

УДК 621.45.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОПЛИВНЫХ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА

М.Л. НЕМЧИКОВ¹, А.Н. КОЗЛОВ¹, К.И. ГРЯДУНОВ¹, А.М. МЕЛЕШНИКОВ¹

¹Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

Рассмотрены вопросы непрерывного контроля за техническим состоянием оборудования топливозаправочных комплексов, которое является важнейшим фактором в обеспечении безопасности и регулярности полетов. В статье приведены результаты исследований состава и концентрации механических примесей с разных слоев штатного фильтра ЭФБ-15/120-104 № 0615 производства НПО «Агрегат», снятого с линии подачи авиатоплива ТС-1 от нефтебазы Госрезерва в резервуарный парк ТЗК «Внуково» и фильтромонитора фирмы Velcon марки CDF 230 F, снятого с топливозаправщика, с целью оценки эффективности их работы и прогнозирования ресурса с использованием рентгенофлуоресцентного метода.

Представлены иллюстративные и графические результаты проведенных исследований, позволяющие проводить оценку эффективности применяемых фильтроэлементов. Проведены оценочные измерения концентраций обнаруженных элементов при разной площади исследуемого образца: площадью 4, 1 и 0,25 см², вырезанных из одного участка картонного фильтра. Установлено, что суммарная средняя концентрация Fe на фильтре составила 8,3 г/т с учетом того, что по информации эксплуатанта через фильтр прокачано 2020 м³ топлива, или 1582 тонны. Проведена оценка общего количества Fe, задержанного фильтром, которое составляет 1313 г. Следует отметить, судя по внешнему виду и обнаруженной концентрации Fe, его емкость не была полностью исчерпана. Это позволяет получать дополнительную информацию по реальному ресурсу фильтра и использовать ее при решении задач модернизации фильтра.

Исследования показали практическую возможность оценки количества и состава загрязнений, что позволяет с уверенностью говорить о перспективности данных работ и возможности их внедрения в практику контрольных мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатации воздушных судов гражданской авиации. Публикация преследует цель привлечь внимание эксплуатантов и надзорных органов к возможности использования предложенного метода для более надежного обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации и расширения сотрудничества университета и предприятий отрасли в решении данной проблемы.

Ключевые слова: авиационное топливо, фильтры, фильтроэлементы, АДК «Призма», частицы изнашивания.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения безопасности полетов воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА) является основной в работе авиапредприятий ГА и включает в себя комплекс факторов, в том числе поддержания приемлемого уровня чистоты наземного оборудования топливно-заправочного комплекса (ТЗК) и бортовых систем ВС (топливной, масляной и гидросистем самолета), обеспечивающих бесперебойную и надежную эксплуатацию, исключая возможные неисправности и неполадки, связанные с присутствием в авиационных горюче-смазочных материалах (авиаГСМ) механических примесей различного состава и происхождения.

На сегодняшний день разработаны отраслевые методы и инструкции по такого рода работам (в том числе нормы по присутствию примесей железа в работавших маслах двигателя ПС-90), а в некоторых областях промышленности, например, в ж/д транспорте, такая методика оформлена ГОСТом. За рубежом к настоящему времени действуют стандарты, определяющие процедуры оценки остаточного ресурса смазочных материалов для двигателей внутреннего сгорания ASTM D6224 и газовых и паровых турбин ASTM D4378. С начала 2000 г. в ГА действуют только нормы по содержанию железа в ранее работавшем масле двигателей ПС-90 – 2 г/т с использованием рентгенофлуоресцентного анализатора «ПРИЗМА» отечественного про-

изводства, внедрению этого метода мы обязаны главному метрологу агентства воздушного транспорта Хохловой Ж.А.

В настоящее время на предприятиях авиатопливообеспечения Российской Федерации действует система контроля чистоты авиатоплив, базирующаяся на оценке присутствия примесей по количеству и гранулометрическому составу частиц в отобранных из разных частей наземного и бортового оборудования пробах ГСМ. Действующая система позволяет констатировать в отобранных пробах лишь наличие загрязнений, не отвечая на вопрос об их химическом составе и происхождении. За рубежом и у нас в стране проводятся работы по созданию объективных методов расшифровки состава примесей в ГСМ с использованием инструментальных методов анализа проб ГСМ [1, 4–9].

