

МНИ - FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

# МНИ - FT8 Обследование и ремонт газовых турбин



## Выявление причин аварийных остановов FT-8 MobilePac

- Мы исследуем отклонения в работе и условия, которые непосредственно угрожают безопасной работе агрегата или приводят к повреждению PWPS/МНН FT 8 и вспомогательного оборудования.
- Мы известны нашими возможностями по диагностике, капитальному и восстановительному ремонту газовых турбин, вспомогательного оборудования и различных компонентов.
- Мы живем по принципу “Лучше хорошо сделано, чем хорошо сказано”.
- Наша непревзойденная преданность делу и стремление к превосходному обслуживанию клиентов обеспечили нам постоянную клиентскую базу.

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

Газовые турбины FT-8 имеют отличные эксплуатационные характеристики, передовую технологию производства, сложную технологическую структуру, очень строгие технологии ремонта и технологические требования.

Поэтому FT-8 должны быть возвращены на завод для капитального ремонта и иметь возможность эффективной разборки-сборки, не допуская вторичного повреждения газовой турбины.

Технология требует квалифицированных рабочих и большого количества специального инструмента.

Основные технологические процессы, используемые при капитальном восстановительном ремонте, включают 7 аспектов:

- Технология обнаружения дефектов
- Технология разборки и сборки
- Технология очистки деталей
- Технология сварки
- Технология нанесения покрытий
- Технология отделки
- Технология испытаний

# FT8 Технология обнаружения дефектов

## Последовательность действий персонала при эксплуатации:

- Если во время работы агрегата обнаружено отклонение, следует провести комплексный анализ, определить причину аварии на основе анализа изменения трендов и параметров, отражаемых соответствующим оборудованием на основе мониторинга. При необходимости агрегат следует остановить, чтобы предотвратить распространение и расширение аварии.
- При ликвидации аварии мы должны сначала устранить факторы риска, которые ставят под угрозу личную безопасность и оборудование, полностью оценить возможные последствия аварии для личной безопасности и оборудования и действовать быстро и решительно.
- Следуйте концепции защиты оборудования при возникновении аварий. Решайте ситуацию в соответствии с регламентом.
- После возникновения аварии персонал на каждой позиции должен подчиняться единой команде начальника смены.
- Если причину выхода из строя оборудования установить невозможно, ее устраняют на основе оценки косвенных последствий .
- После того, как авария устранена, сохраняйте отчёт и подробно опишите аварийную ситуацию.

# FT8 Технология обнаружения дефектов

Технология обнаружения в основном базируется на методах обнаружения трещин на поверхности и внутри деталей, включая визуальный осмотр, измерение размеров, флуоресцентную дефектоскопию, магнитную дефектоскопию, вихретоковую дефектоскопию, рентгеновскую дефектоскопию и другие технологии неразрушающей дефектоскопии с использованием мониторинга обработки сигналов АСУ.

- Люминесцентная дефектоскопия применяется в основном для обнаружения поверхностных трещин на деталях;
- Магнитная дефектоскопия - для обнаружения поверхностных и приповерхностных трещин на ферромагнитных деталях;
- Вихретоковая дефектоскопия - для обнаружения трещин в резьбовых отверстиях деталей;
- Рентгеновская дефектоскопия. используется для обнаружения дефектов в небольшом количестве сварных ремонтных деталей.

Достижения в области технологий обработки сигналов и изображений и автоматизации систем улучшили возможности обнаружения и надежность, позволяя оценить срок службы компонентов и точно рассчитать интервалы проверки компонентов. В последние годы был достигнут большой прогресс в миниатюризации головок датчиков, что значительно улучшило применимость технологии эндоскопического мониторинга.

# Общие требования для анализа аварийного останова и снижения повторных рисков

- Например, если аварийный останов произошел из-за повышенной вибрации валов турбоагрегата, убедитесь, что вспомогательный масляный насос или аварийный масляный насос работает и давление в норме. После достижения нулевой скорости частоты вращения, запрещается подводить любые детали к двигателю внутреннего сгорания без полного осмотра вращающейся части.
- В процессе аварийной остановки следует обращать внимание на контроль температуры выхлопных газов, температуры возврата смазочного масла, температуры между колесами, а также вибрации каждого подшипника и наличия шума трения на корпусе агрегата.
- После аварийной остановки должно быть обеспечено питание постоянного тока системы управления.
- Убедитесь, что система охлаждения продолжает работать и давление в норме.

## FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- Убедитесь, что все устройства находятся в автоматическом положении, входной направляющий аппарат газовой турбины находится в закрытом положении, а камера сгорания действительно выключена.
- Если устройство отключится из-за противопожарной защиты, CO2

В период выбега эксплуатационному персоналу строго запрещается входить в модульное помещение, дверь модульного помещения должна быть закрыта, а вентилятор должен быть остановлен.

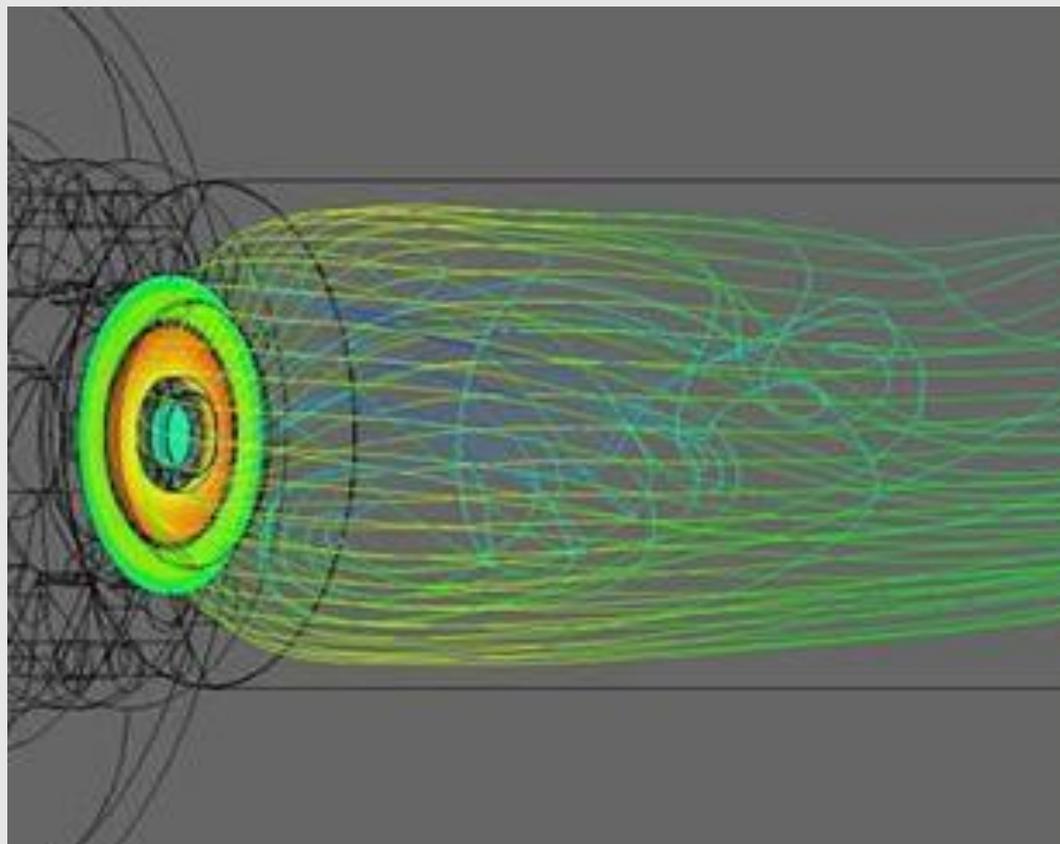
- После отключения агрегата из-за защитного отключения необходимо перед повторным запуском убедиться в том, что это не неисправность. Если это неисправность, следует принять соответствующие меры по её устранению.
- Во время аварийного отключения сначала следует подтвердить сигнал тревоги, отключить звук и сохранить сигнал тревоги в компьютере. Если причина не определена и неисправность не устранена, сигнал тревоги не может быть сброшен и агрегат не может быть перезапущен.

