

Разработка технологии
оценки соосности с применением
ТРИЗ

Лохов Сергей Александрович
Главный технолог опытного завода
ПАО «ОДК-Сатурн»

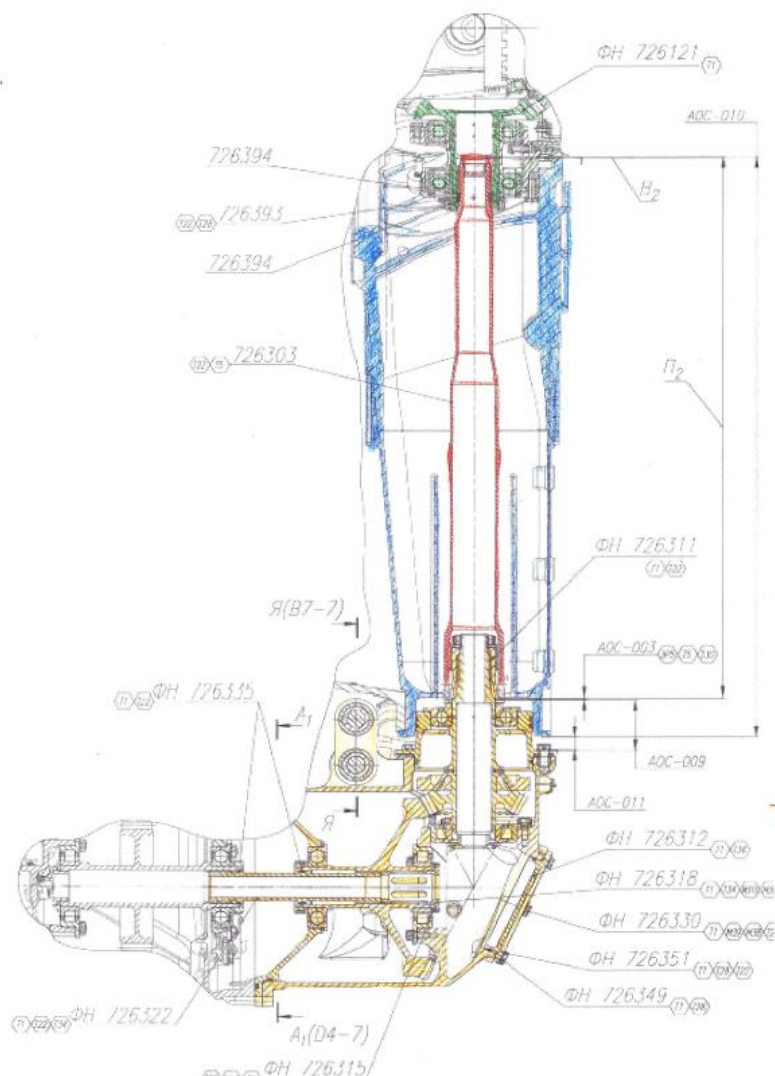
17.04.2025

В процессе проведения испытаний вновь разработанного газотурбинного двигателя выявлен недопустимый уровень вибраций.

Причины вибраций связаны с некорректной работой технической системы осуществляющей вращение приводов агрегатов.

Детали передающие вращение «привод центральный», «шлицевой валик», «угловой конический привод» устанавливаются в «корпус промежуточный».

Детали изготовлены тремя разными предприятиями, прошли все виды проверок и контролей, признаны годными и соответствующими требованиям конструкторской документации.



Проблемная ситуация

В процессе работы двигателей отмечаются недопустимые уровни вибраций.