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В последнее время на кафедре АТОиРЛА МГТУ ГА проводятся поисковые работы по подбору и отработке методики мониторинга состава загрязнений в авиационном топливе в разных точках технологической цепочки его хранения и заправки в условиях ТЗК [1–3, 10].

В частности, оценено содержание мехпримесей в пробах топлив, отобранных с разных точек технологической цепочки ТЗК, на содержание в их составе металлических частиц путем фильтрации 50 мл отобранной пробы топлива через фильтр «владипор» с последующим определением компонентов мехпримесей на анализаторе «ПРИЗМА», позволяющем достоверно определять концентрации присутствующих в пробах металлов с точностью 1 г/т.

В ходе экспериментов было показано, что имеется возможность оценить изменение состава мехпримесей по их концентрациям и составу в зависимости от времени эксплуатации оборудования ТЗК, что позволяет контролировать в целом состояние технологического оборудования ТЗК. Результаты работы изложены в статье [1].

К недостаткам этой процедуры следует отнести трудности отбора представительной пробы топлива для анализа. Это обстоятельство значительно сказывается на результатах проведенных измерений и достоверности выводов, сделанных на их основе.

В ходе работы оценивался с использованием АДК «ПРИЗМА» количественный и качественный состав мехпримесей по их количеству, накапливающихся в штатных фильтромониторах, эксплуатирующихся в составе топливозаправщика [2]. Для этого был использован фильтромонитор фирмы Velcon марки CDF 230 F (фильтрация снаружи – внутрь), представленный на рис. 1, снятый с топливозаправщика. Он был разобран: снята верхняя защитная сетка и проведены надрезы по глубине слоев фильтрующего материала (целлюлоза и картонные элементы). На рис. 2 показан фильтромонитор с вырезанными с разных слоев образцами, на рис. 3 – образцы, которые проанализированы на АДК «ПРИЗМА» по стандартной методике. Подробно полученные результаты обсуждены в работе [2].

Из приведенных данных стало очевидно, что такой подход к оценке состава мехпримесей позволяет более подробно отследить их присутствие в авиатопливе. Кроме того, по полученным результатам можно судить не только о составе мехпримесей, но и об эффективности поглощения мехпримесей разными по составу и глубине расположения слоями фильтроэлемента.

В частности, из проведенных экспериментов ясно, что фильтр работает эффективно, адсорбируя в слоях бумаги содержащиеся в топливе металлы. В слоях ваты (стеклоткани) адсорбция металлов в разы меньше. По составу примесей можно судить, что основную часть обнаруженных примесей составляют Ca, Zn, Fe и Ti. Их присутствие можно предположительно объяснить попаданием внешних атмосферных частиц (Ca), а также процессами вымывания Zn с внутренней поверхности трубопроводов, коррозионными процессами (Fe), а также компонентами защитных внутренних покрытий (Ti) (рис. 4).



Рис. 1. Фильтроэлемент Velcon марки CDF 230 F
Fig. 1. Filtering element Velcon CDF 230 F



Рис. 2. Разобранный фильтроэлемент
Fig. 2. Dissambled filtering element



Рис. 3. Образцы, вырезанные из разных слоев фильтроэлемента
Fig. 3. Samples cut out of different coats of a filtering element

Применение в качестве размерности условных единиц массы (у.е.м.) объясняется неопределенностью по количеству топлива, прокачанного в процессе работы данного фильтроэлемента. Требовало уточнения и отношение площади исследуемого образца к площади фильтроэлемента и определяемой концентрации при измерениях при разных площадях образца.