# Ручное аварийное отключение применимо

- Отказ агрегата, автоматическая защита от аварийной остановки для предотвращения движения;
- Любой подшипник теряет масло и дым во время работы агрегата;
- Слышен явный металлический звук от вращающихся частей устройства;
- Вибрация агрегата неожиданно значительно возросла;
- Из системы смазки вытекло большое количество масла;
- Топливопровод лопнул и вытекло большое количество топлива;
- Генератор возбудителя дыма;
- Генератор, выключатель или кабель генератора взрывается;
- Генераторный трансформатор напряжения или трансформатор тока дымит;
- Пожар топливной системы, невозможно погасить вовремя;
- При выдаче сигнала тревоги «низкое давление топлива на распределительной станции» в диспетчерской сопровождается сильной вибрацией, активная нагрузка сильно раскачивается, и эти три явления происходят одновременно;
- Возникновение неисправности может серьезно поставить под угрозу безопасность персонала и оборудования.

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

Индикация РВ Dot, или  
защита от  
возгорания



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## Что такое Pbdot и Flameout?

- Индикация того, что двигатель потерял правильное сгорание
  - Может возникнуть во всех или только в некоторых форсунках горелок.
- Pbdot активируется скоростью изменения давления в горелке  $\leq 75$  PSIA /сек в течение 100 мс
  - Давление в горелке чувствительно к изменениям горения
- Пропадание пламени, вызванное соотношением топливо/воздух  $> 0,025$  ниже холостого хода и  $0,034$  выше холостого хода
  - Клапан топливного модуля открыт слишком сильно для заданного расхода воздуха в двигателе (скорости)
- Зачем нужны Pbdot и Flameout?
- Безопасность
  - Наличие несгоревшего топлива, если нет сгорания

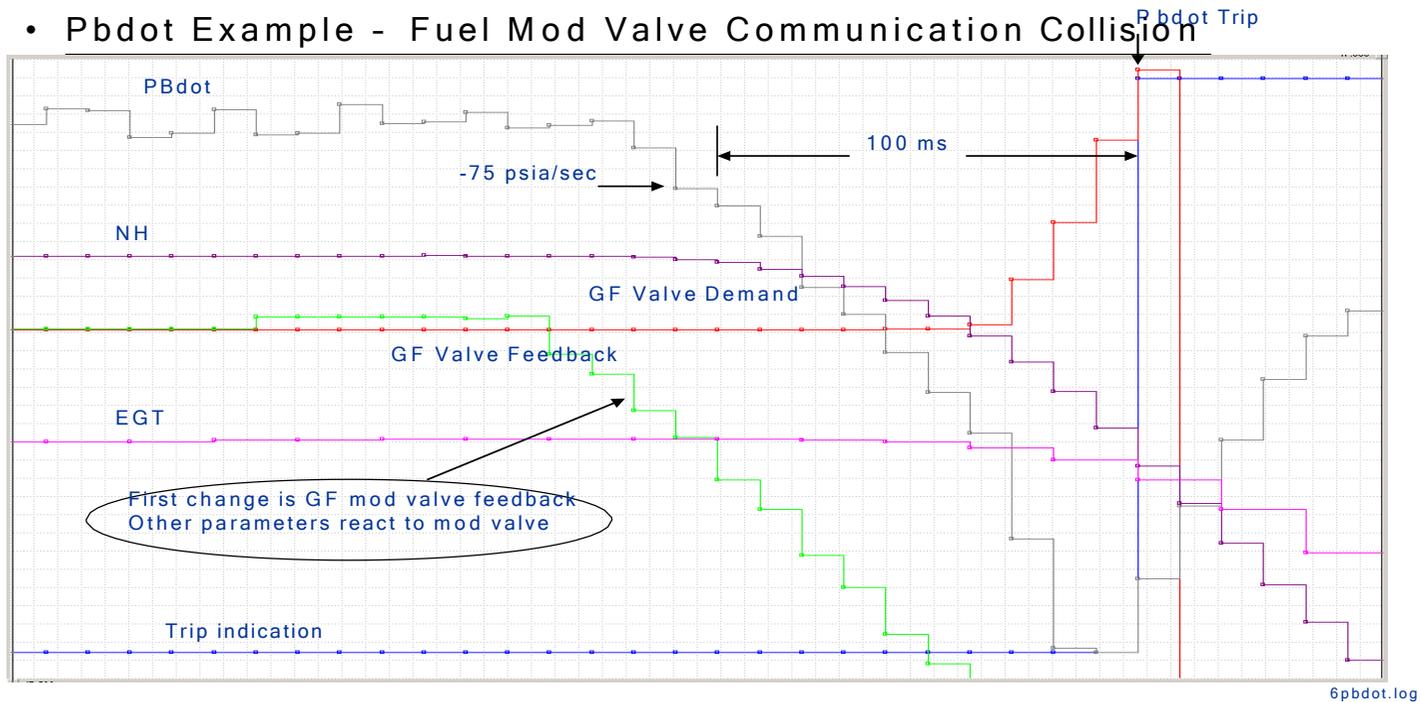
# Обследование и ремонт газовых турбин

- Какие действия следует предпринять после Pbdot или Flameout?
- Обзор высокоскоростного регистратора данных –  
Автоматически сохраняется после пуска
- Обзор трендов
  - Скорость отображения для тренда с частотой отклика 1 сек может быть слишком низкой
  - Проверить файл регистратора данных (время, дату и единицы, скорость отображения перед пуском)
- Как получить данные из регистратора данных и просмотреть их
- Файлы, хранящиеся в F:\inetpub\ftproot\Datalogs\...
- Просмотр в Control Assistant
  - Программа анализа данных Woodward

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## Troubleshooting Pbdot and Flameout Trips