Состояние комплекта УКП-Валик шлицевой демонтированного 26.06.2023



Состояние шлиц втулки шлицевой
после испытаний



Состояние шлиц валика шлицевого
после испытаний



Поврежденные
уплотнительные кольца
наклеп на посадочном месте
УКП

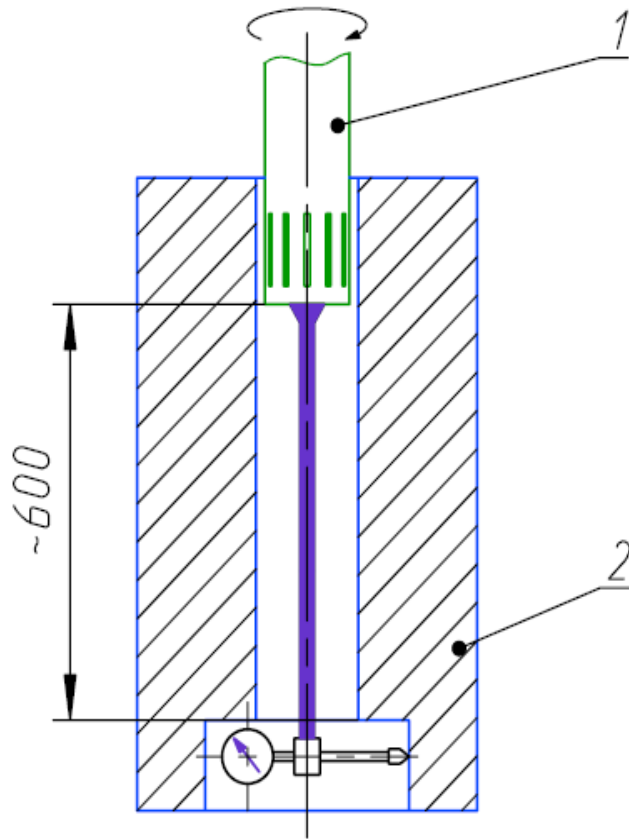
- Износ шлиц
- Следы наклепа
- Поврежденные уплотнительные кольца
- Заклинка сферического подшипника серьги средней УКП

- Детали для замены отсутствуют
- Проведение испытаний двигателей остановлено

Вывод

Наиболее вероятной причиной некорректной работы технической системы связана с несовпадением осей вращения элементов.

Измерить расстояние от оси вращения вала (деталь 1) до оси отверстия. Расстояние должно быть не более 0,6 мм.



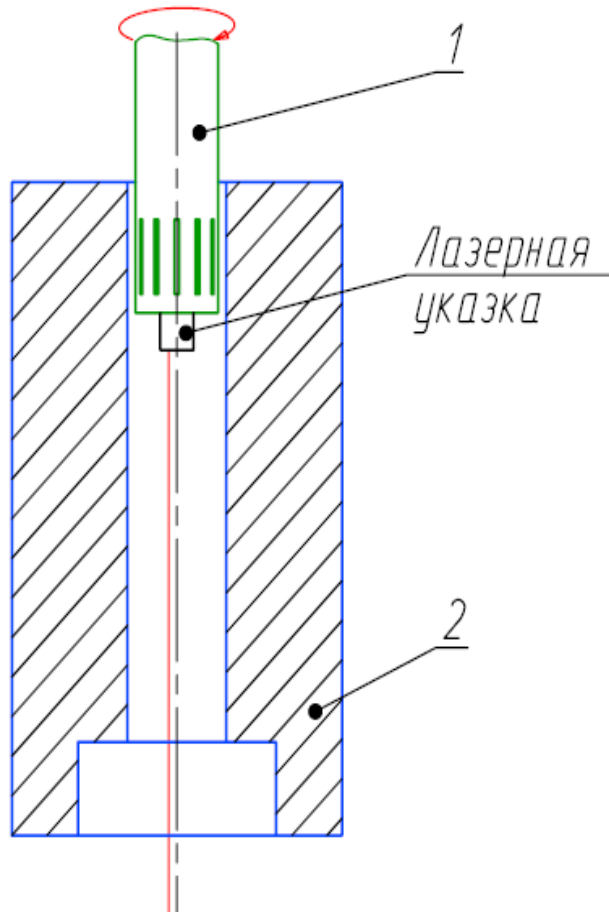
Традиционная технология:

1. Спроектировать и изготовить специальную технологическую оснастку представляющую собой технологический вал для использования часов индикаторного типа.
2. Установить и зафиксировать в деталь 1 технологический вал (функция технологического вала в имитации оси вращения детали 1);
3. Установить на технологический вал часы индикаторного типа;
4. Вращая деталь 1 и наблюдая за показаниями индикаторных часов, измерять биение технологического вала относительно диаметра отверстия в детали 2.