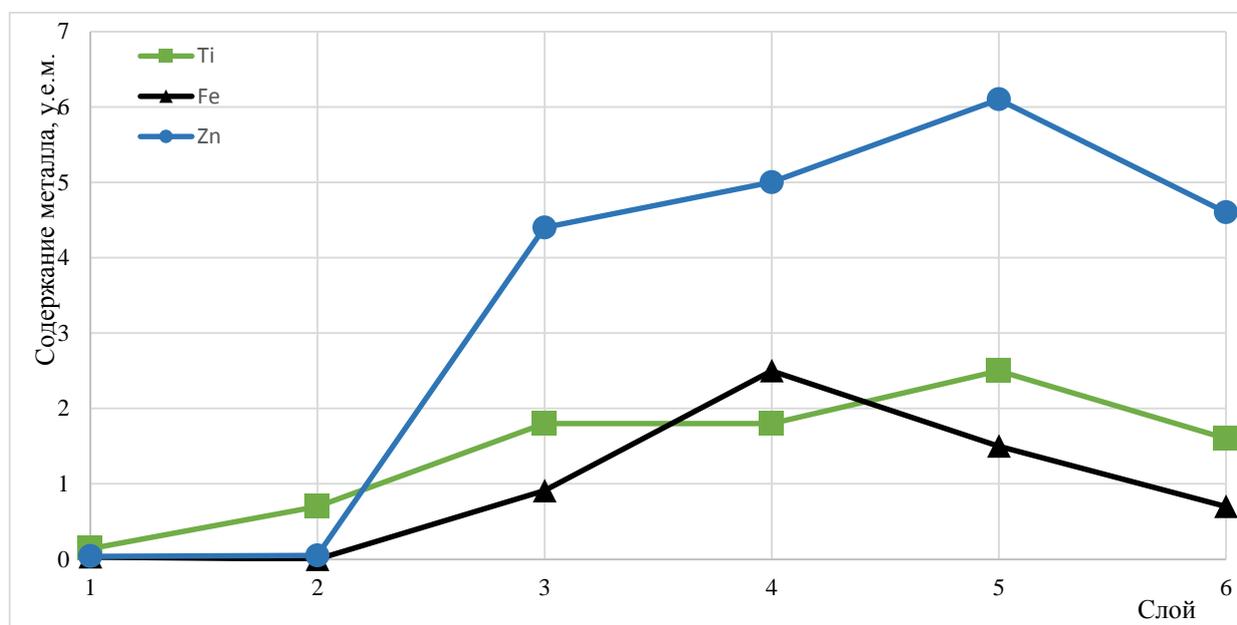


Рис. 4. Распределение металлов по слоям фильтроэлемента
Fig. 4. Metal distribution over coats of a filtering element

Далее были проведены оценочные измерения концентраций обнаруженных элементов при разной площади исследуемого образца. Были проведены измерения образцов площадью 4, 1 и 0,25 см², вырезанных из одного участка картонного фильтра, табл. 1.

Из результатов, приведенных в табл. 1, видно, что концентрации определяемых элементов существенно зависят от площади анализируемого образца. Исходя из того, что в штатной методике на проведение анализов на АДК «ПРИЗМА» предусмотрен диаметр анализируемого пятна мехпримесей 12 мм, было определено, что наиболее достоверные результаты могут быть получены при измерении концентрации на участках фильтроэлемента площадью 1 см². Исходя из этого, все дальнейшие измерения проводились на образцах площадью 1 см². Однако сделать окончательные количественные выводы по составу механических примесей стало возможно лишь на следующем этапе работы, когда из ТЗК «Внуково» был получен топливный фильтр ЭФБ-15/120-104 № 0615 производства «Агрегат». Фильтр был установлен на входе в резервуарный парк, через него прокачивалось 2120 м³ авиатоплива ТС-1.

Таблица 1
Table 1

Оценка влияния площади анализируемого образца фильтроэлемента на результаты анализа
The analyses estimated dependence on the sample filter element square

Определяемые элементы	Площадь образца 4 см ²	Площадь образца 1 см ²	Отношение концентраций гр. 2 к гр. 3	Площадь образца 0,25 см ²	Отношение концентраций гр. 3 к гр. 5
Ca	7,2	3,8	1,9 раза	2,4	1,6 раз
Fe	1,2	0,8	1,5 раз	0,5	1,6 раз
Ti	1,9	0,8	2,4 раза	0,3	2,7 раз
Zn	5,4	3,0	1,8 раз	2,0	1,5 раз

Перед началом работ фильтр был разобран. С него был снят защитный алюминиевый чехол и извлечен картонный фильтр (рис. 5).



