

**УДК.629.13.005**

*Жумадилов Ж.С., магистрант группы МН-АТ-19,  
магистрант 2 курса Академии Гражданской Авиации  
г.Алматы, Казахстан  
[kczh.1957@mail.ru](mailto:kczh.1957@mail.ru)*

*Научный руководитель: доктор PhD , Карипбаев С.Ж.,  
Д.т.н., профессор Алдамжаров К.Б.  
Академии гражданской авиации*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА АВИАДВИГАТЕЛЕЙ, ИХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ.**

### **ӘУЕ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН, ОЛАРДЫҢ ТОРАПТАРЫ МЕН БӨЛШЕКТЕРІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ЖӨНДЕУ ПРОЦЕСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ.**

### **IMPROVING THE PROCESSES OF AIRCRAFT ENGINE REPAIR, THEIR COMPONENTS AND PARTS.**

**Аннотация.** В процессе эксплуатации на элементах горячей части газотурбинных двигателей (ГТД), а именно, в камере сгорания, на сопловых аппаратах турбин и выхлопных устройствах образуются загрязнения.

Отказы, неисправности и дефекты в работе узлов и агрегатов ГТД, связанные с нагарообразованием в проточной части, возникают через различные промежутки времени эксплуатации и носят преимущественно постепенный характер. Это вызывает необходимость особенно тщательной дефектации этих деталей, а следовательно, и особой полноты их очистки перед дефектоскопией. Выполнен анализ различных методов очистки их достоинств и недостатков.

**Ключевые слова.** Восстановительные работы, ремонт, техническая эксплуатация, отказ, методы технического обслуживания, осадки, кристаллический нагар, смолистые отложения, сажистые налеты, коксовые отложения.

**Аңдатпа.** Газ турбиналы қозғалтқыштың ыстық бөлігінің элементтерінде, атап айтқанда жану камерасында, турбина саптамаларында және шығатын құрылғыларда жұмыс істеу процесінде ластану пайда болады.

Ағын жолында көміртектің пайда болуымен байланысты ГТЕ қондырғылары мен тораптарының жұмысындағы ақаулар, ақаулар мен ақаулар әр түрлі жұмыс уақытында орын алады және олар біртіндеп удың ерекше толықтығын қажет етеді. Артықшылықтар мен кемшіліктер тұрғысынан тазалаудың әр түрлі әдістерін талдау жүргізілді. Негізгі әдістер қарастырылады.

**Түйін сөздер.** Қалпына келтіру жұмыстары, жөндеу, техникалық пайдалану, істен шығу, техникалық қызмет көрсету әдістері, кристалдық күйе, шайырлы шөгінділер, күйе шөгінділері, кокстық шөгінділер.

**Abstract.** During operation, dirt is formed on the elements of the hot part of the gas turbine engine, namely in the combustion chamber, on the nozzle devices of turbines and exhaust devices.

Failures, malfunctions and defects in the operation of gas turbine engine components and units associated with carbon formation in the flow part occur at various intervals of operation and are mainly gradual. This causes the need for particularly thorough defectation of these parts, and therefore a special completeness of their cleaning before flaw detection. The analysis of various cleaning methods from the point of view of advantages and disadvantages is made. The main methods are considered.

**Keywords.** *Restoration work, repair, maintenance, failure, maintenance methods, sediments, crystalline carbon deposits, resinous deposits, soot deposits, coke deposits.*

**Введение.** Процесс эксплуатации воздушных судов (ВС) сопровождается непрерывным изменением их технического состояния. Это изменение обусловлено воздействием на конструкцию целого ряда постоянных и случайных эксплуатационных факторов.

К постоянным факторам относятся: аэродинамические нагрузки на несущие поверхности, рули и фюзеляж самолёта; динамические нагрузки на шасси при взлёте и посадке; вибрационные нагрузки от неуравновешенных вращающихся масс; избыточное давление в герметической кабине; акустическое давление на конструкцию; термические нагрузки на детали горячей части двигателей, пульсации давления в гидравлических и пневматических системах и др.

Случайные факторы включают: аэродинамические перегрузки от турбулентности атмосферы, возрастание массы конструкции при обледенении, солнечную радиацию, низкие температуры, атмосферные осадки.