Проблемы:

1. Ось вращения образуется сложнопрофильными шлицами детали 1.
2. Деталь 1 не имеет точных поверхностей, кроме сложнопрофильных поверхностей шлиц;
3. В детали 1 отсутствуют элементы для крепления технологического вала.
4. Невозможно обеспечить жёсткую фиксацию технологического вала относительно детали 1.
5. Доступ к детали 1 возможен только через небольшое отверстие в детали поз.2, а сама деталь 1 расположена глубине ~600 мм.
6. Длина и масса «традиционного» технологического вала будут вносить недопустимые погрешности в результаты измерений;
7. Нет компетенций по решению задачи с существующими условиями.

Формулировка задачи по ТРИЗ



Идеальный Конечный Результат:

Видим ось вращения вала

Противоречие:

Точность измерения/вес подвижного объекта.

По матрице противоречий Альтшуллера необходимо:

№26 Копирование:

б) **Заменить объект или систему объектов их оптическими копиями(изображениями).**

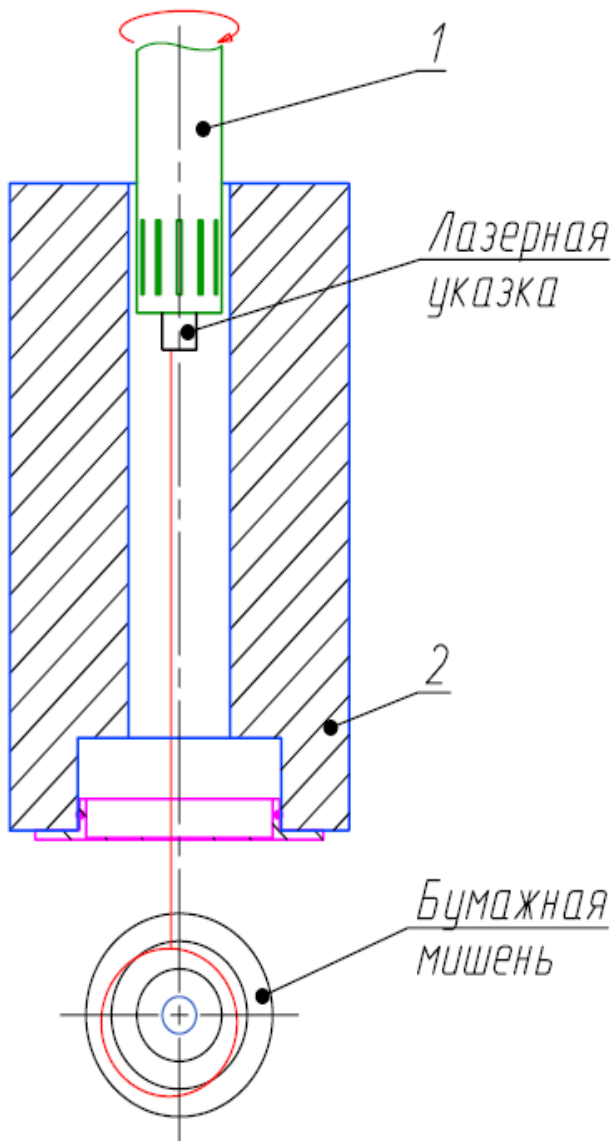
Использовать при этом изменение масштаба(увеличить или уменьшить копии);

№28 Замена механической системы:

