

УДК 621.89+665.6

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ОТБОРА ПРОБ МАСЛА НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОБЫ

Е.А. КОНЯЕВ, К.И. ГРЯДУНОВ

Представлены результаты экспериментов, показывающие влияние метода отбора проб масла из узла трения на результаты гранулометрического анализа пробы.

Ключевые слова: ГРАН, гранулометрический анализ, четырехшариковая машина трения (ЧМТ-1), диагностирование, изнашивание, отбор проб, масло МС-20.

На данный момент времени не решена задача эффективного определения состояния деталей и узлов двигателей и систем самолетов средствами раннего диагностирования по качественному и количественному анализу рабочих жидкостей на содержание в них механических примесей [1; 2; 3].

Авторы статьи связывают это явление с недостоверностью информации, содержащейся в отбираемой современными методами пробе масла.

Актуально провести эксперимент, позволяющий оценить влияние отбора проб масла на диагностирование модельного узла трения гранулометрическим методом.

Гранулометрический анализ масла, отобранного из узла трения, проводился при следующих условиях:

- при полном вымывании частиц изнашивания из узла трения;
- при верхнем отборе пробы масла;
- при нижнем отборе пробы масла.

Гранулометрический анализ проводился на автоматическом приборе ГРАН 152. Моделирование изнашивания осуществлялось на четырехшариковой машине трения (ЧМТ-1). Оборудование находится в лаборатории «Химмотология» МГТУ ГА.

1. Определение возможности распознавания состояния узла трения по результатам гранулометрического состава пробы при полном вымывании частиц изнашивания

В данном эксперименте поставлена задача исследовать наиболее полную информацию по гранулометрическому составу частиц изнашивания узла трения, поэтому каждый раз с корпуса для зажима шариков ЧМТ-1 смывались керосином практически все металлические частицы, которыми дополняли слитое из узла трения масло и далее проводили анализ на приборе ГРАН 152-1. После каждого эксперимента зажим промывался керосином, т.е. минимизировалась возможность увеличения содержания от добавления остатков металлов предыдущих испытаний, шарики для испытаний менялись после каждого нагружения.

Результаты эксперимента представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Полученные результаты показывают, что при полном вымывании частиц изнашивания из узла трения возможно диагностирование его состояния по параметру «количество частиц». При этом, начиная с критической нагрузки (38 кг (значение для масла МС-20 получено ранее)), количество мелких частиц (5-10 мкм) уменьшается, а количество крупных частиц (более 25 мкм) резко возрастает. Количество частиц размером 10-25 мкм начинает уменьшаться при высоких (закритических) нагрузках. Характер изменения количества частиц более 25 мкм идентичен (рис. 2).

Таблица 1

Результаты эксперимента

Нагрузка, кг	Количество частиц различных размеров, мкм				
	5-10	10-25	25-50	50-100	> 100
0	21016	4790	32	26	18
10	80940	22564	588	68	25
20	77916	24160	480	172	18
30	89788	18580	768	136	24
36	82280	25392	2512	388	114
38	79392	32152	3100	660	140
40	74588	42696	3280	940	196
54	73768	56144	6396	1452	232
60	67548	49332	7576	2752	624

