

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНДОВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕЖРОТОРНОГО ПОДШИПНИКА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Зубко А. И.^{1,2}, Отрох Д. В.¹, Харламов Н. Г.²

¹«ОКБ им. А. Люльки» филиал ПАО «ОДК-УМПО» (Dmitry.Otrokh@yandex.ru)

²ФГБОУВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Ключевые слова: межроторный подшипник, вибрация, диагностика, трендовый анализ.

Контроль работоспособности силовых установок летательных аппаратов оказывает существенное влияние на безопасность выполнения полетов. Одним из самых нагруженных узлов газотурбинного двигателя является межроторный подшипник (МРП) опоры ротора турбины высокого давления. В связи, с чем МРП требует постоянного контроля технического состояния.

В настоящее время существуют различные способы определения технического состояния МРП, включая вибрационную диагностику. Авторами предложен метод сравнения трендов позволяющий контролировать техническое состояние подшипника, основываясь на информации полученной со штатных датчиков вибрации.

Сущность метода заключается в анализе трендов параметров, полученных от бортовых устройств регистрации (БУР) и последующим анализом изменения их зависимостей относительно друг друга.

В качестве объекта исследования использовались несколько двигателей, установленных на самолетах, среди которых присутствовали изделия с подтвержденным выходом из строя межроторного подшипника.

При использовании данного метода требовались параметры общей вибрации и оборотов ротора высокого давления (РВД). На первом этапе из записей БУР производилась выборка отдельных участков выполнения полетного задания продолжительностью 10-15 минут. Из полученных при обработке каждого из выделенных участков результатов строятся тренды общей вибрации (рис. 1а) и оборотов РВД (рис. 2б).

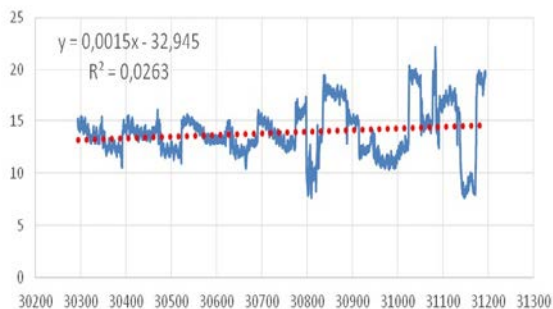


Рис. 1а. Тренд общей вибрации

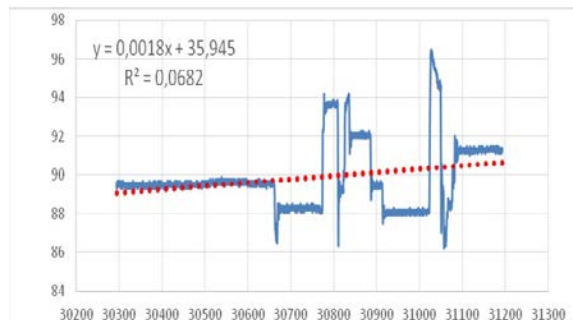


Рис. 1б. Тренд оборотов РВД

При дальнейшем анализе результатов становится очевидно, что линии трендов 2х параметров имеют изменяющийся угол наклона относительно друг друга. Для удобства анализа был введен «коэффициент угловой сходимости» представляющий из себя угол между линиями трендов виброскорости и оборотов ротора высокого давления.

Проведя дальнейший анализ становится очевидно, что изменение угла между трендами параметров изменяется в зависимости технического состояния двигателя. Исследуя график углового коэффициента сходимости от времени работы двигателя можно увидеть, что перед выходом подшипника из строя, на графике наблюдается волнообразное понижение значения, со следующим резким скачком вверх (рис. 2). Следует отметить, что небольшие повышения

коэффициента возможны в каждом полете, что происходит по причине воздействия неровностей взлетно-посадочной полосы на уровень вибрации летательного аппарата и двигателя. Для повышения точности диагностирования данные режимы при проведении анализа не использовались.