а) **заменить механическую систему оптической...**

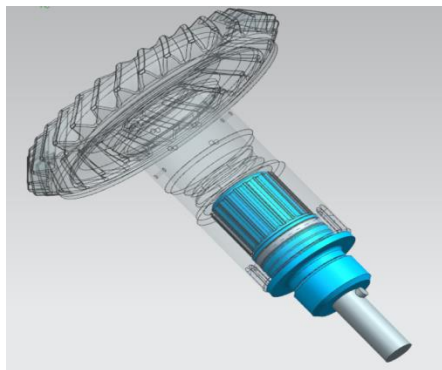
Решение

Используем в качестве имитатора оси вращения вала лазерную указку

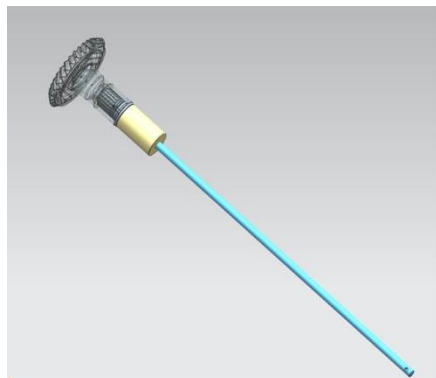


1. Проектируем и изготавливаем технологические элементы для применения лазерной указки.
2. Устанавливаем указку в деталь 1 и бумажную мишень в деталь 2.
3. Наносим траекторию движения лазерного луча на сцентрированную по отверстию в детали 2 бумажную мишень;
4. С помощью контрольно-измерительной машины находим расположение точки, в которой проходит ось вращения детали 1;
5. С помощью программного средства контрольно-измерительной машины определяем расстояние от оси вращения детали 1 до центра отверстия детали 2.

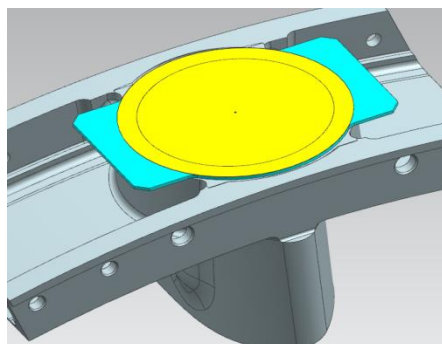
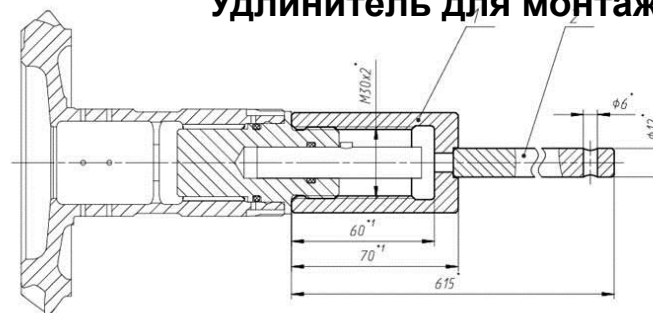
Оснастка для определения расположения оси вращения колеса зубчатого ведомого центрального привода относительно колодца установки привода углового в корпусе промежуточном изделия



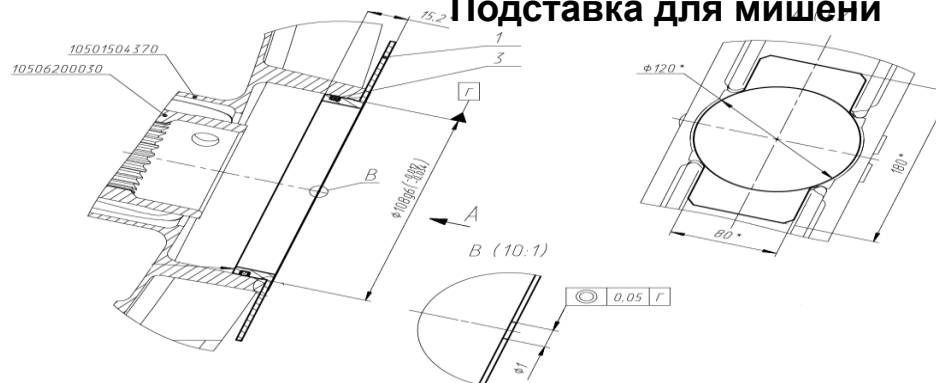
Переходник для крепления лазерной указки