- Pbdot Example - Fuel Mod Valve Communication Collision



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

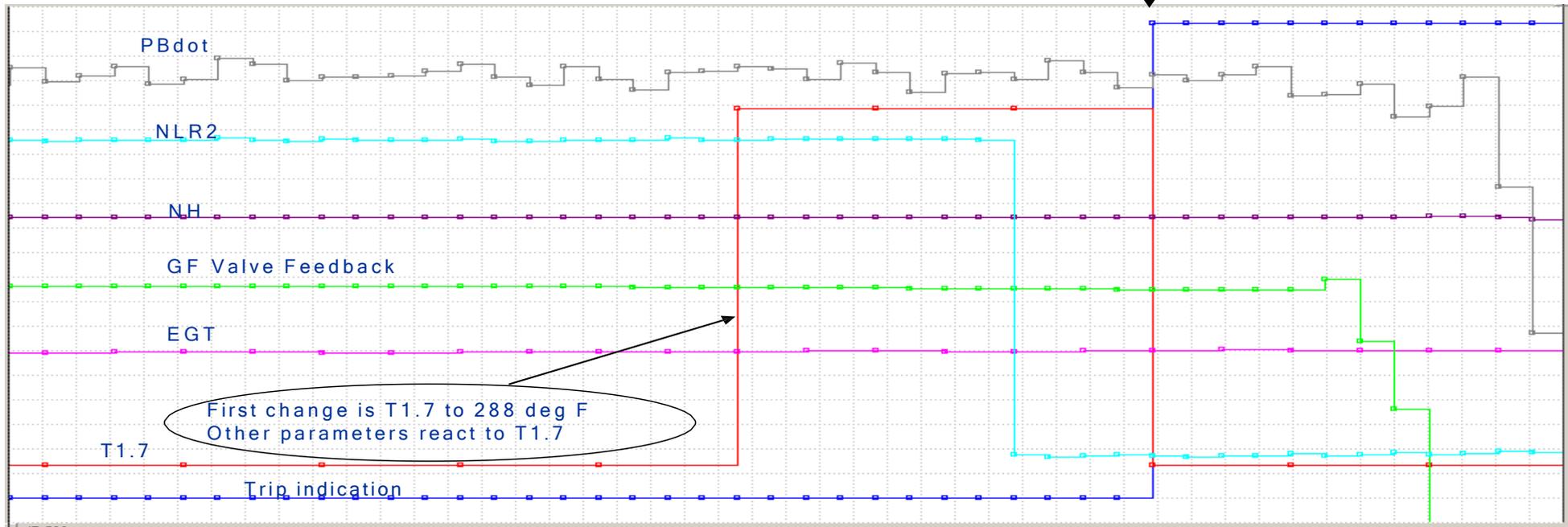
## Интерпретация событий Pbdot и Flameout

- Слишком много воды
  - Проверить расходомер воды
  - Проверить давление воды
- Слишком много воздуха
  - Пропускной клапан не закрылся при низкой мощности
- Слишком мало топлива
  - Проверить расходомер топлива
  - Сброс и обратная связь с Mod Valve
  - Проверить давление топлива
- Индивидуальные тренды для EGT
  - Определите, какая горелка не загорелась Что происходит первым?
- - Определить что является причиной а что следствием

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## Troubleshooting Pbdot and Flameout Trips

- Flameout Example - Inlet Temperature Failure Flameout Trip



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## Извлеченные уроки Pbdot и Flameout

- Недостаточное давление газа
- SOV1404 Утечка
  - Газовое топливо выходит из дренажных выпускных отверстий
- Выпускные отверстия закрываются при малой мощности
  - SB06M02 показывает температуру воздуховода для устранения неполадок
- Система впрыска воды
- Конфликты связи клапана топливного модуля
  - Работает под руководством Woodward этот подход применяется на новых объектах

## FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

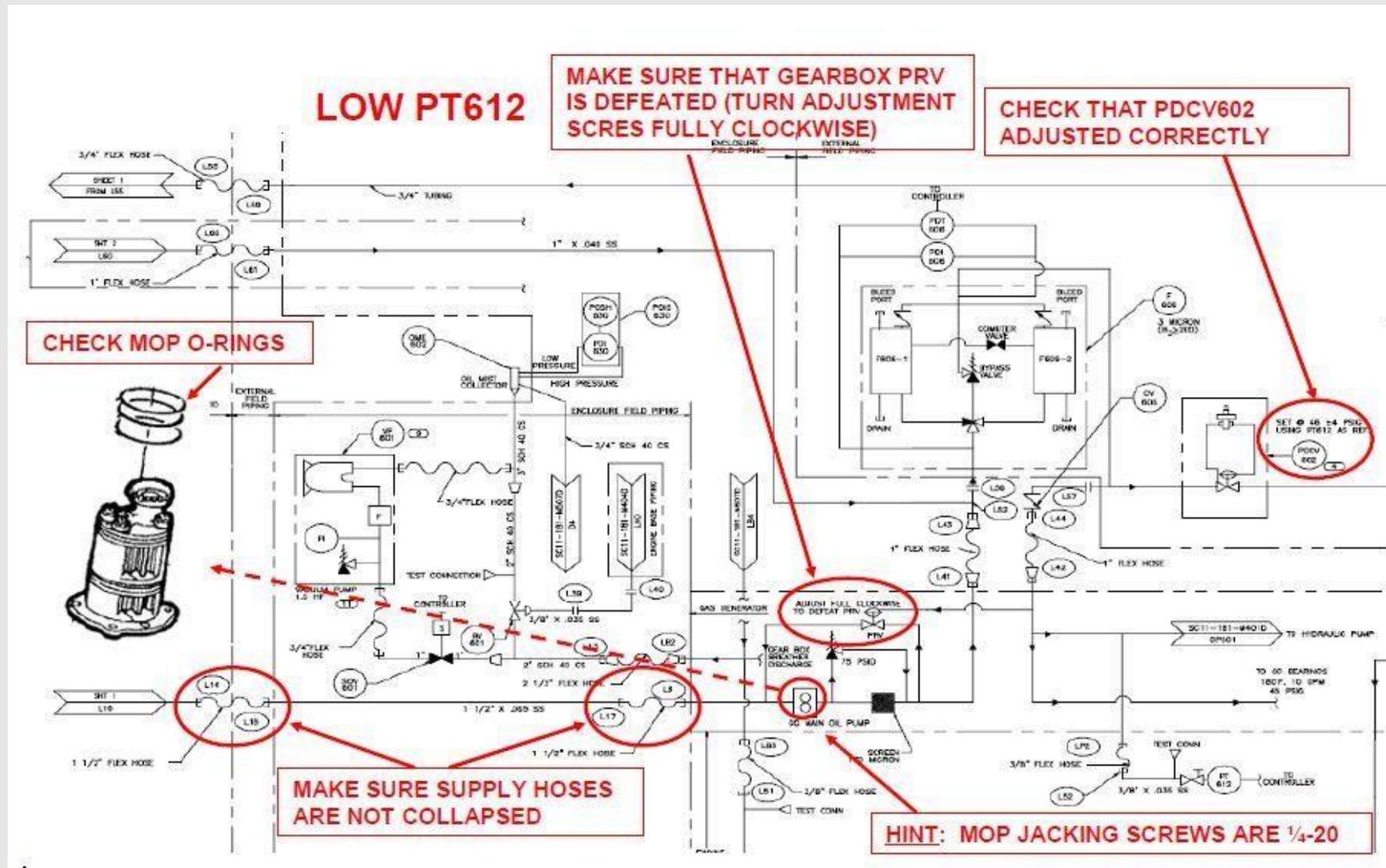
**УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НИЗКОЕ ДАВЛЕНИЕ ПОДАЧИ СМАЗОЧНОГО  
МАСЛА GG/PT И/ИЛИ ВЫСОКОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОДУВКИ GG/PT**



