

*На конкурс
«Авиастроитель года» по итогам 2018 г.*

Номинация № 5. «За вклад в обеспечение обороноспособности страны»

Конкурсная работа

Программный комплекс контроля параметров нагружения и анализа эксплуатационной информации ГТД оперативно-тактической авиации «ЭксКон v.1»

В настоящей конкурсной работе представлена разработка авторского коллектива отдела прочности «ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО» «Программный комплекс контроля параметров нагружения и анализа эксплуатационной информации газотурбинных двигателей (ГТД) оперативно-тактической авиации «ЭксКон v.1». Вышеуказанный программный комплекс был разработан и используется в ходе выполнения следующих указаний:

- указание Главнокомандующего ВКС (№ 673/3/606 от 14 апреля 2017 г.) определить обобщенный типовой полетный цикл (ОТПЦ) двигателя АЛ-41Ф-1С на объекте Су-35С по данным эксплуатации войсковых частей ВКС РФ МО;
- указание начальника Главного штаба – первого заместителя Главнокомандующего ВКС (№ 673/36/6675 от 04 октября 2017 г.) определить ОТПЦ двигателя АЛ-31Ф серии 23 исполнения 25 на объекте Су-34 по данным эксплуатации войсковых частей ВКС РФ МО.

Следует отметить, что до настоящего времени в России отсутствовал инструмент анализа данных эксплуатации ГТД оперативно-тактической авиации, позволяющий определить потребные значения нагруженности двигателей. В 2018 году на программный комплекс получено свидетельство ЭксКон v.1.0 // Программа ЭВМ РФ № 2018665849 (опубликовано 11.12.2018 г.).

Авторский коллектив

Шубин Игорь Аркадьевич

Дата рождения: 13.01.1973

Должность: начальник бригады анализа и управления ресурсом отдела прочности

Ученая степень: кандидат технических наук

Лауреат премии им. А. Люльки

Богданов Михаил Анатольевич

Дата рождения: 23.07.1970

Должность: начальник отдела прочности

Ученая степень: кандидат технических наук

Лауреат премии им. А. Люльки

Гогаев Георгий Павлович

Дата рождения: 01.12.1992

Должность: инженер-конструктор 1 категории

Аспирант МАИ

Стипендиант Правительства РФ

Лауреат премии им. А. Люльки

Победитель конкурса «Лучший специалист научной роты», ВУНЦ ВВС ВВА

Призер Всероссийского межотраслевого молодёжного конкурса научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» в 2015 и 2018 гг.

Призер конкурса международного молодежного форума «Будущее авиации и космонавтики за молодой Россией» в 2016 г.

Введение

Рост стоимости жизненного цикла ГТД оперативно-тактической авиации выдвигает на первый план проблему полного безопасного использования ресурса авиационных двигателей. Устанавливаемый ресурс авиационных двигателей оперативно-тактической авиации ВКС РФ подтверждается ресурсными испытаниями двигателя и его основных деталей с обязательным съемом при достижении любого из установленных для двигателя ресурсных ограничений. Потребное значение ресурса определяется заказчиком (МО РФ) в техническом задании на разработку двигателя.

Актуальность

В настоящее время при эксплуатации объектов оперативно-тактической авиации Су-35С и Су-34 наблюдается преждевременное исчерпание отдельных ресурсных ограничений двигателей, приводящее к досрочному съему для прохождения незапланированной инспекции или капитального ремонта, что отрицательно сказывается на поддержании требуемого уровня боеготовности ВКС РФ и приводит к увеличению стоимости жизненного цикла.

В соответствии с требованиями нормативно-технической документации и согласно указанию Главнокомандующего ВКС РФ созданы рабочие группы для определения ОТПЦ двигателей АЛ-41Ф-1С на объекте Су-35С и АЛ-31Ф серии 23 исполнения 25 на объекте Су-34 по данным эксплуатации в войсковых частях ВКС МО РФ.

В рамках данной работы по определению нагруженности ГТД в эксплуатации, а также для решения широкого круга возникающих в процессе доводки и сопровождения двигателей задач, авторами разработан программный комплекс «ЭксКон v.1».

Программный комплекс «ЭксКон v.1»

Современный авиационный ГТД представляет собой технически сложный высоконагруженный объект, работающий в широком диапазоне полетных условий.

Доводка двигателя, опытная и серийная эксплуатация предъявляют специфические требования к процессу контроля параметров ГТД и наработок в конкретных условиях, соблюдению текущих установленных ограничений.

Для обеспечения возможности контроля двигателя требуется гибкое ПО с возможностью оперативной модернизации под текущие задачи. Использование инструментария штатного программного обеспечения (как загружаемого в бортовую ЭВМ, так и используемого при наземном объективном контроле) для решения непредусмотренных ТЗ на разработку нетривиальных задач либо невозможно, либо нецелесообразно по соображениям временных затрат.

