	<82.0%	<94.0%

R > **Reliability**: the probability that a unit will not be in a forced outage condition at a point in time.

A > **Availability**: the probability that a unit will be usable at a point in time

MTBF > **Mean Time Between Failures**: the average time between failures that initiate a forced outage.

PH > Period hours  
FOH > Forced hours  
POH > Planned hours  
SH > Service hours  
F > N° of Forced Outage  
P > N° of Planned Outage

$$R (\%) = \frac{PH - FOH}{PH} \times 100$$

$$A (\%) = \frac{PH - (FOH + POH)}{PH} \times 100$$

$$MTBF = \frac{SH}{F}$$

Above formulas and definitions according to International Standard ISO 3977-9.

# Модернизация парка устаревающих ГТУ производства «Дженерал электрик»

Внедрение новых технологий и традиционный подход

## Традиционный

Замена деталей по мере износа  
Ограниченное внедрение новых технологий мониторинга

## Модульная модернизация

Установка новых корпусов той же модели  
Дополнительные тесты

## Комплексная модернизация или замена

Комплексная модернизация на заводе-изготовителе  
Замена на новую установку той же модели

**Подготовка ГИБКИХ решений в соответствии с требованиями клиентов**

НАЛИЧИЕ

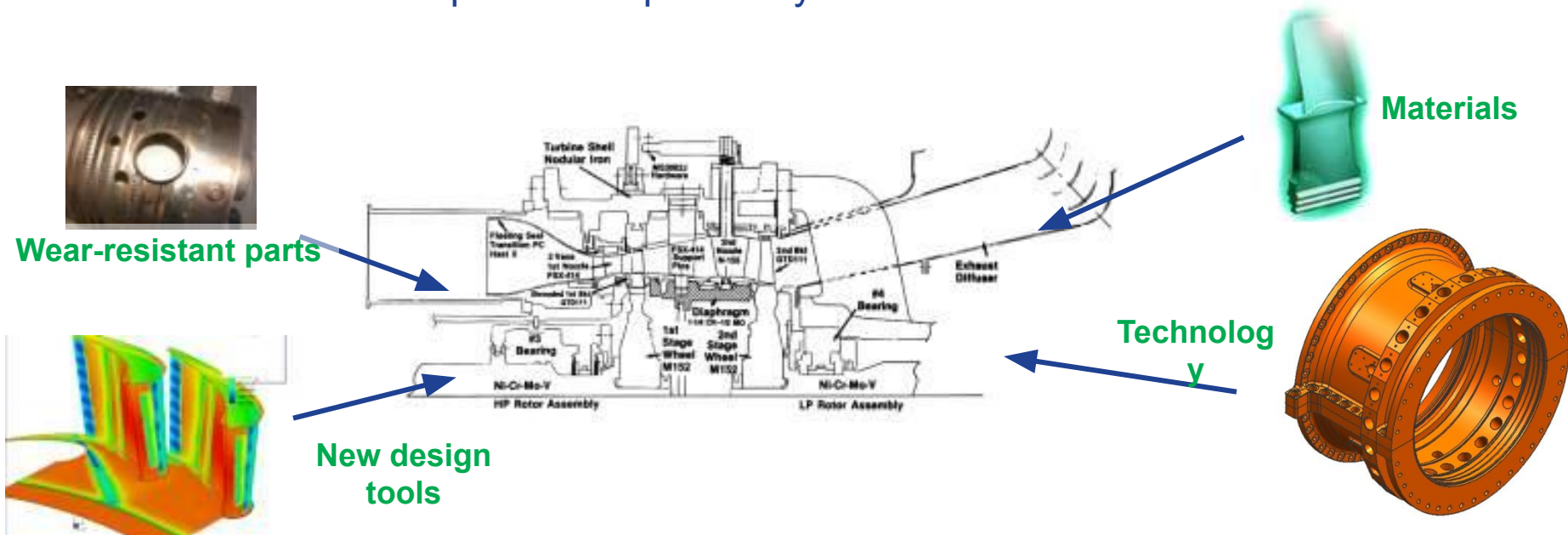
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

# Традиционный подход

## Запасные части и внедрение новых технологий

- Регулярная замена деталей
- Внедрение новых материалов и/или технологий
- Обеспечение бесперебойной работы установки