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- **PT 612 (давление подачи смазочного масла GG/давление на входе гидравлического насоса)**
- Нормальный рабочий диапазон 40–50 PSIG.
- Сигнализация низкого уровня при манометрическом давлении 38 PSIG, отключение при манометрическом давлении 35 PSIG(на графике соответствует NH>8200)
- 3-точечная кривая ниже синхронизации на холостом ходу (отключение)
- 5 PSIG при 2550 NH, 22,5 PSIG при 6800 NH, 35 PSIG при 8200 NH

# FT8 Анализ и устранение аварий на газовых турбинах



# FT8 Анализ и устранение аварий на газовых турбинах

- PT 625 (давление продувки смазочного масла GG)
- Нормальный рабочий диапазон 20–25 PSIG.
- Сигнализация срабатывает при 40 PSIG, уставка на включение байпаса срабатывает при 75 PSIG, (F607) Сигнал тревоги при 90 PSIG
- Контроль утечки уплотнительного кольца между элементами достигается на выходе (F607, CV601, AC601, шлангов)
- Затрудненная продувка является следствием засорения подшипниковых отсеков и утечек через графитовые уплотнения



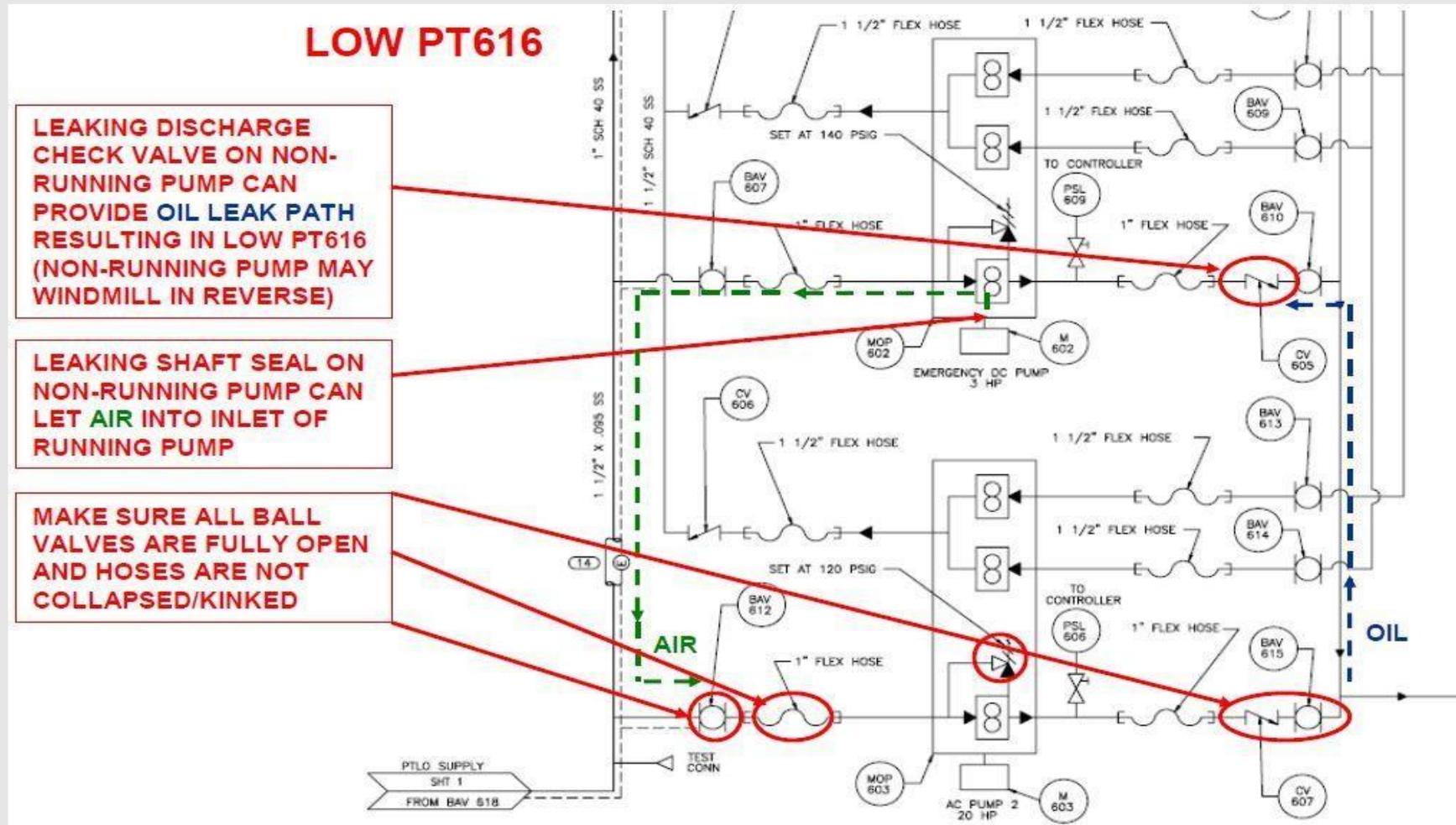
# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- **PT 616 (Давление подачи смазочного масла PT)**
- Нормальный рабочий диапазон 60–70 PSIG.
- Аварийный сигнал 45 PSIG (если не произойдет отключение, запустится резервный насос переменного тока)
- CDB 55 PSIG (выше PT620 и PT621 минус PT616)
- Отключение при 20 PSIG (выше PT620 и PT621 минус PT616)
- Команды управления SOV603 для выбора более высокого из PT620/PT621
- ПРИМЕЧАНИЕ. Единицы измерения для PT616 (PSIG) и PT620/PT621 (PSIA) необходимо сделать общими путем прибавления 14,7 к PT616 или вычитания 14,7 из PT620/PT621.

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- По нижнему пределу Low PT 616:
- Возможно повреждение насосного элемента PT
- Неправильная регулировка предохранительного клапана PDCV 601
- Поврежден шланг подачи
- BV 618 не полностью открыт
- Залип обратный клапан на выпуске резервного насоса переменного тока
- Залип обратный клапан на выпуске насоса постоянного тока
- Утечки через уплотнения вала резервного насоса переменного тока
- Утечки через уплотнения вала резервного насоса постоянного тока

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- **PT 620 (давление продувки смазочного масла PT №7)**

- Нормальный рабочий диапазон 5–9 PSIA

- Тревога и CDB (сигнализация объявления обратного изменения) на основе кривой в сравнении с NLR

- **Верхний предел PT620:**

- Утечка, повреждение или разрушение шлангов, незакрепленные фитинги (включая линии SenseLines), неисправный насос PT, утечка уплотнительных колец детектора наличия стружки, утечка углеродного уплотнения №7.