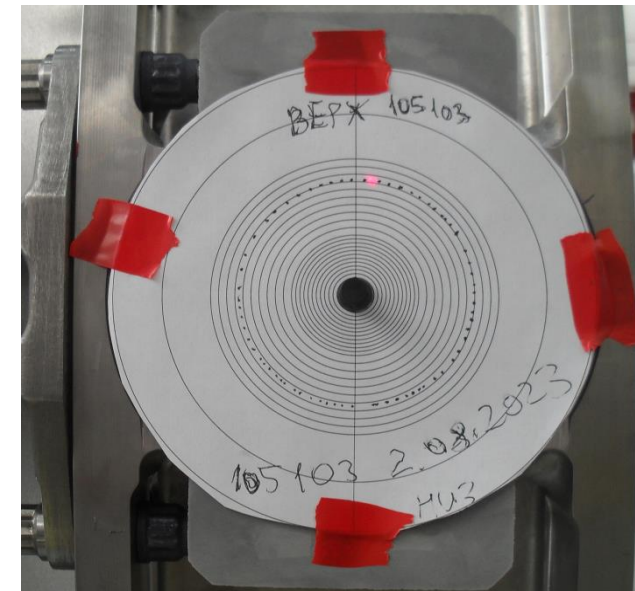
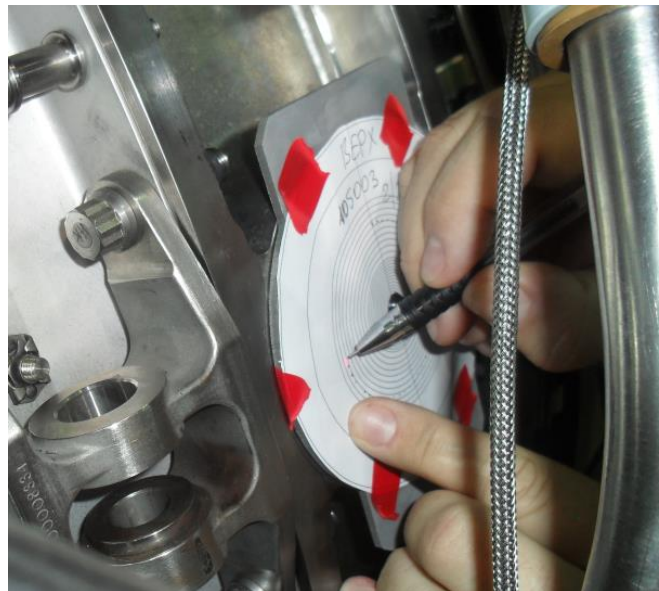
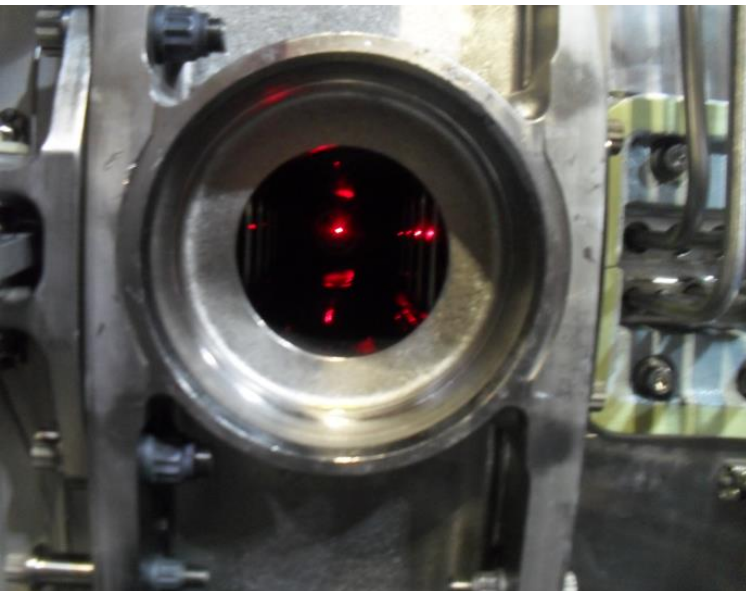
Удлинитель для монтажа переходника



Подставка для мишени



Определение оси вращения колеса зубчатого ведомого центрального привода относительно колодца установки привода углового в корпусе промежуточном газотурбинного двигателя



В процессе выполнения измерений выполняется вращение механизма центрального привода и пошагово на бумажной мишени фиксируются положения лазерного маркера. Таким образом, выполняется построение окружности, в центре которой находится ось вращения зубчатого колеса ведомого относительно оси отверстия корпуса промежуточного (колодец под постановку УКП).