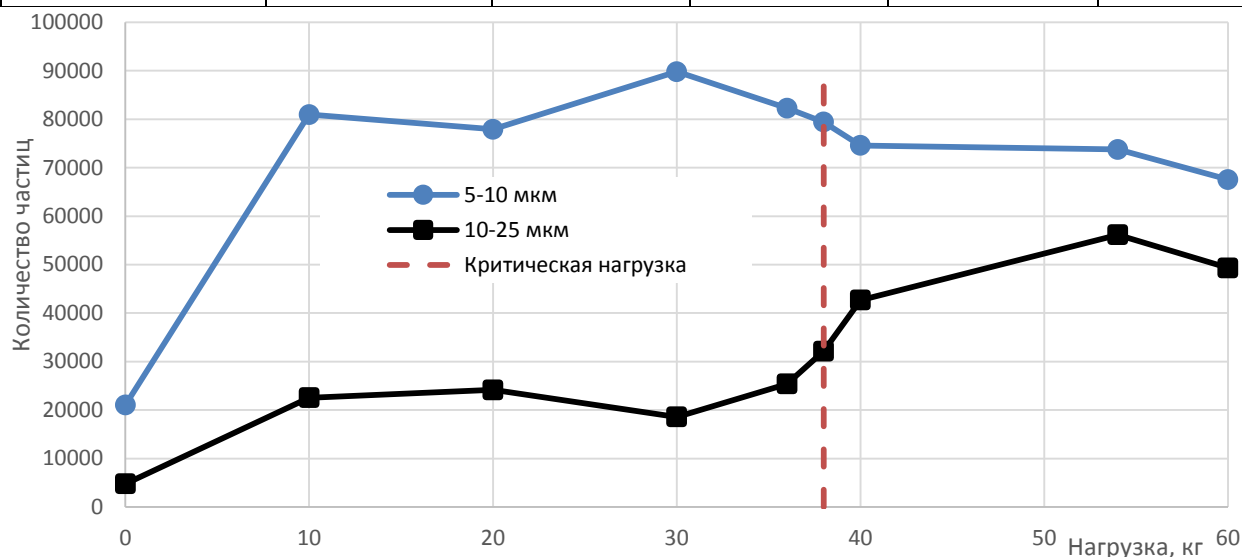


Рис. 1. Зависимость количества частиц размером 5-25 мкм от нагрузки

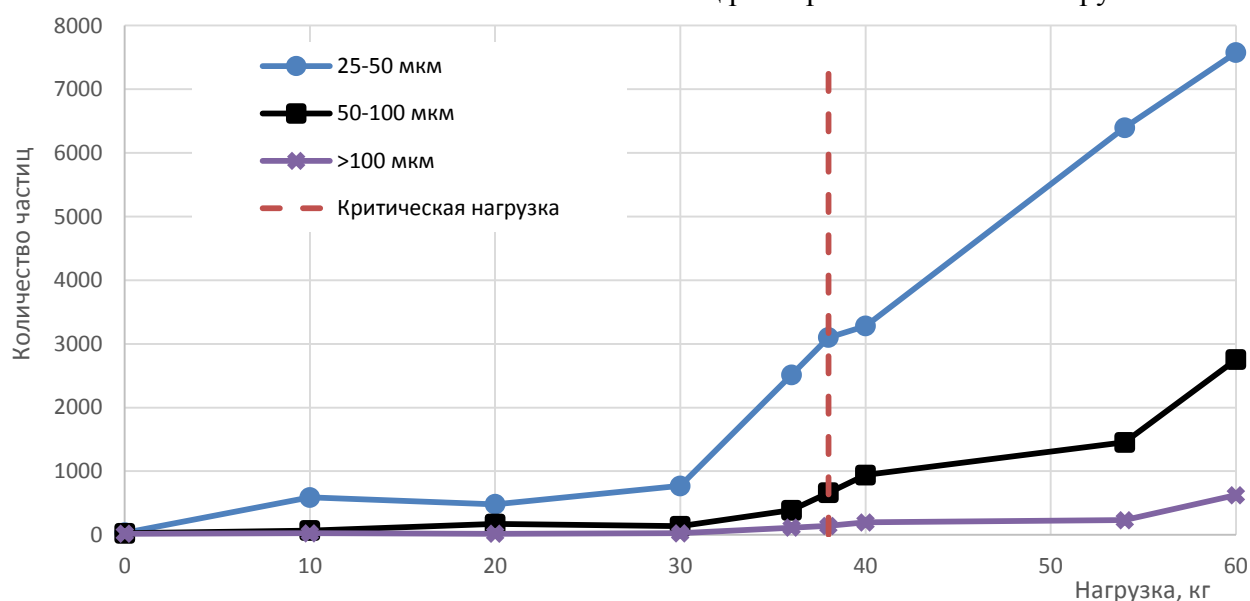


Рис. 2. Зависимость количества частиц размером 25 мкм и более от нагрузки

2. Определение возможности распознавания состояния узла трения по результатам гранулометрического состава пробы при верхнем отборе пробы масла

В данном эксперименте после десятисекундных нагружений зажим для шариков не разбирается, масло сливается полностью самотеком путём переворачивания зажима. С малой долей погрешности можно считать данный вид отбора пробы идентичным верхнему отбору проб специальными приспособлениями.