Рис 5. Внешний вид фильтра после его демонтажа
Fig. 5. Outward of a filtering element after its disassembly

Картонный элемент фильтра был разрезан по образующим на 4 равных секции. Из каждой вырезали полосу картона (фильтрующего элемента). Затем из них вырезались образцы для анализа на АДК «ПРИЗМА» площадью в 1 см² из концевых участков и посередине. Общая длина рабочей части фильтра составляла 450 мм. После проведения подготовительных операций стало видно, что фильтр представляет собой гофрированный двухслойный картонный элемент. Особенностью полученных фрагментов стала неравномерность отложений на внешнем и внутреннем слоях. Это хорошо видно на рис. 6. Данный момент подтверждает заключения специалистов – производителей фильтров, что фильтрация в основном происходит только во внешнем слое фильтроэлемента.



Рис. 6. Внешний вид вырезанных из фильтра образцов картона для анализа (светлый участок – внутренний слой, темный – внешний слой)
Fig. 6. Outward of cut out of a filtering element cardboard samples for analysis (light area – internal coat, dark area – outward coat)

Также были проведены оценочные измерения концентраций обнаруженных элементов при разной площади исследуемого образца: площадью 4 см^2 , 1 см^2 и $0,25\text{ см}^2$, вырезанных с одного участка картонного фильтра.

Каждый из вырезанных для анализа образцов измерялся 4 раза, при этом он поворачивался на 90° . За окончательный результат измерений фиксировалось среднеарифметическое значение полученных точечных измерений.

Результаты измерений внешней (темной) части фильтра приведены на рис. 7.

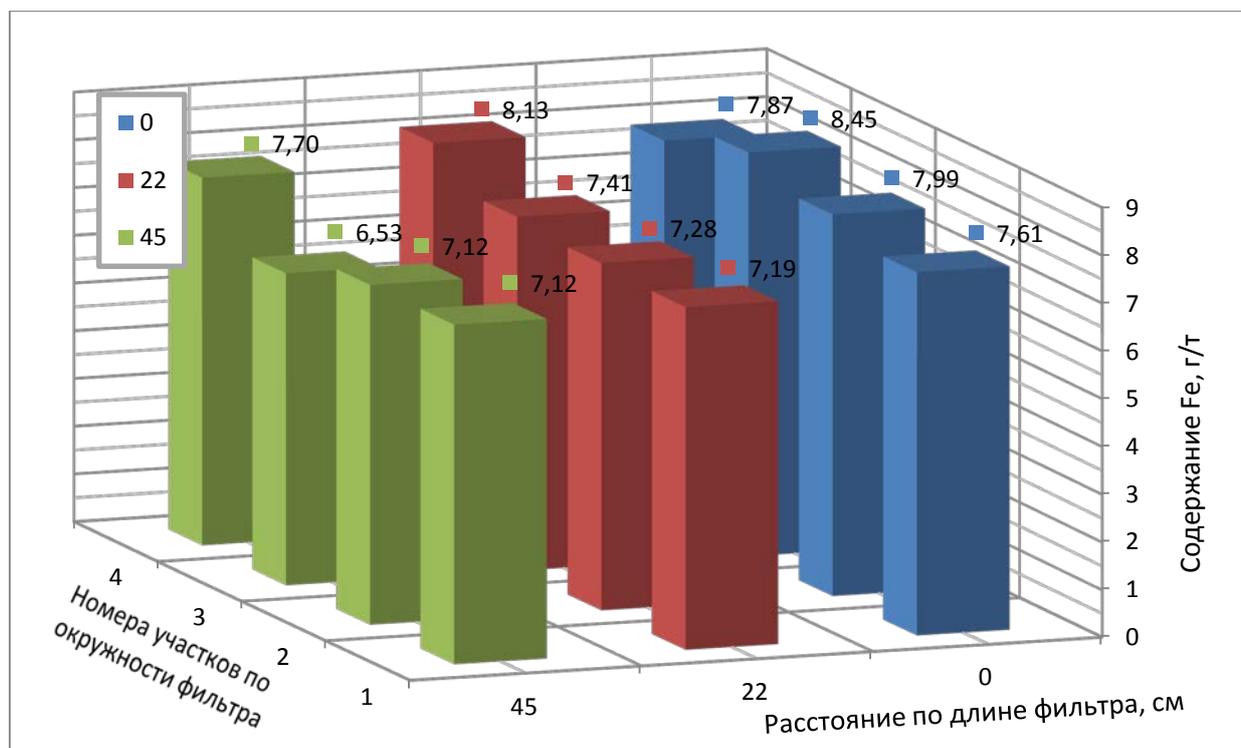


Рис. 7. Результаты измерений содержания Fe на различных участках внешнего слоя фильтра
Fig. 7. Results of measuring Fe content in different areas of a filtering element outward coat