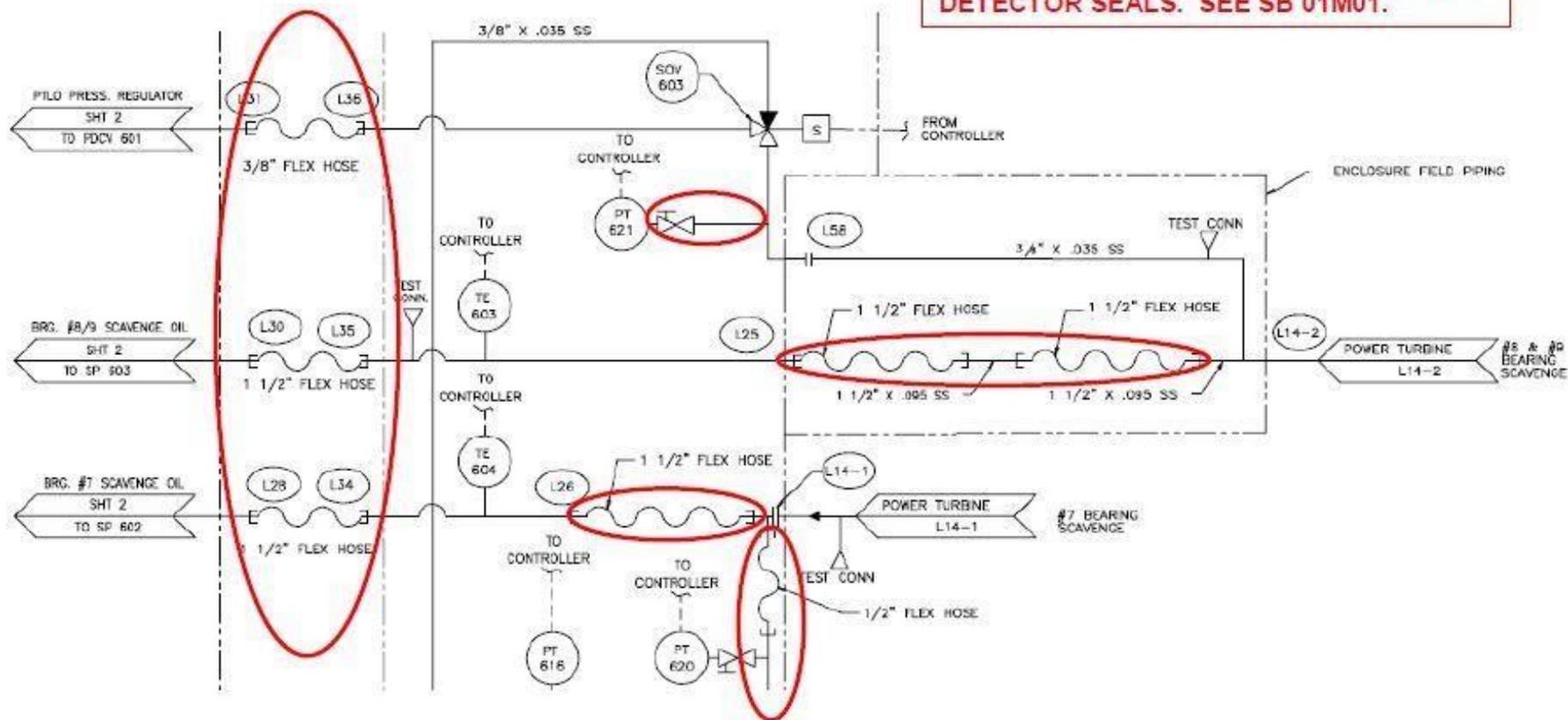
# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

- **PT 621 (давление продувки смазочного масла PT № 8/9)**
- Нормальный рабочий диапазон 10–15 PSIGм
- Тревога и CDB на основе кривой в сравнении с NLR
- **По верхнему пределу PT 621:**
  - Протекающие, поврежденные или разрушенные шланги, незакрепленные фитинги (включая SenseLines), неисправный насос PT, протекающие уплотнительные кольца, детектор наличия стружки, негерметичные графитовые уплотнения № 8 или № 9 (см. также SB 01M01).

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## HIGH PT620/PT621

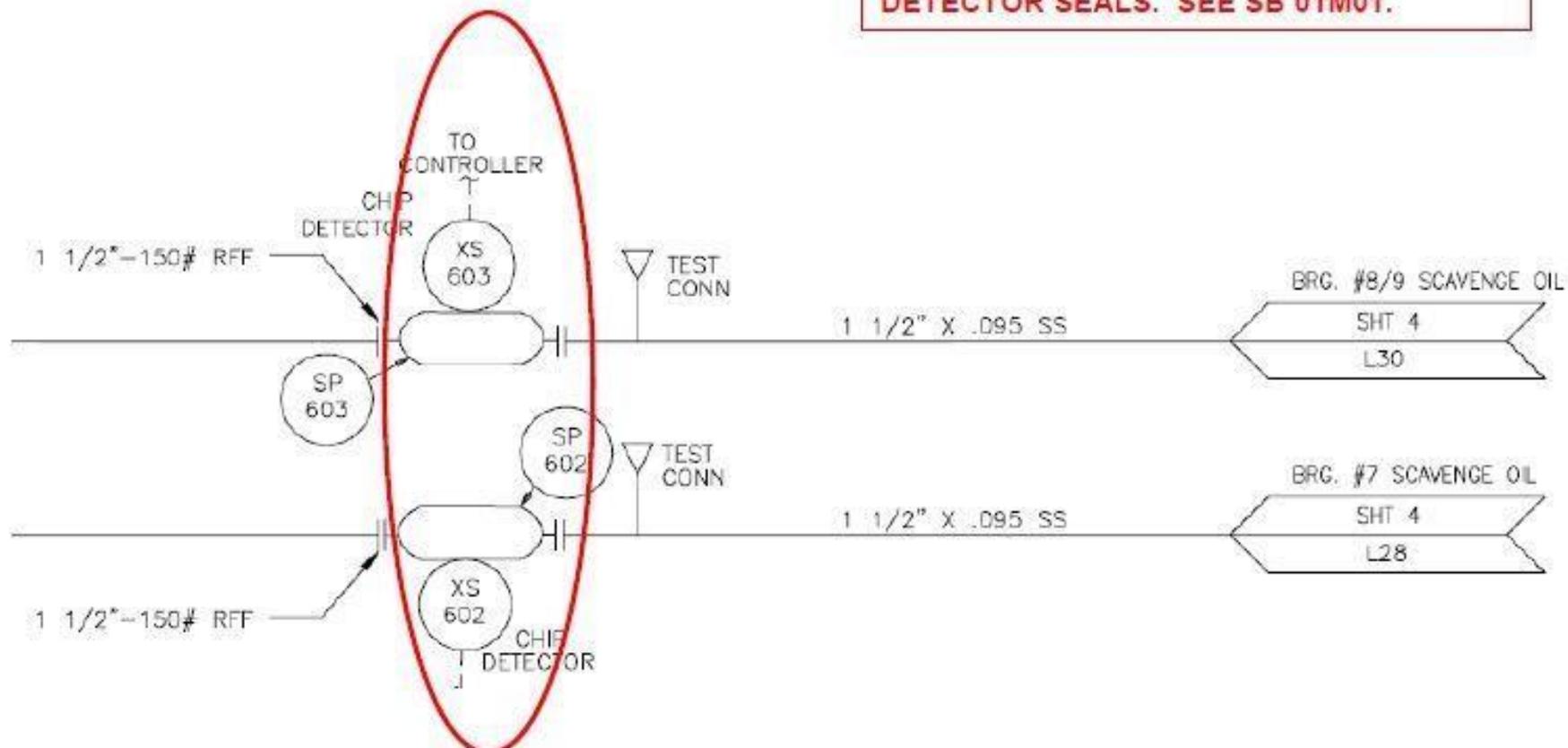
CHECK ALL HOSES, FITTINGS, AND CHIP DETECTOR SEALS. SEE SB 01M01.