В ходе эксперимента для большего разрушения шариков они ни разу не меняются (в том числе верхний шарик). После каждого испытания масло полностью сливается, заливается свежее, шарики и зажим не промываются, т.е. происходит постоянное накопление частиц изнашивания. Проба масла разбавляется керосином и в объеме 25 мл анализируется на приборе ГРАН для определения гранулометрического состава частиц изнашивания, попавших в отбираемую пробу.

Слив масла осуществляется через 5-7 с после останова двигателя ЧМТ. При сливе зажим находится в перевернутом состоянии 4-5 с. Шарики и масло идентичны предыдущим экспериментам.

После последнего нагружения полностью разбирается и промывается зажим и производится оценка реального содержания металлов.

Результаты эксперимента представлены в табл. 2 и на рис. 3, 4.

Таблица 2

Результаты эксперимента

Нагрузка, кг	Количество частиц различных размеров, мкм				
	5-10	10-25	25-50	50-100	> 100
10	41002	2852	262	28	0
20	39932	2464	60	30	6
30	50806	2692	34	18	2
40	49654	2238	10	2	0
50	39572	1568	10	0	0
60	41480	2156	6	0	0
Все смыто	64560	55024	6871	2910	610

Результаты эксперимента в табл. 2 показывают, что если не вымывать частицы изнашивания из зажима, то анализ слива масла сверху на ГРАН не несет в себе достоверной информации о состоянии узла трения. В табл. 2 и на рис. 3, 4 нет возможности выделить границы, полученные в предыдущем эксперименте. На рис. 3, 4 обозначены значения критической нагрузки (получены ранее).

Показательны последние две строки табл. 2. Видно существенное отличие в анализах масла при нагрузке в 60 кгс и анализе масла после того, как частицы изнашивания были максимально смыты и помещены в пробу.

На рис. 3, 4 показаны настоящие значения количества частиц металлов в конце эксперимента, когда все частицы тщательно смывались с кюветы. Видно, что они принципиально отличаются от полученных путем недостоверного (верхнего) отбора проб.

Значения количества частиц при данном виде отбора проб не отличаются при увеличении нагрузок на узел трения и приводят к пропуску дефекта.