Техническое сопровождение изделий заводом-производителем

# Модульная модернизация

Установка новых газоотводов для восстановления КПД и повышения надежности ГТУ

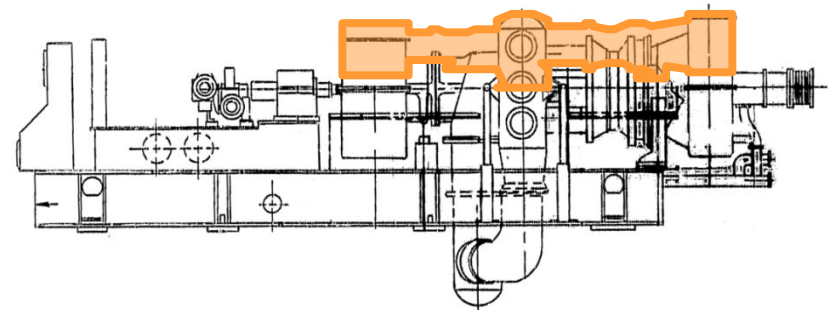
## Замена газоотвода той же моделью

- Восстановление первоначального КПД и эксплуатационной надежности
- Модернизация корпуса турбины, обеспечивающая увеличение срока эксплуатации (св. 30 лет)
- Выполнение работ выездной бригадой
- Минимизация простоя ГТУ
- Установка газоотвода новейшей конструкции



## 5 конструкция подшипников

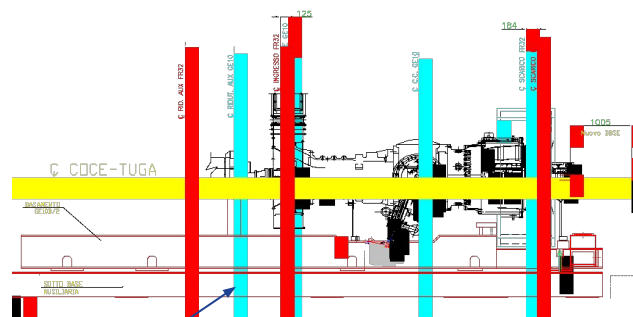
- должна быть стандартной для всего парка произведенной модели ГТУ
- применение регенерационных или обычных движков
- изучается возможность внедрения **DLN**



Недавние замены узлов:  
#2 Fr32J AT, #6 Fr51R N/TT



# Замена ГТУ на примере установки MS3002J на одной из перекачивающих станций



Установка промежуточной опорной плиты на существующий фундамент



Использование существующих входных и выходных газопроводов

- Замена уплотняющего узла на модель **GE10-2**
- Минимальное воздействие на работу ГТУ:
  - Использование того же основания
  - Использование существующих входных и выходных газопроводов
  - Использование того же масляного радиатора
  - Использование тех же компрессоров
- полная проверка работоспособности
- эмиссии >150 до 15 ppm по NOx
- производство работ занимает от 5 дней до 3 недель
- повышение производительности от 10,4 до 11,4 МВт

# Обеспечение своевременной диагностики газовых турбин

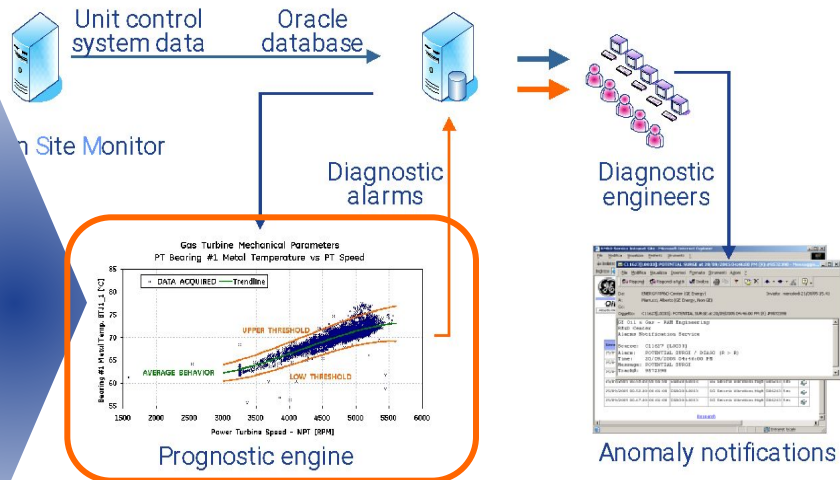
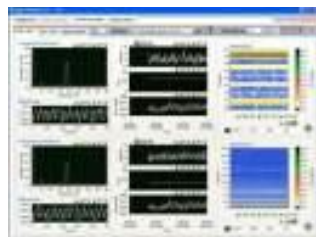
## Прогнозирование дальнейшей модернизации

