

УДК 621.89

## МЕТОДИКА СБОРА ЧАСТИЦ ИЗНАШИВАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Е.А. КОНЯЕВ, К.И. ГРЯДУНОВ

В статье предлагается новый подход сбора частиц из маслосистемы с целью повышения эффективности диагностирования деталей и узлов авиационных ГТД.

**Ключевые слова:** отбор проб, диагностирование, маслосистема, частицы изнашивания, гранулометрический анализ, четырехшариковая машина трения.

В настоящее время установлено, что диагностирование двигателей по содержанию металлов в рабочих маслах не является эффективным [1; 2]. Статистические данные проведенных авторами исследований позволили оценить достоверность определения состояния двигателя указанными методами от 0 до 0,05. Суммарная вероятность ошибки методов (первого и второго рода) - 0,95. Аналогичные результаты показаны в работах и других специалистов [3; 4]. Другими словами, методы диагностирования ГТД по параметрам продуктов изнашивания в масле не работают.

Проведенные авторами ранее исследования [5; 6] теоретически обосновали и экспериментально доказали определяющее влияние метода отбора проб масла на результаты определения состояния узла трения.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории «Химмотология» МГТУ ГА с использованием следующего основного оборудования: ЧМТ-1, АДК «Призма», Гран 152.1.

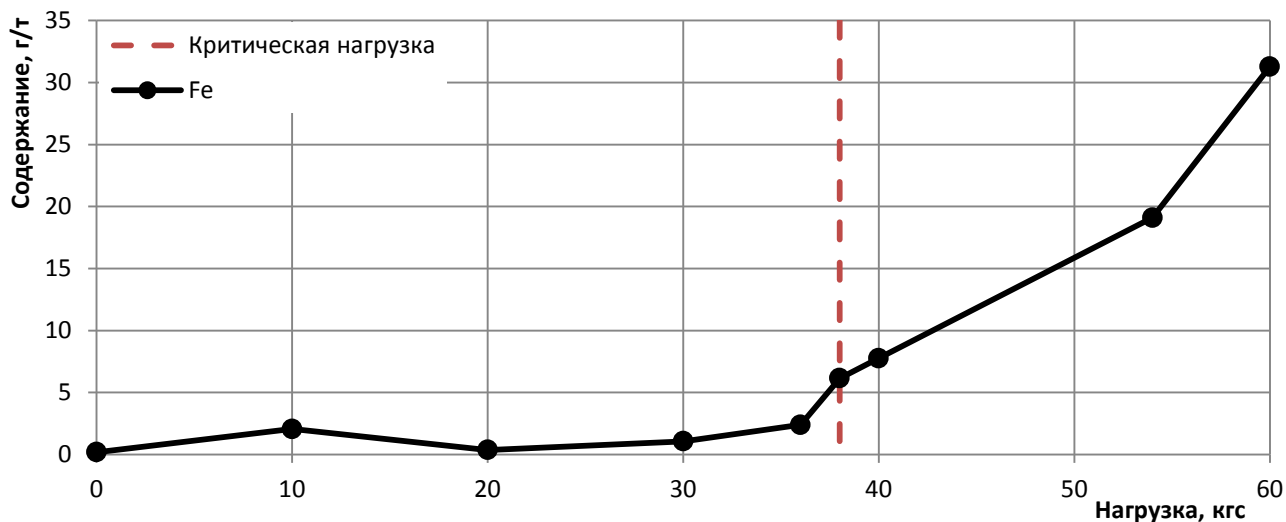
Было показано, что никакие методы отбора проб масла из узла трения не позволяют получить достаточной информации для достоверного определения степени его разрушения. Более того, в большинстве случаев анализ частиц в отобранной пробе приводит к ошибочным результатам, совершенно не отражающим реально происходящих процессов в узле трения [5; 6].

Эксперимент по определению состояния узла трения по содержанию частиц железа в пробе масла проводился при следующих условиях: а) полное вымывание частиц изнашивания из узла трения после программного нагружения и последующего контроля на АДК «Призма»; б) верхний отбор пробы масла из узла с последующим нагружением и контролем, как и в первом варианте; в) нижний отбор пробы масла из узла через специально выполненное отверстие, закрываемое на время испытания пробкой.