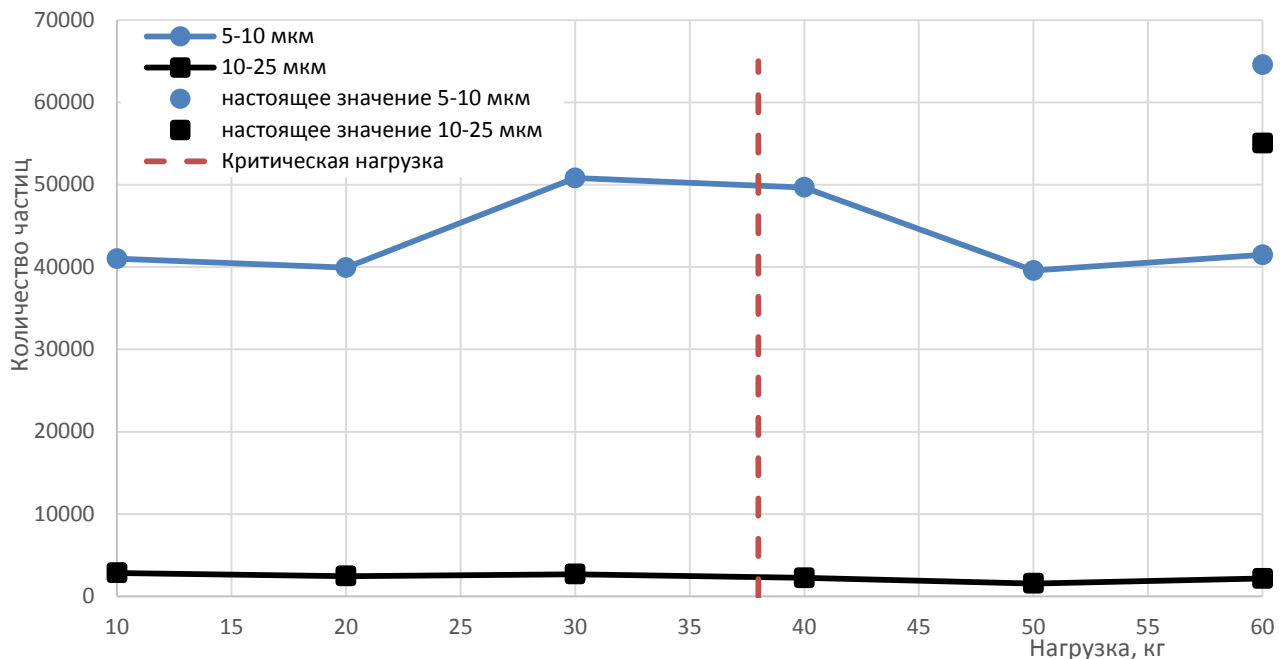


Рис. 3. Зависимость количества частиц размером 5-25 мкм от нагрузки при верхнем отборе пробы

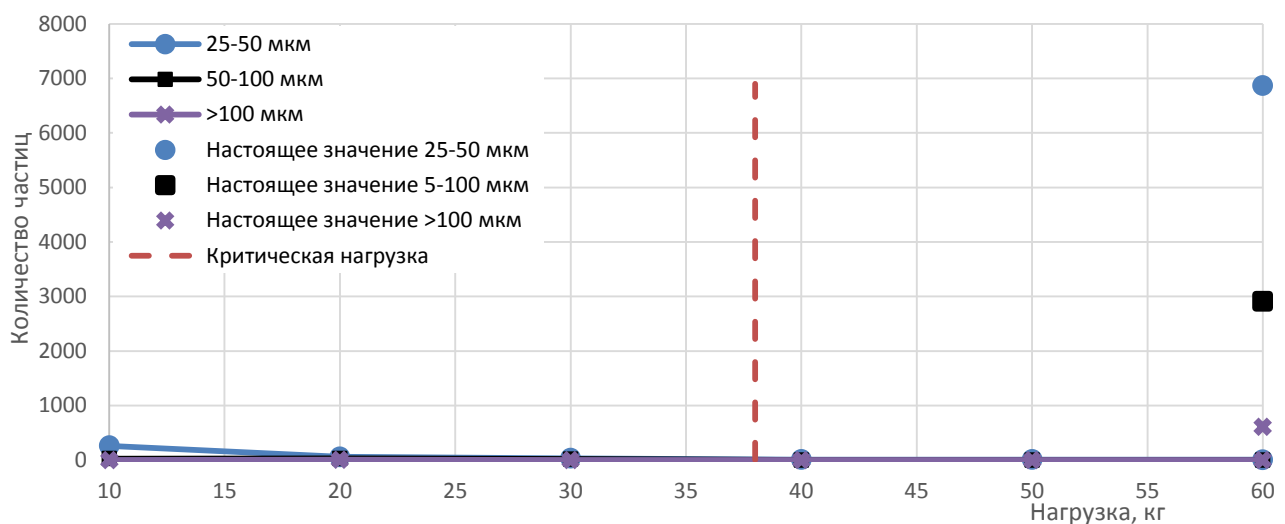


Рис. 4. Зависимость количества частиц размером более 25 мкм от нагрузки при верхнем отборе пробы

Таким образом, проба масла, отбираемая сверху и поступающая на анализ, не несет в себе информации, достаточной для определения состояния узла трения.

3. Определение возможности распознавания состояния узла трения по результатам гранулометрического состава пробы при нижнем отборе пробы масла

Нижний отбор масла в эксперименте осуществляется из специально просверленного отверстия в центре зажима для шариков ЧМТ-1. Отверстие располагается точно в плоскости вертикального сечения верхнего вращающегося шарика. Можно утверждать, что максимальное количество частиц изнашивания будет концентрироваться точно над точкой слива.

После каждого нагружения масло полностью сливается через данную точку слива, разбавляется маслом и в объеме 25 мл анализируется на приборе ГРАН для определения гранулометрического состава частиц изнашивания, попавших в отбираемую пробу.

После последнего нагружения полностью разбирается и промывается зажим и производится оценка реального количества частиц изнашивания.