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## HIGH PT620/PT621

CHECK ALL HOSES, FITTINGS, AND CHIP DETECTOR SEALS. SEE SB 01M01.



# СОВЕТЫ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ ЗАПУСКУ MOBILERAC

- PT101 (высокое давление)
- Нормальное заданное значение PT101=4800 PSIG.
- Верхний предел PT101 = 5300 PSIG.
- **Нижний предел PT101 и/или линия NH во время запуска:**
  - Ограничитель давления насоса (компенсатор) требует регулировки
  - Обратный клапан не установлен на противоположной стороне GG (только TWINPAC)
  - Обратный клапан источник утечки, потери давления
  - Проверить встроенные клапаны, расположенные в коллекторе
- **Верхний предел PT101 перед командой пуска**
  - Ограничитель давления насоса (компенсатор) неправильно отрегулирован
  - Автомат перекоса не возвращается в нейтральное положение

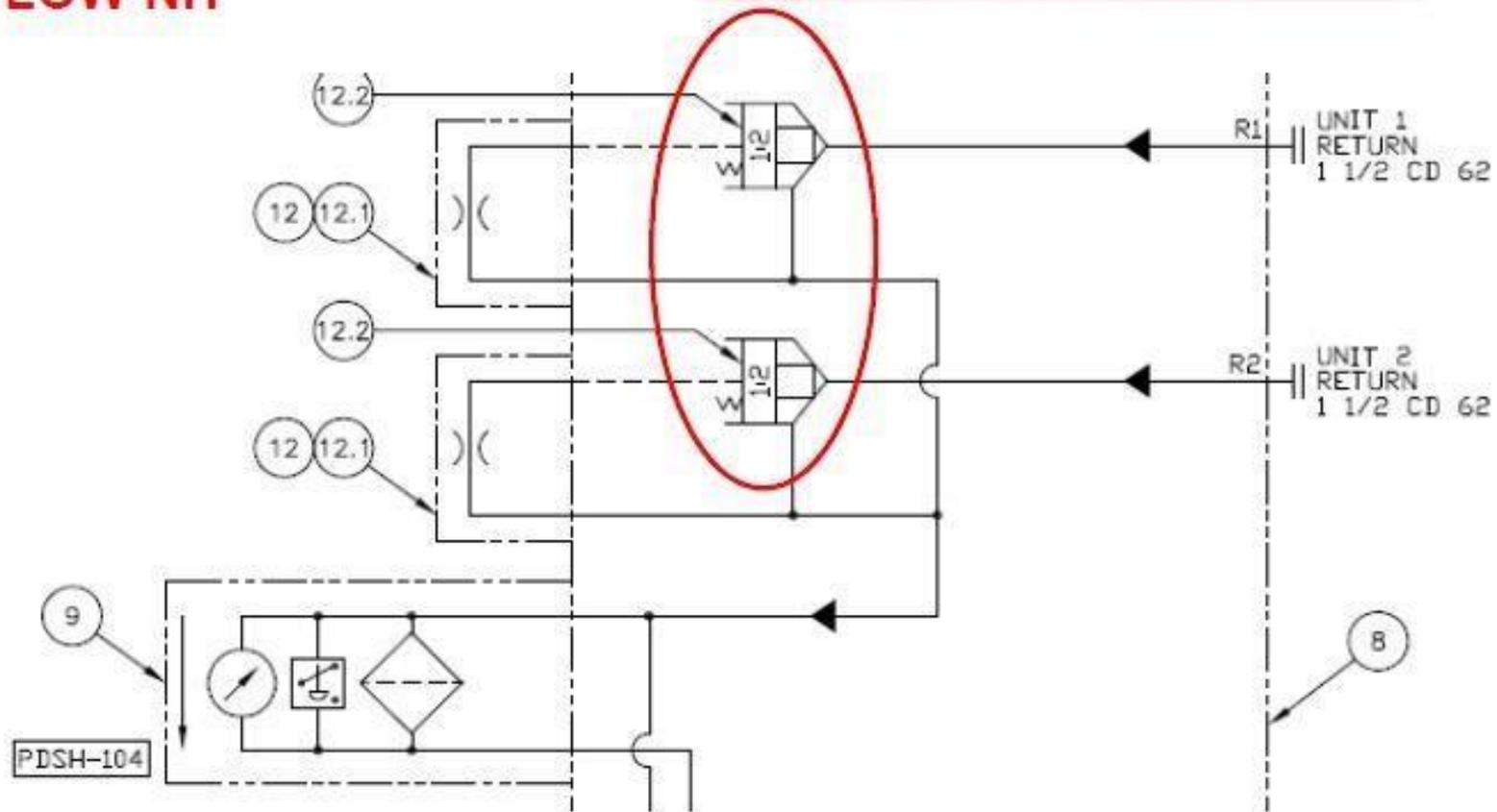
# FT8 СОВЕТЫ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ ЗАПУСКУ MOBILERAC

- **PT102 (давление наддува)**
  - Нормальная уставка 350 PSIG.
  - Нижний предел PT102 = 250 PSIG.
- **Нижний предел PT102:**
  - Отрегулируйте клапан сброса давления наддува
- Все модели FT8 должны иметь регулируемые винты PRV, а не регулировочные шайбы.
- Ориентация насоса не такая, как в руководстве (PRF уставка 6:00)