Программный комплекс «ЭксКон v.1» предназначен для обработки полетной информации и определения нагружения двигателя и его элементов, выработки ресурсных ограничений, выявления характерных особенностей условий эксплуатации.

Возможности программного комплекса:

- автоматизированный анализ эксплуатационной информации;
- определение длительного и циклического нагружения двигателя и его основных деталей;
- определение длительного и циклического нагружения поворотного реактивного сопла (ПРС);
- определение наработки двигателя:
 - в интервалах по частотам вращения роторов n_{rnd} , n_{rvd} ;
 - в диапазонах высот и скоростей;
 - в интервалах по полному давлению на входе $P_{\text{вх}}^*$ в двигатель;
 - в интервалах по температуре на входе $T_{\text{вх}}^*$ в двигатель;
- определение наработки двигателя в пересечении диапазонов параметров (например $H-M$, $T_{\text{вх}}^*-H$, n_1-n_2 и т.д.);

- формирование базы интересующих параметров обработанных полетов;
- пакетная обработка файлов;
- возможность оперативной модификации программного комплекса при возникновении новых задач.

Практическая значимость

Высокая практическая значимость программного комплекса «ЭксКон v.1» подтверждается его многофункциональностью. Возможно использование программного комплекса при:

- анализе фактических условий эксплуатации при определении ОТПЦ двигателя АЛ-41Ф-1С на объекте Су-35С;
- анализе фактических условий эксплуатации при определении ОТПЦ двигателя АЛ-31Ф на объекте Су-34;
- определении наработки в резонансных диапазонах двигателей АЛ-41Ф-05, -06, -07 для обоснования возможности зачета эксплуатационной наработки в качестве специальных резонансных испытаний предусмотренных пунктом А.4.15 программы Специальных стеновых испытаний (ССИ) двигателя АЛ-41Ф;
- определении по эксплуатационным данным наработки в резонансном диапазоне колебаний лопатки 1 ступени компрессора низкого давления двигателя АЛ-41Ф-010 в процессе летных испытаний.

Направления дальнейшего применения программного комплекса:

- работы по статистическому обоснованию требуемой продолжительности дорогостоящих высоконагруженных режимов («наддувы», «подогревы» «наддув и подогрев») при проведении ресурсных испытаний;
- работы по совершенствованию методов контроля исчерпания ресурса двигателей за счет учета полетных условий, что позволит наиболее полно использовать возможности конструкции по ресурсу при обеспечении высокого уровня безопасности, и тем самым снизить стоимость жизненного цикла двигателя;
- работы по определению и корректировке ОТПЦ двигателей АЛ-31ФП на объекте Су-30СМ для предотвращения случаев преждевременного съема по причине исчерпания отдельных ресурсных показателей.

Экономический эффект

Преждевременное исчерпание ресурсных ограничений авиационного двигателя приводит к его досрочному съему с обязательным последующим капитальным ремонтом. Стоимость капитального ремонта (в зависимости объема работ) составляет не более 30% стоимости двигателя. Разработанный программный комплекс, позволяющий определить соответствующие нагруженности двигателей в эксплуатации потребные значения ресурсных показателей для подтверждения их ресурсными испытаниями, обеспечит снижение стоимости жизненного цикла авиационных комплексов оперативно-тактической авиации и поддержание высокого уровня боеготовности ВКС МО РФ.

Выводы

1. Разработан программный комплекс, позволяющий провести анализ эксплуатации двигателей оперативно-тактической авиации.
2. На программный комплекс получено свидетельство ЭксКон v.1.0 // Программа ЭВМ РФ № 2018665849, опубликовано 11.12.2018 г.
3. Программный комплекс использован при определении ОТПЦ двигателей самолетов оперативно-тактической авиации в соответствии с требованиями НТД и указаниями Главнокомандующего ВКС РФ и начальника Главного штаба – первого заместителя Главнокомандующего ВКС.

4. Подтверждение полученных потребных значений ресурса двигателей при ресурсных испытаниях позволит предотвратить досрочный съем двигателей, что снизит стоимость жизненного цикла парка оперативно-тактической авиации и повысит уровень боеготовности ВКС МО РФ.

5. Анализ эксплуатации посредством программного комплекса позволит разработать методики контроля технического состояния двигателя и его элементов с учетом полетных условий, что, в свою очередь, позволит продвинуться в направлении достижения глобальной цели – организации серийной эксплуатации двигателя по его техническому состоянию.

Начальник отдела прочности
«ОКБ им. А Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО»

М. А. Богданов