Воздействие перечисленных факторов на ВС приводит к возникновению необратимых структурных изменений в конструкционных материалах, изнашиванию сопряжённых деталей, повреждению защитных покрытий, коррозии и, как следствие, к появлению неисправностей, количество которых со временем возрастает. Накопление неисправностей в отдельных узлах и агрегатах самолёта может привести к частичной или полной потере их работоспособности – отказу и, соответственно, к снижению безопасности полётов.

Таким образом, при эксплуатации ВС возникает необходимость поддерживать их исправность или восстанавливать работоспособность путём выполнения специальных инженерно-технических мероприятий и восстановительных работ.

**Основная часть.** Профилактические и восстановительные работы, выполняемые на ВС, характеризуются большим технологическим разнообразием и значительными объёмами, а следовательно, требуют широкой механизации и автоматизации производственных процессов. Для их выполнения в аэропортах используется многообразная наземная техника, включающая: комплексы средств снабжения топливом, смазочными материалами и специальными жидкостями; машины для снабжения ВС электрической и гидравлической энергией; теплотехнические машины и установки кондиционирования воздуха; средства обеспечения сжатыми газами; подъёмно-транспортное оборудование и другие механизмы.

Также для обслуживания самолёта, выполнения регламентных работ, мелкого ремонта, ухода за отдельными системами и механизмами к самолёту прикладывается комплект инструмента, размещаемый в специальных чемоданах [1,2].

В комплект входят инструменты по обслуживанию планера, шасси и гидросистемы, силовых установок, систем управления, систем противообледенения и кондиционирования, топливной системы, бытового и санитарного оборудования, для оперативного технического обслуживания.

Кроме того, при техническом обслуживании самолётов используют разнообразные по конструкции, размерам и назначению лестницы, стремянки и рабочие площадки. Одни из них имеют общее назначение, другие – специальное.

Техническим обслуживанием называется комплекс мероприятий и работ по поддержанию исправности и восстановлению работоспособности ВС при подготовке и использовании их по назначению, а также при хранении и транспортировании.

Задачи технического обслуживания ВС определяются его целью уменьшить поток отказов и неисправностей, увеличить долговечность ВС и обеспечить максимальную безопасность полётов.

Так как неисправности и отказы авиационной техники могут возникать в любой момент времени эксплуатации, то первой задачей технического обслуживания является постоянное наблюдение за техническим состоянием ВС и своевременное выявление появившихся дефектов.

Вторая задача технического обслуживания заключается в предупреждении появления неисправностей и отказов узлов и агрегатов самолёта и поддержании их технических характеристик в заданных пределах путём проведения профилактических работ. К профилактическим работам относятся работы, которые снижают интенсивность накопления необратимых изменений в деталях конструкции ВС, например, смазка, регулировка, замена агрегатов, исчерпавших установленный срок службы.

Третья задача технического обслуживания состоит в устранении внезапно возникших отказов и неисправностей путём выполнения работ текущего ремонта.

Методы технического обслуживания зависят от назначения ВС, мест их базирования и трудоёмкости работ по обслуживанию. Существуют два метода технического обслуживания авиационной техники: закреплённый и откреплённый (бригадный).

Закреплённый метод технического обслуживания заключается в том, что обслуживание данного самолёта или вертолёта производится закреплёнными за ним лицами технического состава (техником или одним-двумя механиками) в течение всего срока эксплуатации. Специалисты по приборному, электро-, радио- и бытовому оборудованию закрепляются, как правило, за несколькими ВС. Закреплённые лица выполняют весь комплекс работ по обслуживанию ВС, а авиатехник несёт персональную ответственность за техническое состояние и качество подготовки ВС к полёту [1,2].

Бригадный метод обслуживания состоит в том, что технический состав комплектуется в отдельные бригады, которые обслуживают в течение смены все ВС. Работой бригад руководят начальники смены, сменные инженеры и техники бригады.

Бригадный метод технического обслуживания позволяет эксплуатировать ВС в течение суток, рационально использовать технический состав и снизить себестоимость работ по их техническому обслуживанию.

Объёмы и периодичность выполнения работ по техническому обслуживанию устанавливаются особыми документами, утверждёнными для каждого типа ВС и называемыми «Регламент технического обслуживания». Регламентом технического обслуживания устанавливаются виды обслуживаний, которые должны выполняться на данном самолёте или вертолёте, и перечень обязательных для каждого вида обслуживания регламентных работ. В процессе эксплуатации ВС содержание регламентов может изменяться (корректироваться) по мере накопления опыта эксплуатации, внесения в конструкцию ВС доработок и модифицирования отдельных систем и агрегатов. Регламент технического обслуживания обычно действует без существенных изменений в течение трёх-четырёх лет [1,2].