Определение расстояния от оси вращения колеса зубчатого ведомого центрального привода относительно колодца установки привода углового в корпусе промежуточном изделия

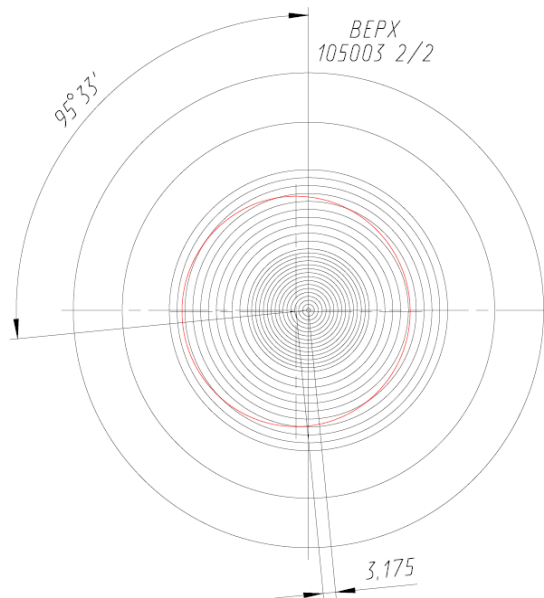
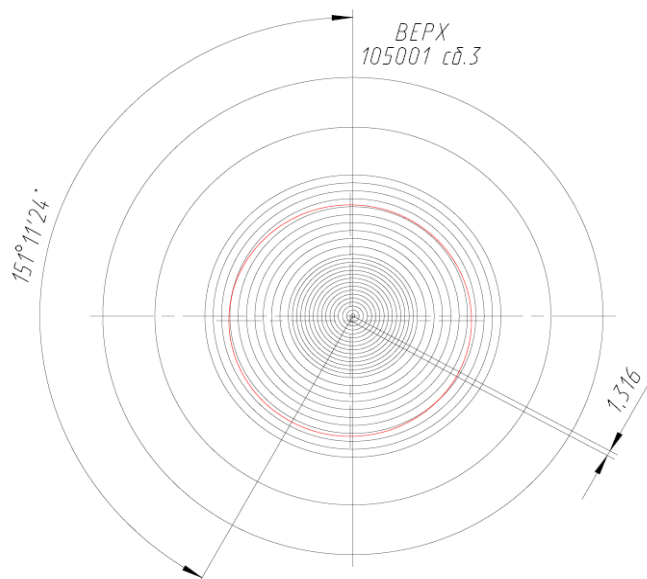
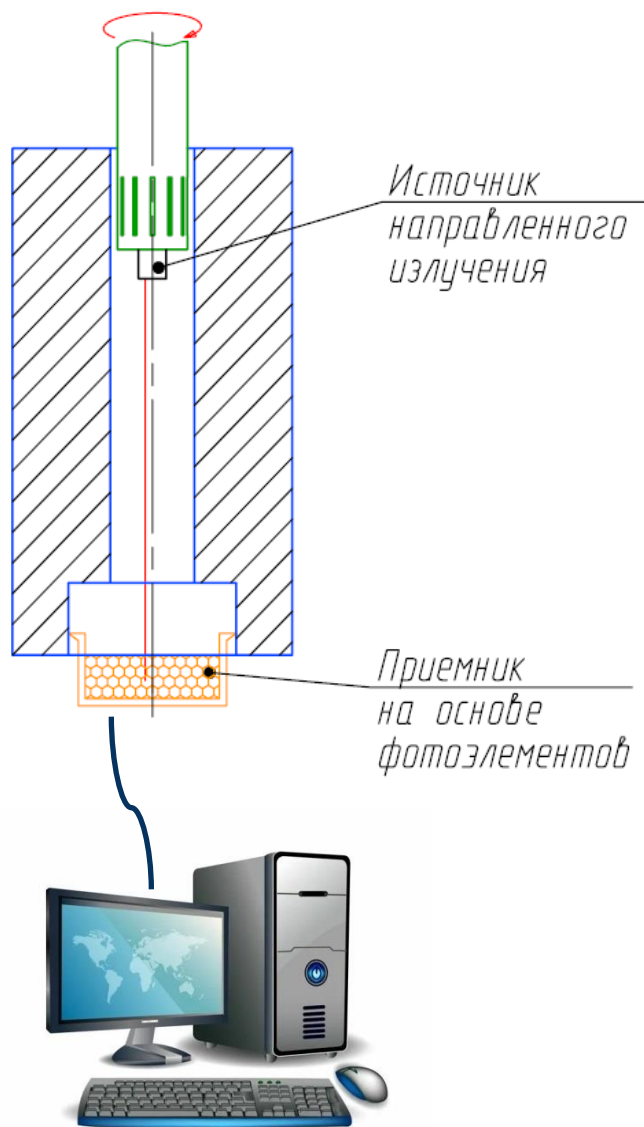