Результаты эксперимента представлены в табл. 3 и на рис. 5, 6.

Таблица 3

Результаты эксперимента

Нагрузка, кг	Количество частиц различных размеров, мкм				
	5-10	10-25	25-50	50-100	> 100
10	66576	3608	24	0	0
20	49236	3588	52	4	0
30	51308	932	0	0	0
40	55840	1052	16	52	3
50	52712	904	16	104	64
60	42250	2311	6	21	5
Все смыто	75524	62068	8252	2836	552

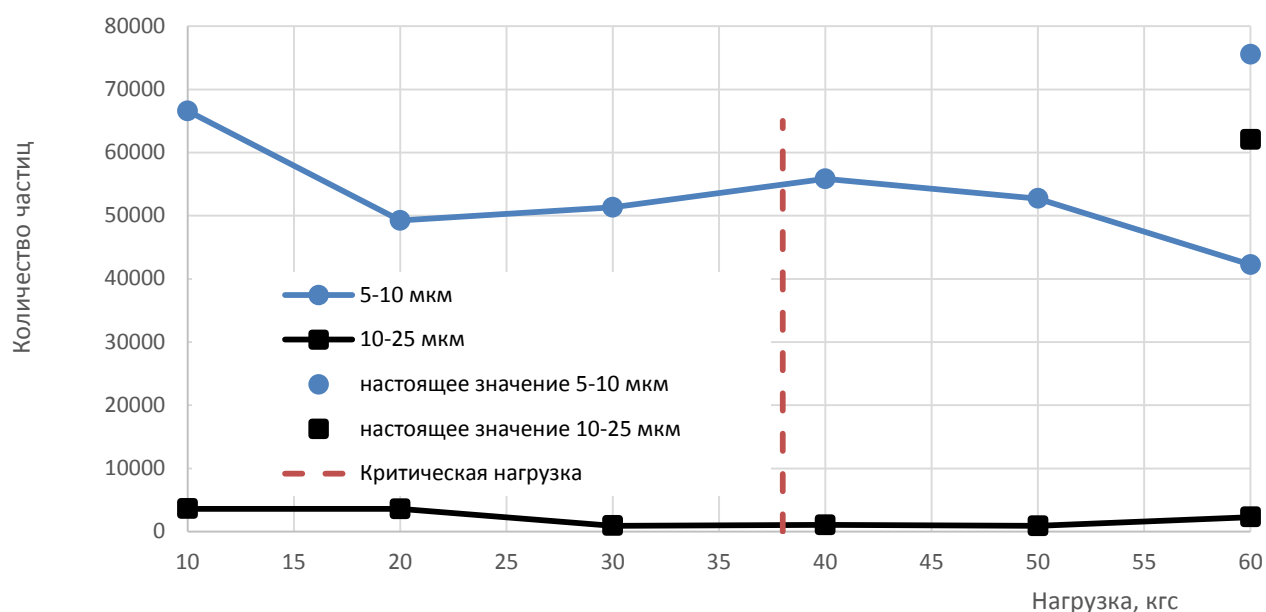


Рис. 5. Зависимость количества частиц размером 5-25 мкм от нагрузки при нижнем отборе пробы