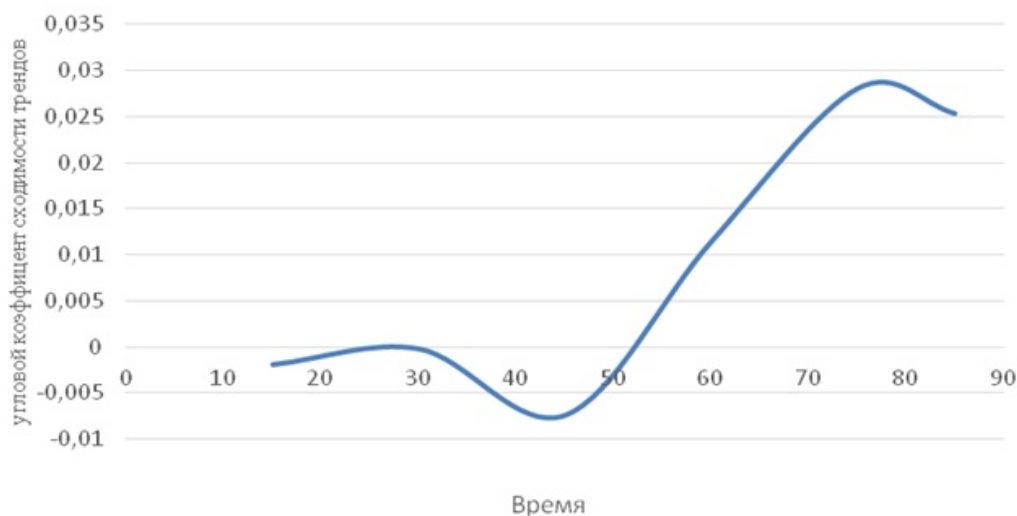


Рис. 2 – График изменения углового коэффициента сходимости

Таким образом, используя данный метод, можно составить диагноз технического состояния подшипника качения опоры вала турбины высокого давления ГТД.

Достоинствами этого метода являются отсутствие необходимости в использовании дополнительного оборудования, так как для анализа идет информация, полученная от штатных датчиков вибрации. Данный способ контроля можно использовать с периодичностью в несколько полетов и при резком изменении значений углового коэффициента сходимости двигатель подлежит отстранению от эксплуатации и отправке в ремонт.

Для подтверждения метода были проанализированы записи полетной информации параметров пяти двигателей полученной при выполнении нескольких полетных заданий. На каждом из двигателей данный метод показал свою работоспособность и заблаговременно обнаружил предстоящий отказ МРП (результаты приведены в табл. 1).

Табл. 1 – Результаты исследования вышедших из строя двигателей

	Время обнаружения выхода из строя
Двигатель №1	За 230 минут (3 полёта)
Двигатель №2	За 40 минут
Двигатель №3	За 40 минут
Двигатель №4	За 20 минут
Двигатель №5	За 135 минут (2 полёта)

Таким образом, предложенный метод может быть использован для проведения диагностирования авиационных газотурбинных двигателей. С целью более раннего обнаружения неисправностей авторами ведется работа по уточнению критериев оценки и подходов к анализу информации.

Список литературы

1. Зубко А. И. Оценка возможности использования субгармонических колебаний в качестве диагностического признака ухудшения технического состояния опоры вала газотурбинного двигателя (ГТД) // Наука вчера, сегодня, завтра: материалы II Международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд-во СибАК, 2013. – С. 35-41.

2. Зубко А. И. Перспективный комплекс виброакустической диагностики подшипников опор авиационных газотурбинных двигателей // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т.23. №1. С. 47 -55.

3. Клюев В. В. Справочник в 8т. Неразрушающий контроль. Т.7 кн.2 Вибродиагностика /В. В. Клюев Гл редактор. М.: Машиностроение, 2006. 829с

Сведения об авторах

Зубко А.И., к.т.н., ведущий конструктор ПАО «ОДК-УМПО» филиал «ОКБ им. А. Люльки», старший преподаватель кафедры 203 ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

E-mail: zbk2@yandex.ru

Отрох Д.В. инженер-конструктор 2 категории ПАО «ОДК-УМПО» филиал «ОКБ им. А. Люльки»,

E-mail: Dmitry.Otrokh@yandex.ru

Харламов Н.Г. студент ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

E-mail: kharlamovnikita@mail.ru

USING TREND ANALYSIS TO DIAGNOSE THE TECHNICAL CONDITION OF THE INTER-ROTOR BEARING

Zubko A.I.¹, Otrokh D.V.¹, Kharlamov N.G.²

¹ A. Lyulka Desidn Bureau – a branch of the United Engine Corporation – Ufa Engine Industrial Association, Moscow (Dmitry.Otrokh@yandex.ru)

² Moscow Aviation Institute (National Research University)" (MAI), Moscow

The authors suggest using trend analysis to diagnose the technical condition of the inter-rotor bearing. The essence of the method is to analyze the relationship between the total vibration and the high-pressure rotor speed. The diagnostic parameter is the angular convergence coefficient introduced for these purposes, which is the difference between the values of vibration trends and revolutions for one period of time. When the technical condition of the bearing deteriorates, its intensive increase is observed