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

LOW PT101, LOW NH

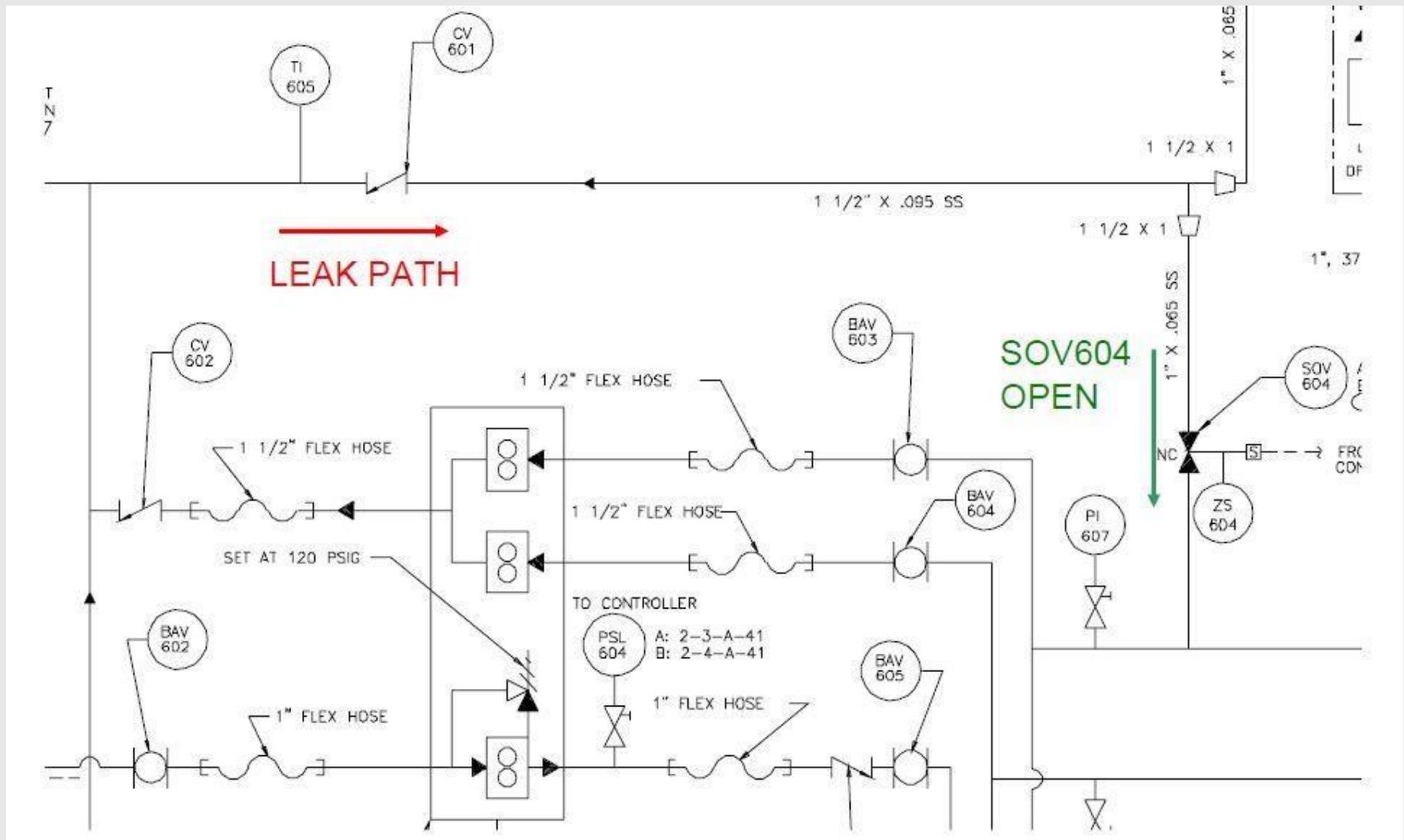
CHECK RETURN CHECK VALVE ON OPPOSITE UNIT HAVING TROUBLE.



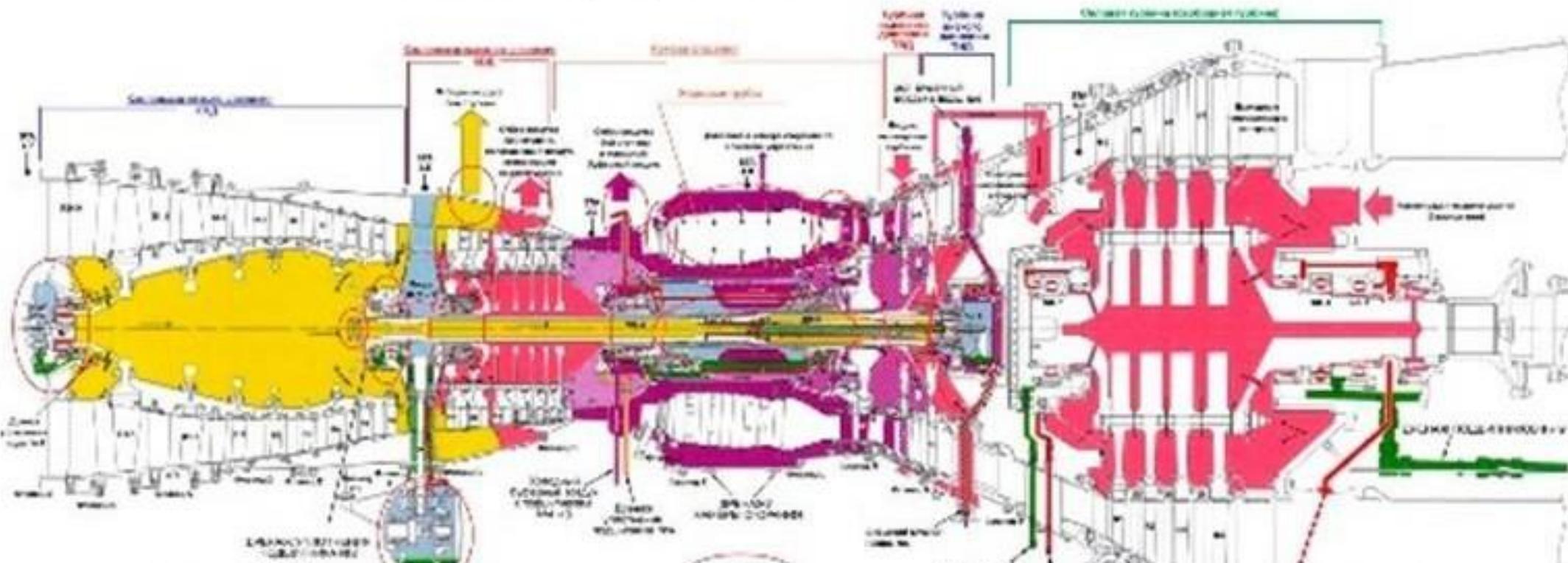
# ЧТО ВЫЗЫВАЕТ ПОТЕРЮ МАСЛА, КОГДА ГАЗОГЕНЕРАТОР НЕ РАБОТАЕТ?

- Когда насосы РТ работают, а GG не зажигается, удалите сливное масло.  
Из насосов РТ можно подать резервную копию в систему продувки / сапуна GG.
- Указывает, что CV601 и/или SOV604 работают неправильно.
- РТ625 Trend – это индикатор
- Значение РТ625 не должно увеличиваться при запуске/работе насосов РТ и нулевом значении NH.
- Если РТ625 увеличивается, CV601 протекает и SOV604 не открыт. Если
- РТ625 < 0 PSIG, тогда SOV604 открыт
- SOV604 и VP601 должны открываться/работать одновременно
- Система смазки включена, GG не срабатывает
- Осмотрите дыхательный шланг и канистру VP601 на наличие масла.  
Если VP601 забьется маслом, крыльчатка может треснуть.
- Примечание. Масло, полученное из сапуна, нельзя использовать повторно – испытания показали, что это возможно.
- Слишком кислое масло из утечки через уплотнение коробки передач, если его профильтровать, можно использовать повторно.

# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин



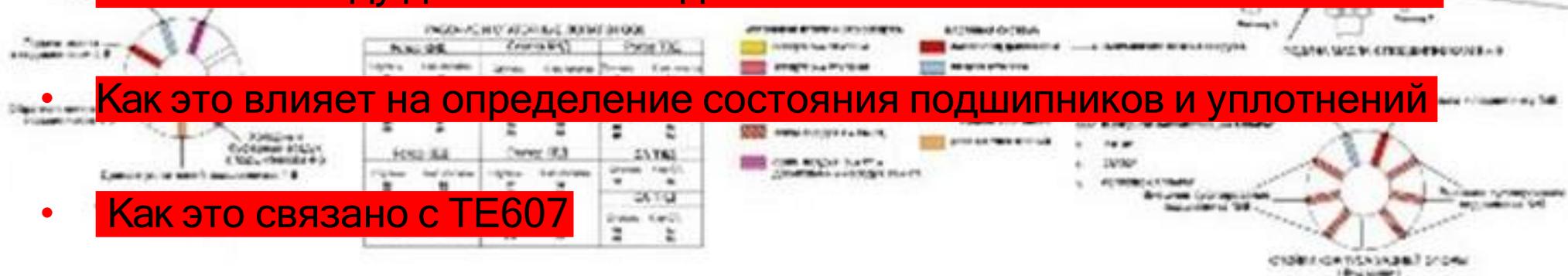
# ГТУ FT8-3 (ГТД GG8-3 и СТ РТ8-5С)



• Отличия между давлением на дыхательном клапане РТ628 И РДТ629

• Как это влияет на определение состояния подшипников и уплотнений

• Как это связано с ТЕ607



# FT8 Обследование и ремонт газовых турбин

## •PT 628

- Измеряет давление в картере
- Затрагиваются ограничения нисходящего потока (OME602, BV601 и т. д.)
- Аварийный сигнал при давлении 3 PSIG, обратный ход при давлении 5PSIG, отключение при давлении 8 PSIG.

## •PDT 629 («Истинное» давление дыхания)

- Датчик перепада давления, на который не влияют ограничения на выходе
- Высокая опора, общая с PT628. Низкая опора на патрубке дыхательного клапана.
- Сигнализация при 1,2 PSIG, обратный ход при 1,5 PSIG, отключение при 1,8 PSIG

## •TE 607 (Температура продувочного масла № 4/5/6)

- Измеряет удаление масла из «горячих» отсеков подшипников
- Обычно ~ 290°F
- Сигнализация при температуре 350°F, обратный ход при температуре 380°F, отключение при температуре 400°F

# FT8 Анализ и устранение аварий на газовых турбинах

• Увеличение значений PT628 и PDT629 указывает на утечку через уплотнение.

- Одновременное увеличение TE607 указывает на утечку через уплотнение № 4/5.
- Отсутствие изменений в TE607 указывает на утечку через уплотнение №2/3
- Утечки из угольных уплотнений №1, №4/5, №6 не всегда влияют на давление дыхания.
- Уплотнение №1 — проверьте впускное отверстие на предмет утечек масла
- Уплотнение №6 — осмотр самой малорасходной линии на предмет утечек масла
  
- Увеличение PT628 без увеличения PT629 указывает на закупорку дыхательного клапана в системе
  
- Проверьте фильтр OME602 dP, BV601 открыт, дыхательный шланг чист.
  
- PT628 всегда должен быть  $\geq$  PDT629.
- Если PDT629 выше или не равен нулю, проверьте измерительные линии на наличие масла.

# Технология очистки деталей на заводе

- Очистка деталей в основном применяется для удаления наслоений с поверхности деталей, в том числе: слоя ржавчины, оксидной окалины, грязи, нагара, масляных пятен, краски и силикагеля и т. д.
- Эффект очистки соответствует требованиям контроля деталей и дефектоскопии.
- Методы очистки включают: очистку органическим раствором, очистку химическим раствором, очистку паром, очистку водой под высоким давлением, очистку пескоструйной обдувкой и вибрационную очистку поверхности.
- Очищенные детали необходимо сушить в сушильном шкафу.

# Технология сварки

- Технологии сварки в основном включают сварку в среде защитного газа,
- электронную сварку, плазменную сварку, линейную сварку, вакуумную сварку, лазерную сварку, пайку и т. д.
- Плазменная дуговая сварка может придать отремонтированным деталям характеристики новых деталей и в основном используется для ремонта уплотнительных устройств;
- Сварка вольфрамовым инертным газом используется для плакирования уплотнительных деталей лопастного типа, и ее зона термического влияния чрезвычайно мала;
- Высокотехнологичная пайка используется для пайки никель-палладиевых и кобальтовых припоев для придания деталям еще большей износостойкости по сравнению с оригинальными;
- Лазерная сварка позволяет обеспечить более точные измерения, строго контролировать деформацию, диаметр и размер области соединения.

# Технология нанесения покрытий

Технология высокотемпературного покрытия обычно используется в газовых турбинах для улучшения производительности, повышения надежности и продления срока службы.

Среди ключевых компонентов горячего тракта: термобарьерные покрытия на поверхности лопаток турбины, антиокислительные и антикоррозийные покрытия на внутренних полостях лопаток, уплотнительные покрытия на кольцах турбины,

На кончиках лезвий применено износостойкое покрытие. Технологии нанесения покрытий в основном включают вакуум, ламинарный поток, сверхзвуковое плазменное напыление, а также физическое и химическое осаждение из паровой фазы.

Поскольку стоимость обработки жаропрочных сплавов и лопаток значительно превышает стоимость нанесения покрытия, большое значение имеет безопасное его использование с сохранением первоначальных эксплуатационных характеристик основного материала лопатки путем частичного или полного удаления покрытия и его ремонта в процессе эксплуатации.

Процесс технического обслуживания. Для восстановления применяется хромистое покрытие, процент брака лопастей снизился на 2%. Платиново-алюминиевое покрытие повышает надежность лопастей при высоких температурах и суровых условиях, а керамическое покрытие повышает надежность лопастей при высоких температурах и суровых условиях.

# Технология обработки

К процессам механической обработки и ремонта относятся: токарная, расточно-фрезерная и шлифовальная обработка.

Токарная обработка в основном используется для обработки диаметра уплотнительных колец и других деталей до и после напыления.

Прецизионная обработка используется после замены фланцев таких деталей, как кожухи и корпуса;

Расточная и фрезерная обработка в основном используется для ремонтной обработки отверстий, канавок деталей таких как бобышки, шейки валов и т. д.

Шлифовальная обработка в основном используется для прецизионной обработки после нанесения покрытия, напыления и другого ремонта деталей.

# Технология испытаний и оценка эффекта

Тестовый запуск газовой турбины после сборки является важнейшим звеном технического обслуживания и может осуществляться в несколько этапов

Аэродинамическая конструкция испытательного стенда газовой турбины должна идеально имитировать условия эксплуатации на площадке, а также должна обеспечивать строгий контроль уровня шума.

Оценка ремонтного эффекта газовой турбины выполняется квалифицированным персоналом, который и принимает в эксплуатацию газовую турбину.

Чтобы сократить время заводского технического обслуживания и снизить затраты нужно постоянно совершенствовать возможности независимого ремонта.

Чтобы избавиться от зависимости дорогостоящего сервиса GE – производителей, - необходимо вместе с нашей системой приёмки оборонных заводов противостоять санкционным рискам