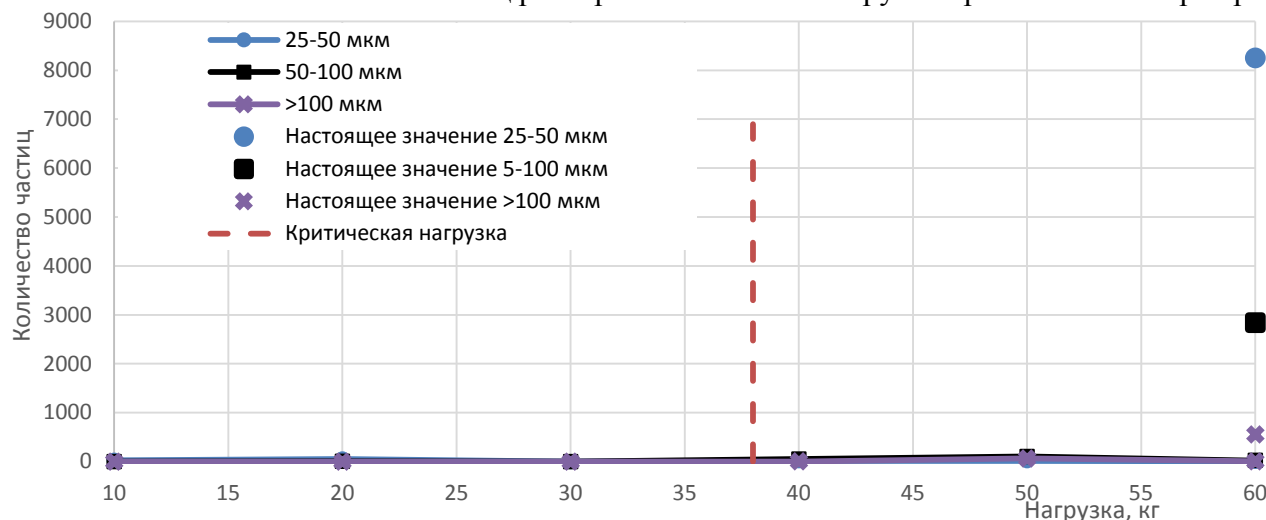


Рис. 6. Зависимость количества частиц размером более 25 мкм от нагрузки при нижнем отборе пробы

Результаты эксперимента в табл. 3 практически не отличаются от результатов предыдущего эксперимента и показывают, что если не вымывать частицы изнашивания из зажима, то анализ проб масел, полученных нижним сливом из зажима, на ГРАН не несет в себе достоверной информации о состоянии узла трения. В табл. 3 и на рис. 5, 6 нет возможности выделить границы разрушения, полученные в первом эксперименте. На рис. 5, 6 обозначены значения критической нагрузки (получены ранее).

Последние две строки табл. 3 показывают существенное отличие в анализах масла при нагрузке в 60 кгс и анализе масла после того, как частицы изнашивания были максимально смыты и помещены в пробу.

На рис. 5, 6 показаны настоящие значения количества частиц металлов в конце эксперимента, когда все частицы тщательно смывались с кюветы. Видно, что они принципиально отличаются от полученных путем нижнего отбора проб. Значения количества частиц при данном виде отбора проб не отличаются при увеличении нагрузок на узел трения и приводят к пропуску дефекта.

Таким образом, проба масла, отбираемая снизу и поступающая на анализ, не несет в себе информации, достаточной для определения состояния узла трения, равно как и отбираемая сверху.

Основные выводы по результатам эксперимента:

- при полном вымывании частиц изнашивания из диагностируемого объекта возможно определение его состояния по параметру «количество частиц»;
- при любых способах отбора небольшого количества масла достоверно определять состояние узлов и агрегатов невозможно;
- определено, что неработоспособность методик раннего диагностирования в реальной эксплуатации авиационных ГТД связана с недостоверностью отбираемых проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дасковский М.И. Обобщение опыта трибодиагностики авиационных ГТД и разработка мер по повышению её эффективности: дис. ... канд. техн. наук. - М.: МГТУ ГА, 2012.
2. Дроков В.Г. Повышение достоверности результатов диагностирования газотурбинных двигателей сцинтилляционным методом с целью снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации воздушных судов: дис. ... д-ра техн. наук. - М.: МГТУ ГА, 2009.
3. Машошин О.Ф. Диагностирование узлов трения авиационных ГТД по критериям оптических свойств масел: дис. ... канд. техн. наук. - М.: МГТУ ГА, 1993.

EFFECT OF SAMPLING METHOD ON PROBE GRANULOMETRIC COMPOSITION

Konyaev E.A., Gryadunov K.I.

The results of experiment, showing sampling method influence from friction unit on the probe granulometric analysis results.

Key words: granulometric analyzer, granulometric analysis, four-ball machine "ЧМТ-1", diagnostics, wear, sampling, oil MS-20.

Сведения об авторах

Коняев Евгений Алексеевич, 1937 г.р., окончил РИИГА (1959), доктор технических наук, профессор кафедры авиатопливообеспечения и ремонта ЛА 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), аспирант МГТУ ГА, автор 13 научных работ, область научных интересов – эксплуатация летательных аппаратов, диагностирование пар трения ГТД.