Пояснения к рис. 7: четыре последовательных ряда столбов соответствуют четырем участкам, вырезанным по образующей фильтра; три ряда по фронту соответствуют концентрациям Fe в г/т по длине каждого фрагмента на расстоянии 0; 22 и 45 см).

Из приведенных данных видно, что содержание железа во внешнем слое изменяется от 6,5 до 8,4 г/т и составляет в среднем 7,5 г/т. При анализе внутреннего слоя результаты аналогичных измерений изменялись в интервале от 0,75 до 1,2 г/т, а среднее значение составило 0,8 г/т.

Таким образом, суммарная средняя концентрация Fe на фильтре составила 8,3 г/т с учетом того, что по информации эксплуатанта через фильтр прокачано 2020 м^3 топлива, или 1582 тонны. Можно оценить общее количество Fe, задержанного фильтром, оно составит 1313 г. Следует отметить, судя по внешнему виду и обнаруженной концентрации Fe, его емкость не была полностью исчерпана. Это может принести дополнительную информацию по реальному ресурсу фильтра, а также к предложениям по его модернизации.

К преимуществам предложенного метода относятся:

- применение отечественного аналитического оборудования;
- отсутствие сложных процедур пробоподготовки;
- достаточно высокая пороговая чувствительность метода;
- доступность его внедрения на крупных ТЗК в качестве дополнительной возможности повышения безопасности полетов.

К недостаткам метода относится невозможность определения таких важных примесей, как S, Si, Al, в имеющейся в нашем распоряжении модификации прибора.

Исследования показали практическую возможность оценки количества и состава загрязнений, что позволяет с уверенностью говорить о перспективности данных работ и возможности их внедрения в практику контрольных мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатации ВС ГА.

Кроме того, появляются перспективы разработки и внедрения в систему контроля чистоты топлив перед их заправкой в ВС режима «онлайн-мониторинг», что позволит получать достоверную и объективную информацию о чистоте заправляемого топлива и станет дополнительным фактором, повышающим безопасность авиаперевозок на ВС ГА РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Имеется возможность оценить как состояние фильтроэлементов, используемых на ТЗК, так и состояние технологического оборудования ТЗК с использованием рентгенофлуоресцентного метода.

2. Имеется возможность актуально организовать отбор представительных проб при проведении мониторинга состояния фильтроэлементов и технологического оборудования ТЗК.

3. Целесообразно проведение дальнейших работ в этом направлении с целью отработки методики проведения подобных испытаний.

4. Имеется возможность актуально разработать устройства для съемных фильтромониторов, позволяющих оперативно производить контроль состояния технологических цепочек ТЗК, обеспечивая тем самым дополнительные меры по обеспечению регулярности вылетов и безопасности полетов ВС ГА.

Публикация преследует цель привлечь внимание эксплуатантов и надзорных органов к возможности использования предложенного метода для более надежного обеспечения безопасности полетов ВС ГА и расширения сотрудничества университета и предприятий отрасли в решении данной проблемы.

Особую благодарность за то, что проведение данной работы стало возможным, выражаем сотрудникам ЦС Авиагсм ГосНИИ ГА, ГОСНИИ 25 МО РФ и ТЗК «Внуково».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка возможности диагностирования технических средств топливообеспечения по результатам анализа топлива на наличие в нем металлических частиц изнашивания / А.Н. Козлов, М.Л. Немчиков, К.И. Грядунов, И.С. Мельникова // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 217. С. 54–56.

2. Оценка эффективности работы фильтроэлементов и мониторинг содержания в них механических примесей из авиационных топлив / Немчиков М.Л., Коняев Е.А., Козлов А.Н., Грядунов К.И. // Научный Вестник МГТУ ГА. 2016. № 226. С. 14–17.