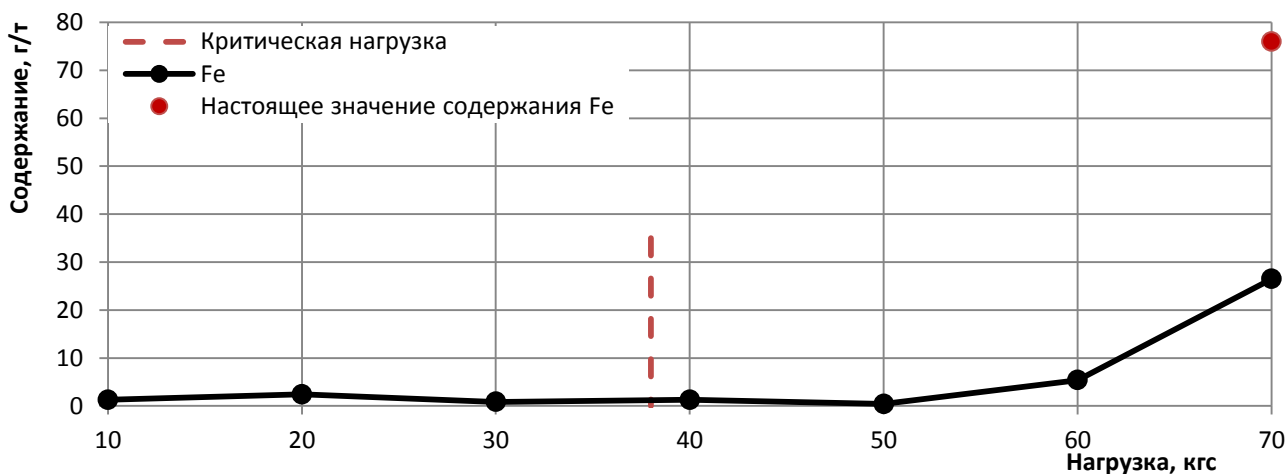
Программа эксперимента:

- выполняли ряд десятисекундных испытаний на ЧМТ-1 в соответствии с ГОСТ 9490-75 и руководством по эксплуатации ЧМТ-1;
- после каждого испытания сливали и отбирали масло одним из указанных способов из ЧМТ-1 и проводили анализ масла на содержание металлов на АДК «Призма».

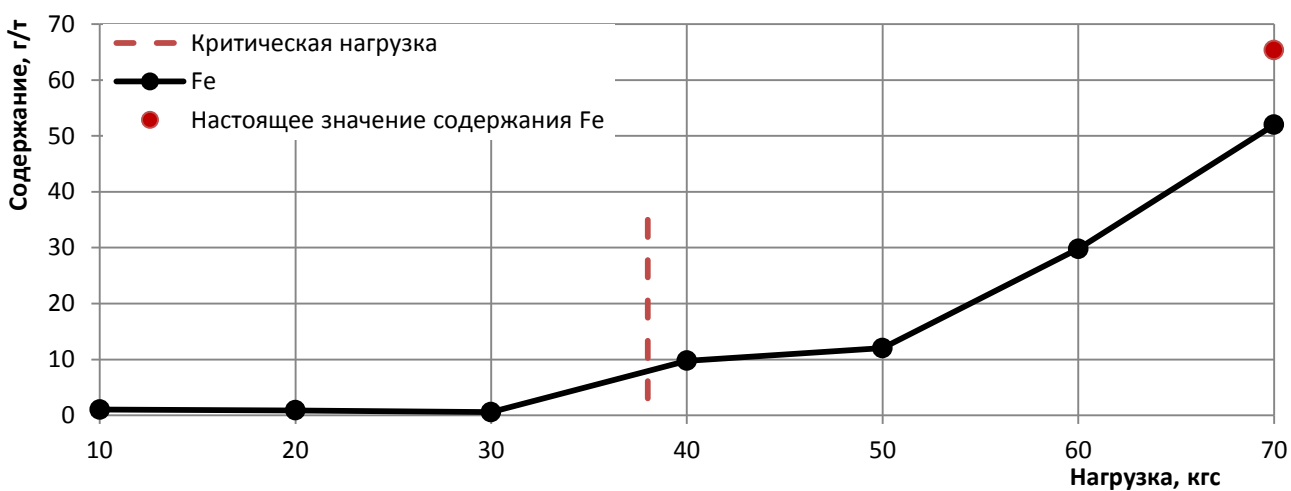
Результаты эксперимента показаны в табл. 1 и на рис. 1-3 [5; 6].