В общем случае регламентом предусматривается выполнение нескольких видов технического обслуживания: оперативного, периодического, сезонного, специального и обслуживания при хранении.

Оперативным техническим обслуживанием называется обслуживание, выполняемое перед вылетом и после прилёта ВС и характеризуемое относительно малой трудоёмкостью. Назначение оперативного технического обслуживания – устранить отказы и неисправности, возникшие в предыдущем полёте, и подготовить ВС к очередному вылету.

Периодическое техническое обслуживание выполняют через определённый налёт часов ВС или определённое число посадок. Периодическое техническое обслуживание заключается в выявлении и устранении отказов и неисправностей систем, агрегатов и узлов ВС и проведении профилактических мероприятий по предотвращению их возникновения [4,5].

### **Совершенствования существующих и внедрения новых перспективных технологических процессов очистки деталей проточной части ГТД при ремонте.**

В процессе эксплуатации на деталях авиационных ГТД образуются различного рода загрязнения.

Утрачивают свои рабочие свойства, а также невозвратимые изменения претерпевают клеевые материалы, лакокрасочные покрытия, герметики.

Многие технологические процессы ремонта (механическая обработка, дефектация, сварка, пайка, и т.д.) имеют необходимость удаления загрязнений как на подготовительной стадии, так и после окончания процесса.

Загрязнения которые подлежат необходимому удалению, это те продукты высокотемпературных превращений масел, рабочих жидкостей и топлив, нагароотложения, лаковые отложения, смолы и осадки, деструктурированные лакокрасочные и специальные неметаллические покрытия, консервирующие материалы, посторонние и случайные частицы различного происхождения. Наиболее затруднено производится удаление первых двух групп загрязнений.

Нагароотложения в основном выявляются в отсеке камеры сгорания, форсунках, на жаровых трубах и на других деталях, которые подвержены к работе при высоких температурах.

Лаковые отложения образуются под воздействием высоких температур, кислорода воздуха и катализирующего действия металла. Смолистые отложения образуются в результате полимеризации и окисления ненасыщенных углеводородов.

Осадки образуются из-за попадания воды в масло или в масло продуктов сгорания топлива и смол.

На элементы и частей ГТД которые воздействованы к работе под высоким температурам, а именно, в камере сгорания, на сопловых аппаратах турбин и выхлопных устройствах в процессе эксплуатации в пределах нормы образуются следующие типы загрязнений:

- нагар зон контакта аэрозольной фазы топлива с поверхностью жаровых труб в областях каналов форсунок, отверстий, карманов;
- сажистые налеты, характерные для зон контакта струи газов с металлической поверхностью рабочих и сопловых лопаток турбин, реверса тяги и выходного устройства;
- кристаллический нагар на стенках жаровых труб, стабилизаторах пламени;
- с молистые отложения, как продукт термоокисления топлив и масел в коллекторах и полостях форсунок камеры сгорания;
- аморфный нагар на торцевых поверхностях форсунок, в канавках систем охлаждения дисков турбин, прирамковой части реборды дисков;

Условно делятся загрязнения на две группы:

- нагары продуктов сгорания топлив;
- коксовые отложения, образующиеся на деталях, не имеющих контакта с зоной горения топлив;

Если коксовые отложения состоят из углерода и высокомолекулярных углеводородов, а также имеют толщину 20-30 мкм, то нагары образуют слой загрязнений толщиной около 200 мкм.

В эксплуатации чаще всего встречаются следующие места скопления нагара в двигателях ГТД:

- внутренние поверхности воспламенителей и электроды свечей камер сгорания.
- внутренние стенки жаровых труб камер сгорания;
- внутренние и торцовые поверхности сопел топливных форсунок и каналы для охлаждающего воздуха;
- лопатки завихрителей воздуха со стороны зоны сгорания;

При воздействии нагаров в авиационном ГТД неизбежны следующие изменения свойств:

1. Долговечность и надежность деталей и узлов горячей части двигателей вследствие уменьшается:

- преждевременного коробления и растрескивания стенок жаровых труб из-за ухудшения условий отдачи тепла;
- прогара и коробления стенок жаровых труб, лопаток соплового аппарата и турбины из-за засорения топливных форсунок:
  - физического разрушения лопаток соплового аппарата и турбины кусками нагара, вылетающего из жаровых труб.