3. **Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Караулов А.К.** Поверхностная прочность материалов при трении. Киев: Техника, 1976. 296 с.

4. ГОСТ 17216-2001. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. М.: Стандартинформ, 2008.

5. ГОСТ 10577-78. Нефтепродукты. Метод определения механических примесей. М.: Стандартинформ, 2008.

6. ГОСТ 20759-90. Дизели тепловозов. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1991.

7. ASTM D 5452. Метод испытания для определения содержания загрязнения в виде частиц в авиатопливах при помощи лабораторной фильтрации. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.astm.org/Standards/D5452-RUS.htm> (дата обращения 16.02.2017).

8. ASTM D 2276. Стандартный метод испытания для определения содержания загрязняющей примеси в виде частиц в авиационном топливе путем отбора из трубопроводной линии. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.astm.org/Standards/D2276.htm> (дата обращения 16.02.2017).

9. ОСТ 1.4144-2001. Метод определения гранулометрического состава механических примесей в рабочих жидкостях. Метод анализа. [Электронный ресурс]. URL: <http://esas.niisu.ru/ost-1-41144-2001> (дата обращения 16.02.2017).

10. Немчиков М.Л., Козлов А.Н., Грядунов К.И. Исследование возможности применения метода рентгенофлуоресцентного анализа для оценки состояния авиационных ГСМ в условиях эксплуатации ВС ГА // Тезисы Международной научно-технической конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», МГТУ ГА, 18–20 мая 2016 г. М.: МГТУ ГА, 2016. С. 51.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Немчиков Михаил Львович, доцент кафедры АТО и РЛА МГТУ ГА, m.nemchikov@mstuca.aero.

Козлов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры АТО и РЛА МГТУ ГА, a.kozlov@mstuca.aero.

Грядунов Константин Игоревич, кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры АТО и РЛА МГТУ ГА, sigotai@mail.ru.

Мелешников Антон Михайлович, студент МГТУ ГА, v.samoilenko@mstuca.aero.

ANALYSING THE POSSIBILITY OF FUEL FILTER ELEMENTS OPERATING EFFECTIVNESS EVALUATION WITH X-RAY FLUORESCENCE METHOD

**Mikhail L. Nemchikov¹, Alexander N. Kozlov¹,
Konstantin I. Gryadunov¹, Anton M. Meleshnikov¹**

¹*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The author dwells upon the problems of the technical condition of refueling complexes equipment continuous monitoring, which is an important factor in ensuring the safety and regularity of flights. The article deals with the results of the research into the composition and concentration of mechanical impurities from different layers of the regular filter EFB-15/120-104 0615 production number of NGOs "Unit", which has been removed from the supply line TC-1 aviation fuel tank farm from the State Reserve in the refueling tank farm "Vnukovo" and the filter control of Velcon company brand the CDF 230F, which is removed from the tanker, in order to assess their performance and service life prediction using X-ray fluorescence method.

Illustrative and graphic research results are given, which allow to assess the effectiveness of the used filters. The assessment measuring of the found elements concentrations in different areas of the test sample: 4sm² area, 1 cm² and 0.25 cm², cut from a cardboard filter area is made. The author determined that the average total Fe concentration on the filter was 8.3 g / m providing the fact that due to the operator information the filter pumped 2,020 m³ or 1,582 tons of fuel. There is also made the estimation of the total amount of Fe, detained in filter, which is 1313 g. It should be noted, according to the appearance and the detected concentration of Fe, its capacity has not been fully exhausted. This allows to receive additional information on the real filter resource, and to use it for solving the problems of filter modernization.

The studies have shown the possibility to estimate the amount and composition of impurities, which allows to be sure that this work is promising and possible to be integrated into the practical events to ensure the safe operation of civil aircraft. The publication aims to draw the attention of operators and regulatory authorities to the possibility of using the proposed method to provide a more reliable way of flight safety in civil aviation and to expand the university cooperation with the industry within dealing with this problem.

Key words: aviation fuel, filters, filter elements, ADC "Prizma", the particles of wear.