**Рис. 1.** Содержание металлов в пробах в зависимости от прикладываемой нагрузки при полном вымывании частиц изнашивания из узла



**Рис. 2.** Зависимость содержания железа в пробах от действующей нагрузки при верхнем отборе пробы масла



**Рис. 3.** Зависимость содержания железа в пробах от действующей нагрузки при нижнем отборе пробы масла

Результаты исследований других металлов, содержащихся в пробе масла аналогичны. Исследования подтверждены анализами гранулометрического состава проб, проводимыми при тех же условиях [5; 6].

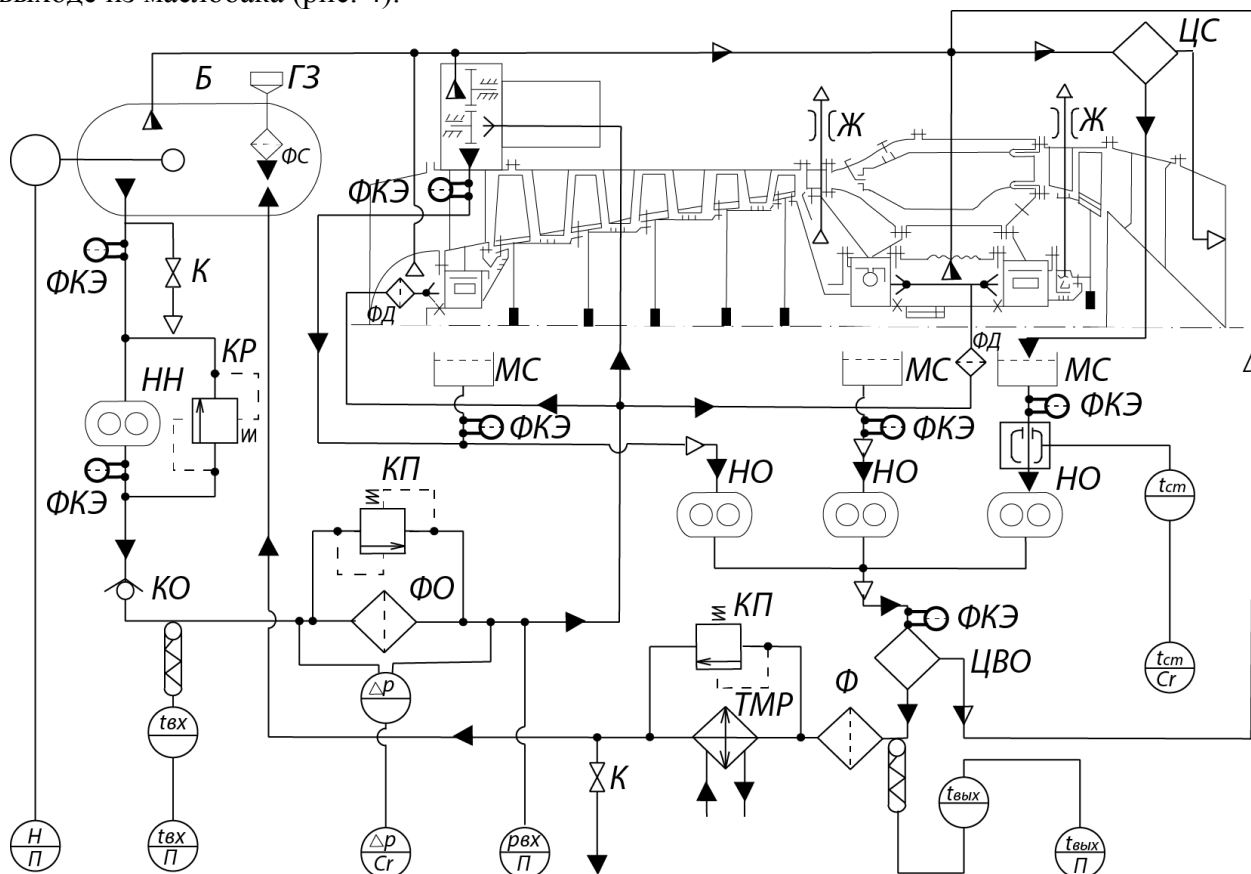
Результаты этого комплекса экспериментов позволили сформулировать ряд рекомендаций по повышению эффективности применения методов раннего диагностирования в эксплуатации.

