

УДК 621.452.3:53.082.56

ББК 39.55:22.345/.346

C796

Т. Д. Степук

Иркутск, Россия

Г. В. Павлинский

Иркутск, Россия

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ИЗНОСА,
НАКАПЛИВАЕМЫХ НА ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТЕ,
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИХ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ
ПРИ ДИАГНОСТИКЕ МАСЛОСИСТЕМЫ АВИАЦИОННЫХ ГТД**

Предлагается оценка технического состояния авиационного двигателя по интенсивности рентгеновской флуоресценции смыва с его фильтроэлемента. Оценка основана на зависимости рентгенофлуоресцентного аналитического сигнала от размеров металлических частиц, присутствующих в смыве. Число крупных частиц характеризует степень износа двигателя.

Ключевые слова: рентгеновская флуоресценция; техническое состояние авиационного двигателя; смыв с фильтроэлемента; влияние размеров частиц на интенсивность; износные процессы.

T.D. Stepuk

Irkutsk, Russia

G.V. Pavlinsky

Irkutsk, Russia

**EVALUATION OF EFFECT OF SIZE OF WEAR PARTICLES
(ACCUMULATED ON FILTER ELEMENT) ON THE INTENSITY OF
THEIR X-RAY FLUORESCENCE WHEN DIAGNOSING THE OIL SYSTEM
OF AVIATION GTE**

The article gives the assessment of the aviation engine technical status based on intensity of the flush x-ray fluorescence from its filter element. The evaluation rests on dependence of x-ray fluorescence analytical signal on the size of metal particles in the flush. The number of the large particles characterizes the level of wear of the engine.

Key words: x-ray fluorescence; aviation engine technical status; flush from filter element; impact of the size of particles on intensity; wear processes.

Введение

В настоящее время для диагностики авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) используют рентгенофлуоресцентный метод. Этот метод основан на определении содержания металла в пробе масла. В случае превышения граничных значений двигатель считается неисправным и отстраняется от эксплуатации. Такой подход позволяет выявить не более 5% дефектных двигателей, поскольку не учитывает широкое варьирование размеров металлических частиц в анализируемых маслах.

Более полную информацию о степени износа двигателей несут данные о содержании и размерах металлических частиц, уловленных фильтроэлементом, которые варьируют в пределах от долей микрона до сотен микрон. Возникает необходимость разработки новых подходов для оценки технического состояния двигателей с применением рентгенофлуоресцентного метода.

Целью работы является оценка влияния размеров частиц в пробе смыва с фильтроэлемента на интенсивность рентгеновской флуоресценции при диагностировании маслосистемы авиационных ГТД.

Экспериментальная оценка вида распределения частиц от их размеров для исправного и дефектного двигателей

Для определения размера частиц использован электронно-зондовый микроанализатор JXA8200. Данный прибор позволяет определить линейный размер частиц при увеличении до 1000 раз и выполнить определение химического состава каждой частицы.

Пробы смыва с фильтроэлемента проанализированы для исправного и дефектного двигателей. Пробы смыва представляют собой осадок частиц, разбавленный авиационным маслом, а для электронно-зондового микроанализа проба должна быть «сухая». Поэтому проведена пробоподготовка, связанная с выделением частиц из масляной основы с последующим их нанесением на углеродную подложку. На микроанализаторе определены линейные размеры и химический состав отдельных частиц.

В результате электронно-зондового исследования получили набор спектров (рис. 1) с их расшифровкой по элементам и распределение самих частиц на подложке (рис. 2).