REFERENCES

1. **Kozlov A.N., Nemchikov M.L., Gryadunov K.I., Melnikova I.S.** *Otsenka vozmozhnosti diagnostirovaniya tehnikeskikh sredstv toplivoobespecheniya po rezul'tatam analiza topliva na nalichie v nem metallicheskih chastits iznashivaniya* [Fuel supply technical equipment diagnostics possibility assessment by fuel analysis results on metal wear particles presence in it]. *Nauchny Vestnik MGTU GA* [The Scientific Bulletin of the MSTU CA], 2015, no. 217, pp. 54–56. (in Russian)
2. **Nemchikov M.L., Konyaev E.A., Kozlov A.N., Gryadunov K.I.** *Otsenka effektivnosti raboty filtroelementov i monitoring sodержaniya v nih mekhanicheskikh primesey iz aviatsionnykh topliv* [Evaluation of the effectiveness of the filter elements and monitoring content of mechanical impurities from aviation fuels]. *Nauchny Vestnik MGTU GA* [The Scientific Bulletin of the MSTUCA], 2016, no. 226, pp. 14–17. (in Russian)
3. **Kostetskiy B.I., Nosovskiy I.G., Karaulov A.K.** *Poverhnostnaya prochnost materialov pri trenii* [Surface strength of materials in case of friction]. Kiev, *Tehnika* [Engineering], 1976. (in Russian)
4. GOST 17216-2001. *Chistota promyshlennaya. Klassyi chistoty zhidkostey* [Fluid cleanliness classes], Moscow, Standartinform, 2008. (in Russian)
5. GOST 10577-78. *Nefteprodukty. Metod opredeleniya mekhanicheskikh primesey* [Method for determination of mechanical impurities], Moscow, Standartinform, 2008. (in Russian)
6. GOST 20759-90. *Dizeli teplovozov. Tehnicheskoe diagnostirovanie i prognozirovanie ostatochnogo resursa metodom spektralnogo analiza masla. Obschie trebovaniya* [Locomotive diesel engine. Technical diagnostics and forecasting of a residual resource of oil by spectral analysis. General requirements]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1991. (in Russian)
7. ASTM D 5452. *Metod ispytaniya dlya opredeleniya sodержaniya zagryazneniya v vide chastits v aviatoplivah pri pomoschi laboratornoy filtratsii* [Test method for the determination of particulate contamination in aviation fuel using laboratory filtration] URL: <https://www.astm.org/Standards/D5452-RUS.htm> (accessed 16.02.2017). (in Russian)
8. ASTM D 2276. *Standartniy metod ispytaniya dlya opredeleniya sodержaniya zagryaznyayushey primesi v vide chastits v aviatsionnom toplive putem otbora iz truboprovodnoy linii* [Standard Test Method for determination of contaminant particles in the form of aviation fuel from the pipeline through the selection line]. URL: <https://www.astm.org/Standards/D2276.htm> (accessed 16.02.2017). (in Russian)
9. OST 1.4144-2001. *Metod opredeleniya granulometricheskogo sostava mekhanicheskikh primesey v rabochih zhidkostyah. Metod analiza* [Method for determination of particle size distribution of solids in the process liquids. The method of analysis]. URL: <http://esas.niisu.ru/ost-1-41144-2001> (accessed 16.02.2017). (in Russian)
10. **Nemchikov M.L.** *Issledovanie vozmozhnosti primeneniya metoda rentgenofluorestsennogo analiza dlya otsenki sostoyaniya aviatsionnykh GSM v usloviyah ekspluatatsii VS GA. Doklad na mezhduнародnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii MGTU GA, 2016.* [The Study of the possibility of using the method of X-ray fluorescence analysis to assess the state of aviation fuels and lubricants in the operating conditions of CA aircraft. Report at the international scientific-technical conference MSTUCA, 2016]. Moscow, MGTU GA, 2016. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nemchikov Mikhail Lvovich, Associate Professor of Aviation Fuel Supply and Aircraft Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, m.nemchikov@mstuca.aero.

Kozlov Alexander Nicolaevich, Associate Professor of Aviation Fuel Supply and Aircraft Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, a.kozlov@mstuca.aero.

Gryadunov Konstantin Igorevich, PhD, Lead Engineer of Aviation Fuel Supply and Aircraft Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, sigotai@mail.ru.

Meleshnikov Anton Mihailovich, Moscow State Technical University of Civil Aviation student, v.samoilenko@mstuca.aero.