Основная рекомендация – это закладывать возможность диагностирования деталей и узлов авиационного двигателя при разработке двигателя.

Основной задачей при реализации данной рекомендации является сбор диагностической информации (частиц изнашивания), достоверно отражающей состояние деталей и узлов на всех стадиях развития неисправности.

Способом решения данной задачи может быть применение принципиально иного подхода к сбору металлических частиц изнашивания для их последующего анализа.

Предлагается полностью заменить текущую научно необоснованную и неинформативную процедуру отбора проб масла из двигателей, предусмотренную действующими бюллетенями, осмотром специально установленных контрольных элементов в магистралях маслосистемы двигателя (фильтрующие контрольные элементы) в следующих местах: после каждой из опор двигателя, на выходе из коробки приводов, после нагнетающего насоса и насосов откачки, на выходе из маслобака (рис. 4).



**Рис. 4.** Схема маслосистемы замкнутого типа с указанием установки фильтрующих контрольных элементов (ФКЭ): Б – бак; ГЗ – заливная горловина; ФС – фильтрующая сетка; К – кран; НН – нагнетающий насос; КР – редукционный клапан; КО – обратный клапан; ФО – основной фильтр; КП – перепускной клапан; ФД – дополнительный фильтр; МС – маслосборники; НО – откачивающие насосы; ЦВО – центробежный воздухоотделитель; Ф – фильтр; ТМР – тепло-масляный радиатор; ЦС – центробежный суфлер; Ж – жиклер; ФКЭ – фильтрующий контрольный элемент

Конструктивно данные контрольные элементы могут быть выполнены различно, и эти решения требуют отдельных исследований. Например, это могут быть фильтры с диаметром ячеек 3-5 мкм, установленные в магистраль байпасно так, чтобы часть масла могла проходить через них с целью улавливания частиц изнашивания, не создавая при этом помех работе масляной системы, как показано на рис. 4.

Для диагностирования двигателя по частицам изнашивания, находящимся в работающем масле, производится периодический осмотр данных контрольных элементов, и при наличии на них частиц последние количественно и качественно исследуются на соответствующих приборах. Поэтому конструктивно необходимо обеспечить высокую эксплуатационную технологичность и выполнить фильтры так, чтобы без дополнительной подготовки переносить их сразу на прибор распознавания, а на их место ставить другие фильтры. Для того чтобы ячейки фильтров не забивались откладывающимися на них смолами, образующимися при работе маслосистемы, необходимо подбирать соответствующие материалы фильтров, например, керамику. При этом каждый раз необходимо производить осмотр и штатных контрольных элементов двигателя (магнитных пробок, фильтров, стружкосигнализаторов). Устанавливается периодичность осмотров, которая на исправном двигателе может составлять каждые 50 ч. При наличии замечаний осмотр производится после каждого полета.

Данный подход обеспечит эффективный сбор диагностической информации, а также адгезность возможного дефекта. Также позволит сократить лишнюю процедуру отбора проб масла из двигателя, предназначенных для лаборатории диагностики.