### Проверка деталей и узлов

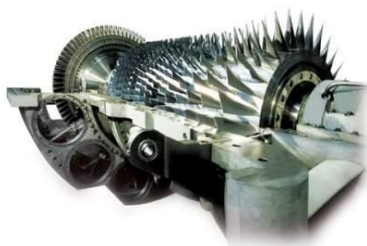


Оценка технического состояния ГТУ до определения исходного уровня производительности установки

### Динамический анализ



### Узел Коэффициент замещения



- лопатки осевого компрессора 42%
- опорное кольцо уплотнения 65%
- корпус турбины 16%
- внутренняя диафрагма турбины 96%
- корпус отводной камеры турбины 46%

(on qty. 30 FR3J project)

**Оценка технического состояния как фактор прогнозирования модернизации**



# Обеспечить остаточный ресурс согласно требованиям заказчика

## Цели

- Продлить срок эксплуатации оборудования сверх предусмотренного его конструкцией
- Учитывать требования страховых компаний в плане оценки эксплуатационного ресурса оборудования
- Упростить работу по одновременной замене нескольких ГТУ

## Услуги

- Оценка предельного срока службы оборудования с использованием «наилучшего» и «наихудшего» сценариев, в зависимости от ширины доверительного диапазона...
- Страховые пакеты от эксплуатационных рисков в зависимости от возраста оборудования
- Квалифицированные консультации для клиентов

# Оценка остаточного ресурса ГТУ

**Наработка на отказ роторов GER-3620** определяется критериями приёмного контроля и составляет:

- 200.000 час., 5K FFS, Frame 3/5 & B/E-class
- 144.000 час., 5K FFS, F-class

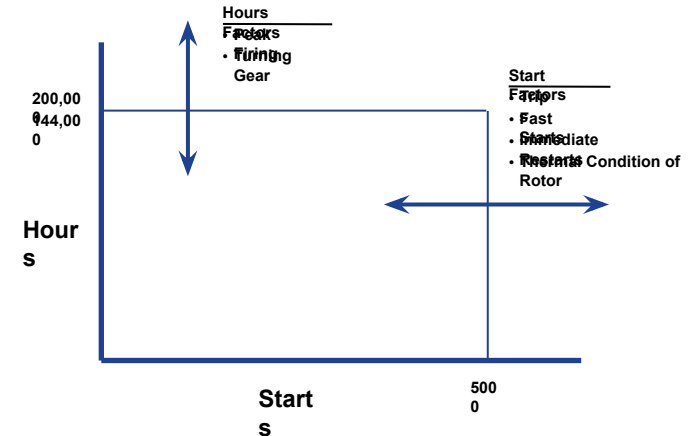
**Наработка на отказ механических узлов:** точки максимальной нагрузки, пластические деформации, и т.п.

**Оценка эксплуатационного риска:** превышение срока эксплуатации оборудования

**Оформление переписки ...**

- Frame 3/5 TIL's (1980),
- ETC (2001)
- O&G NIC (2006)

**Извещение об оценке срока службы ротора, TIL-1576 ... июнь 2007 г.**



**Compliance Category**

<b>O - Optional</b>	Identifies changes that may be beneficial to some, but not necessarily all, operators. Accomplishment is at customer's discretion.
<b>M - Maintenance</b>	Identifies maintenance guidelines or best practices for reliable equipment operation.
<b>C - Compliance Required</b>	Identifies the need for action to correct a condition that, if left uncorrected, may result in reduced equipment reliability or efficiency. Compliance may be required within a specific operating time.
<b>A - Alert</b>	Failure to comply with the TIL could result in equipment damage or facility damage. Compliance is mandated within a specific operating time.
<b>S - Safety</b>	Failure to comply with this TIL could result in personal injury. Compliance is mandated within a specific operating time.