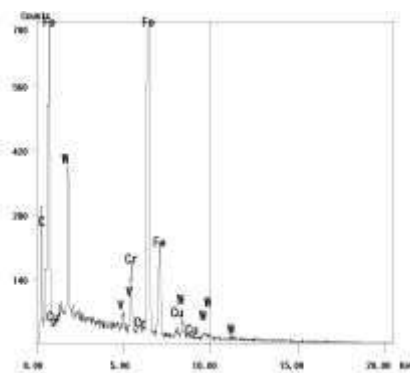


Рис. 1. Регистрограмма частицы износа на основе железа

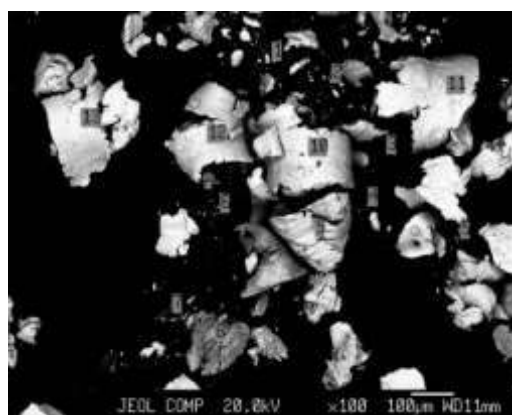


Рис. 2. Снимок области подложки с частицами при увеличении в 100 раз

В итоге, после обработки данных, установили, что для рассматриваемого смыва максимальное количество составили частицы на основе Fe (70,6%). Частицы на основе других элементов: Cu, Mg, Al, Ti, Si, W в сумме не превышают 30% от общего числа частиц.

Для исправного и дефектного двигателей были построены распределения частиц износа на основе Fe (рис. 3 и рис. 4), соответственно.

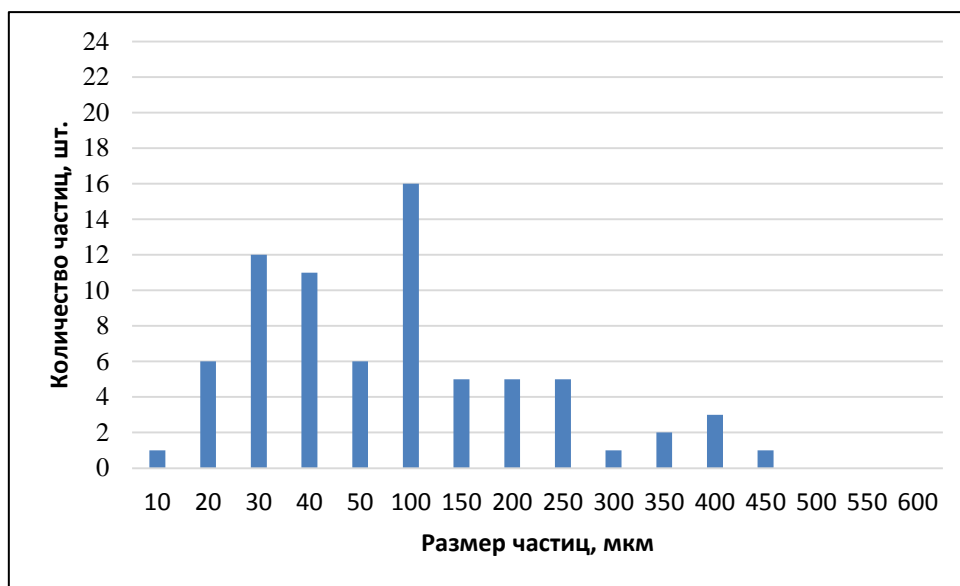


Рис. 3. Распределение частиц износа на основе Fe из исправного двигателя ПС – 90А