2. Снижаются тягово-экономические характеристики двигателя по причине:

- повышенных гидравлических потерь в проточной части жаровых труб;
- ухудшение полноты сгорания вследствие снижения качества распыления топлива засоренными форсунками.

3. Уменьшается эксплуатационная надежность двигателя вследствие:

- отказов пусковых систем двигателей из-за нагара на электродах свечей воспламенителей;
- догорания топлива и дымления в двигателе после его остановки из-за воспламенения остатков топлива от раскаленного нагара;
- выход из строя некоторых типов ГТД как на земле, так и в полете.

Отказы, неисправности и дефекты в работе узлов и агрегатов ГТД, связанные с нагарообразованием в проточной части, возникают через различные промежутки времени эксплуатации и носят преимущественно постепенный характер.

Это вызывает необходимость тщательной дефектации данных деталей, а следовательно, и особой полноты их очистки перед дефектоскопией.

Выполнен анализ различных методов очистки с позиций достоинств и недостатков. Рассмотрены основные способы:

механические:

- очистка ручными инструментами (скребки, щетки и др.);
- пневматическая очистка косточковой крошкой;
- пескоструйная очистка (сухая или влажная);
- очистка деталей в барабанах (галтовка);
- очистка при помощи дисковых проволочных щеток;

Физико-химические методы очистки:

- ультразвуковая очистка;
- электролитическая очистка;

- термическая очистка;
- очистка путем растворителей и специальных моющих составов;
- очистка деталей с ионной бомбардировки.
- гидравлическая очистка;

Анализ недостатков данных методов выявил актуальность поиска новых альтернативных методов очистки деталей от различных видов загрязнений.

**Основные выводы.** В условиях рыночных отношений повышение качества ремонта изделий авиатехники за счет совершенствования существующих и внедрения новых перспективных технологических процессов повышает конкурентоспособность и финансовую устойчивость авиаремонтных предприятий.

2. Эксплуатационные загрязнения проточной части ГТД снижают характеристики, в следствии чего расширение номенклатуры и усовершенствование методов очистки в эксплуатации и при ремонте является актуальной задачей:

- высокое качество очистки повышает безопасность полетов, поскольку увеличивает контролепригодность дефектируемых деталей за счет снижения вероятности пропуска деталей в эксплуатацию с дефектами, выявляемыми капиллярными и органолептическими методами контроля;

- применение новых высокоэффективных методов очистки улучшает эффективность процесса ремонта авиатехники за счет сокращения общего времени цикла ремонта, трудоемкости, повышение санитарно-гигиенических и наиболее вредного производства авиаремонтных предприятий.

Целью данного исследования состояла в разработке нового технологического процесса очистки деталей проточной части ГТД при ремонте, которое обеспечивает повышенную эффективность удаления эксплуатационных загрязнений, улучшение основных параметров ГТД при минимальных затратах и отсутствии вредного воздействия на детали двигателя и окружающую среду.

Для этих целей выполнено моделирование процессов авиаремонтного производства с использованием новых технологий очистки изделий авиационной техники.

Усовершенствование проектирования процессов очистки и восстановления органически взаимосвязано с улучшением всей производственной системы предприятия. Разработка оптимальных проектных решений в ходе технологической подготовки производства изделия возможна только при комплексном моделировании изделия, производственной системы и всех процессов ремонта на основе единой системы математического моделирования с учетом всех полученных в процессе эксплуатации загрязнений.

#### Список использованной литературы

Техническая эксплуатация летательных аппаратов./А. И. Пугачёв, А. А. Комаров, Н. Н. Смирнов. М., Транспорт, 1999г.

2. Надежность и вопросы организаций технического обслуживания авиационного и радиоэлектронного оборудования. / Пальчик М.И. Ефимов В.А. М., 1999 г.

3. Техническое обслуживание летательных аппаратов./Крысин В.Н., Лесных С.И., М., Транспорт, 1995 г.

4. «Основы летно-технической эксплуатации и безопасности полетов»./Владимиров Н.И. и др. М., «Транспорт», 1994 г.

5. «Обслуживание и ремонт авиатехники по состоянию»./ Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. М., «Транспорт», 1997г.