Рисунок 1 – КИМ FARO Arm

В ходе работ, на мишенях по всем нанесенным точкам выполнены построения окружностей вращения лазерной указки и найдены положения осей вращения зубчатого колеса. Затем при помощи КИМ определены смещения осей вращения зубчатого колеса относительно оси отверстий корпусов промежуточных.

Результат

На всех двигателях ось вращения имеет существенные отклонения от требуемой траектории. Направление смещения оси на всех двигателях схожи между собой. По результатам выявления данного факта обнаружены деформации одного из элементов технической системы при их монтаже.

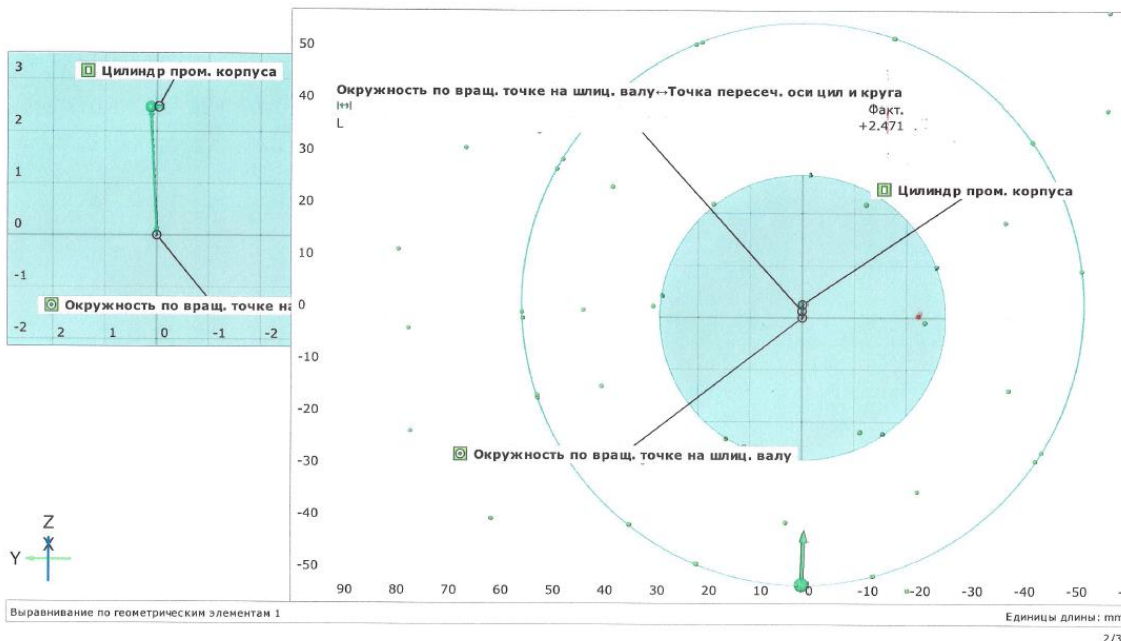
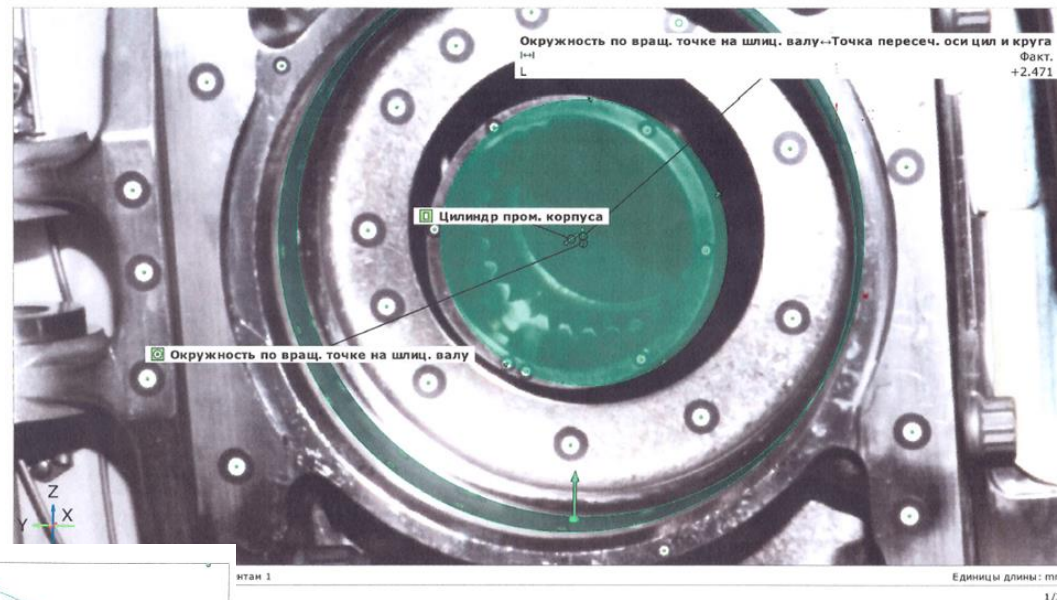
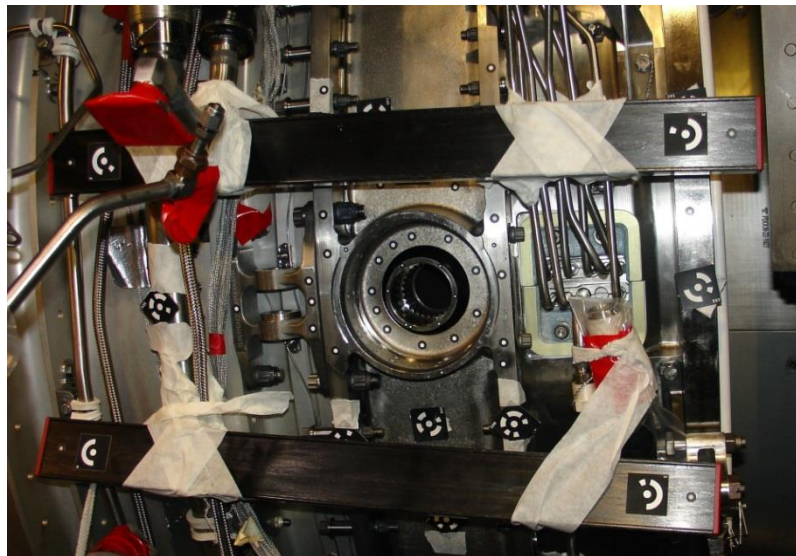


1. По результатам анализа расположения осей вращения зубчатого колеса относительно осей отверстий выявлены и устранены конструктивные недостатки одного из элементов технической системы, что позволило продолжить испытания вновь разработанного газотурбинного двигателя.
2. Освоена и применяется на постоянной основе новая технология измерения соосности.
3. Разработанная технология/алгоритм может стать основой для создания электронного прибора, позволяющего исключить влияние человеческого фактора и существенно увеличить точность измерений.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Измерение соосности ЦП с местом установки УКП, специалистами АО «ОДК-Авиадвигатель»



По результатам измерений была зафиксирована величина 2.471 мм, которая представляет собой смещение центра вращения точки размещенной на торце шлицевого вала относительно места установки УКП. Характер смещение направлен **вертикально вниз**