Наличие разрушений часто связано с выработкой ресурса масла, поэтому контроль физико-химических показателей масла должен быть максимально частым и полным. Желательна установка системы контроля физико-химических показателей масла непосредственно в магистрали маслосистемы, обеспечивающая непрерывный контроль этих показателей при работе двигателя и передающая результаты на бортовой компьютер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дроков В.Г. *Повышение достоверности результатов диагностирования газотурбинных двигателей сцинтилляционным методом с целью снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации воздушных судов*: дисс. ... д-ра техн. наук. М., 2009.
2. Дасковский М.И., Машошин О.Ф. Эффективность комплексного применения различных методов трибодиагностики при эксплуатации двигателя ПС-90А // *Научный Вестник МГТУ ГА*. № 178. 2012.
3. Богоявленский А.А. *Формирование системы обеспечения единства измерений концентрации продуктов изнашивания при диагностировании авиационных ГТД*: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1994.
4. Дасковский А.И. *Обоснование диагностического критерия и разработка методики повышения достоверности его оценки при анализе концентрации продуктов изнашивания в работавшем масле*: дисс. ... канд. техн. наук. М., 2002.
5. Коняев Е.А., Грядунов К.И., Ардешири Ш., Джафари П. Влияние метода отбора проб масла на диагностирование узла трения // *Научный Вестник МГТУ ГА*. № 206. 2014.
6. Коняев Е.А., Грядунов К.И. Влияние метода отбора проб масла на гранулометрический состав пробы // *Научный Вестник МГТУ ГА*. № 206. 2014.

#### WEAR PARTICLES COLLECTION METHOD FOR AVIATION ENGINE PARTS AND ASSEMBLIES DIAGNOSTICS

Konyaev E.A., Gryadunov K.I.

A new approach for wear particles collection from the oil system to improve aviation engine parts and assemblies diagnostic efficiency is suggested in the article.

**Keywords:** sampling, diagnostics, oil system, wear particles, grain size analysis, four-ball friction machine.

## REFERENCES

1. **Drokov V.G.** *Povyshenie dostovernosti rezul'tatov diagnostirovaniya gazoturbinnih dvigatelej scintilljacionnym metodom s cel'ju snizhenija riskov vozniknovenija chrezvychajnyh situacij pri jekspluatacii vozdushnyh sudov*: diss. ... d-ra tehn. nauk. 2009. (In Russian).
2. **Daskovskij M.I., Mashoshin O.F.** *Jefferektivnost' kompleksnogo primenenija razlichnyh metodov tribodiagnostiki pri jekspluatacii dvigatelja PS-90A*. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. № 178. 2012. (In Russian).
3. **Bogojavlenskij A.A.** *Formirovanie sistemy obespechenija edinstva izmerenij koncentracii produktov iznashivaniya pri diagnostirovanii aviacionnyh GTD*: diss. ... kand. tehn. nauk. M. 1994. (In Russian).
4. **Daskovskij A.I.** *Obosnovanie diagnosticheskogo kriterija i razrabotka metodiki povyshenija dostovernosti ego ocenki pri analize koncentracii produktov iznashivaniya v rabotavshem masle*: diss. ... kand. tehn. nauk. M. 2002. (In Russian).
5. **Konjaev E.A., Grjadunov K.I., Ardeshiri Sh., Dzhafari P.** *Vlijanie metoda otbora prob masla na diagnostirovanie uzla trenija*. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. № 206. 2014. (In Russian).
6. **Konjaev E.A., Grjadunov K.I.** *Vlijanie metoda otbora prob masla na granulometricheskij sostav proby*. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. № 206. 2014. (In Russian).

## Сведения об авторах

**Коняев Евгений Алексеевич**, 1937 г.р., окончил РИИ ГА (1959), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, автор более 200 научных работ, область научных интересов – диагностика авиационных ГТД, авиационная химмотология топлив и масел.

**Грядунев Константин Игоревич**, 1986 г.р., окончил МГТУ ГА (2008), инженер кафедры авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, автор 16 научных работ, область научных интересов – эксплуатация летательных аппаратов, диагностирование пар трения ГТД.