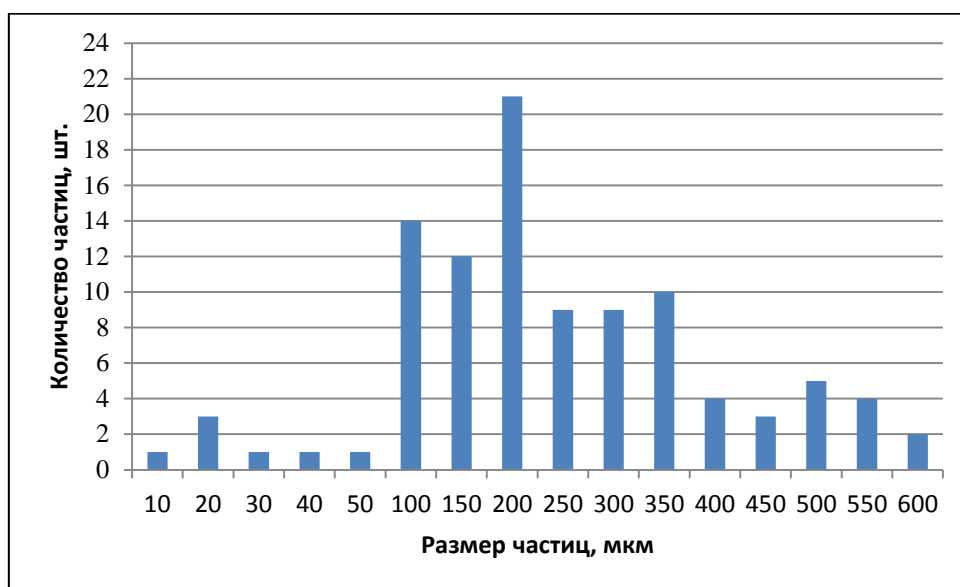


Рис. 4. Распределение частиц износа на основе Fe из дефектного двигателя ПС – 90А

Из сопоставления распределений, представленных на рис. 3 и рис. 4, видно, что максимум распределения для дефектного двигателя смещен в область крупных размеров частиц.

Оценка зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции отдельной частицы от её размеров

Для изучения рассматриваемой зависимости разработана программа, основанная на предположении, что частицы имеют кубическую форму и не перекрываются другими частицами. Расчет позволил сопоставить интенсивности рентгеновской флуоресценции для исправного и дефектного двигателя с учетом изменения гранулометрического распределения частиц.

Влияние размеров частицы на интенсивность ее рентгеновской флуоресценции определяется поглощением в ней первичного и флуоресцентного излучения. Для частиц железа это влияние практически отсутствует (интенсивность растет пропорционально объему частицы) только для размеров 2–3 мкм («тонкий» образец). С увеличением размера рост интенсивности частиц существенно замедляется. Так, при размерах от 10 мкм до 40 мкм (объем частицы вырос в 64 раза) интенсивность флуоресценции частицы увеличивается только в 17 раз. То есть, рост замедляется примерно в 3,8 раза. Интенсивность рентгеновской флуоресценции для кубических частиц [2] разных размеров представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость интенсивности рентгеновской флуоресценции железной частицы от ее размера

Размер (ребро куба), мкм	10	20	30	40	50	100	200	300	400	500
Интенсивность, усл. ед.	0,005	0,03	0,08	0,16	0,24	1,00	3,70	7,78	13,50	20,40

Из приведенных в табл. 1 данных об интенсивности рентгеновской флуоресценции отдельных частиц и из сведений о числе частиц разного размера в исправном и дефектном двигателе (рис. 3 и рис. 4), можно прийти к следующим выводам:

1. Интенсивность рентгеновской флуоресценции частиц железа в дефектном двигателе существенно превышает интенсивность для исправного двигателя. Так, для дефектного двигателя суммарная интенсивность равна 705, а для исправного – 110. То есть для дефектного двигателя интенсивность рентгенов-

ской флуоресценции частиц железа в смывах с маслофильтра выросла в 6 раз по сравнению с исправным двигателем.

2. Если осуществлять мониторинг эксплуатируемого двигателя, то следует иметь в виду, что появление крупной частицы в смыве с маслофильтра заметнее скажется на исправном двигателе. При появлении хотя бы одной крупной частицы (например, 500 мкм) в смыве исправного двигателя интенсивность рентгеновской флуоресценции увеличится на 20%, тогда как появление такой частицы в дефектном двигателе изменит суммарную интенсивность флуоресценции примерно на 4%.

3. Весьма эффективным может оказаться ситовое разделение осадка смыва с масляного фильтра на две фракции через сито 100 мкм с последующим сопоставлением интенсивности рентгеновской флуоресценции полученных фракций. Такой критерий будет весьма чувствителен к появлению крупных частиц на маслофильтре.

Заключение

Данный подход позволяет выявить наличие крупных частиц в пробе смыва с фильтроэлемента, что совершенно необходимо при диагностике авиационных двигателей.

Следующим шагом планируется установить степень исправности двигателей по размеру и количеству частиц в смывах с маслосистемы. Для решения этой задачи необходим более значительный объем экспериментальных данных и их статистическая обработка.

Библиографический список

1. Павлинский Г. В. Рентгеновская флуоресценция. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013 г. – 85 с.
2. Техническая справка. Анализ съёмов двигателей Д-30КП/КУ/КУ-154 за период 2000-2004 гг. по неисправностям узлов, омываемых смазочным маслом. Рыбинск: НПО «Сатурн», 2005. – 27 с.