**Timing Code**

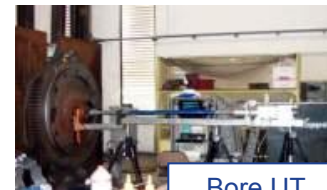
<b>1</b>	Prior to Unit Startup / Prior to Continued Operation (forced outage condition)
<b>2</b>	At First Opportunity (next shutdown)
<b>3</b>	Prior to Operation of Affected System
<b>4</b>	At First Exposure of Component
<b>5</b>	At Scheduled Component Part Repair or Replacement
<b>6</b>	Next Scheduled Outage
<b>7</b>	Optional



# Оценка остаточного ресурса ГТУ

## Контрольный осмотр ротора в сервисном центре

- Визуальный осмотр и магнитное выявление металлических частиц во всех узлах
- Размерный контроль износа шевронных шестерен
- Испытание на прочность и износоустойчивость шестеренных венцов, отверстий, пазов и зазоров шевронных шестерен
- Исследование вихревых потоков в шестеренных венцах, отверстиях, пазах и зазорах шевронных шестерен
- Ультразвуковое исследование отверстий и зазоров после компрессора и турбины



Bore UT inspection



Bore visual inspection



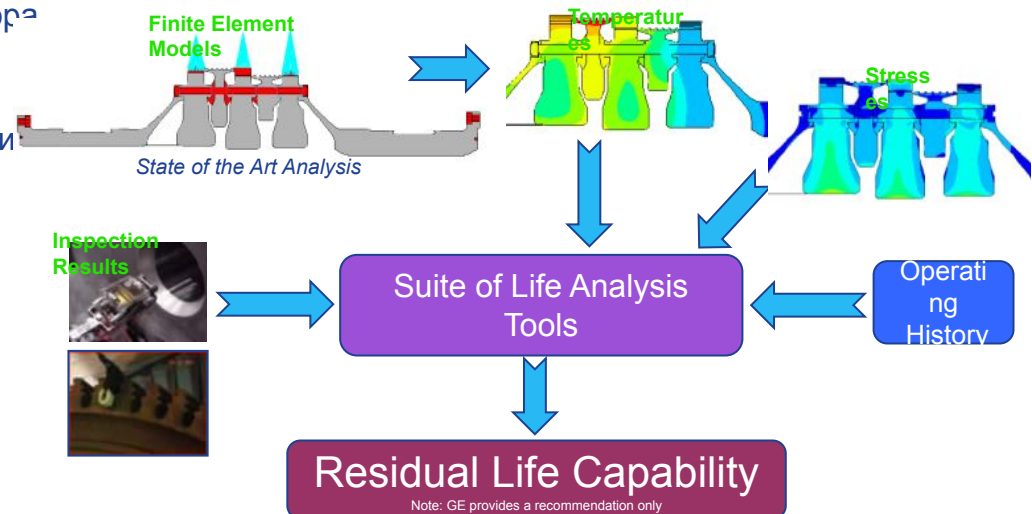
Mag particle inspection



Dovetail EC inspection

## Технический отчёт включает:

- Наличие соответствующих эксплуатационных отчетов по работе ротора
- Результаты последних испытаний на воздействие вихревых потоков
- Результаты ультразвуковой дефектоскопии
- Результаты магнитного выявления металлических частиц
- Результаты прочностных тестов
- Результаты исследования поверхностей
- Рекомендации по дальнейшей эксплуатации, ремонту или замене оборудования



# Модернизация парка устаревших ГТУ

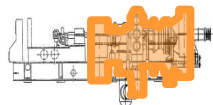
## Внедрение новых технологий и стандартные подходы

### Традиционная



Замена деталей по мере износа  
Ограниченное внедрение новых технологий мониторинга

### Модульная модернизация



Установка новых корпусов той же модели  
Дополнительные тесты

### Комплексная модернизация или замена



Комплексная модернизация на заводе-изготовителе  
Замена на новую установку той же модели

Оценка текущего состояния

Оценка остаточного ресурса

Подготовка ГИБКИХ решений в соответствии с требованиями клиентов