

УДК 621.891

О.Н. Трошин<sup>1</sup>, В.Н. Стадниченко<sup>2</sup>, А.А. Андрух<sup>1</sup>, А.Ю. Золотарь<sup>1</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков<sup>2</sup>Национальный авиационный университет, Киев

## ДИАГНОСТИКА ТИПОВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ АГРЕГАТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*Рассмотрена методология использования информационно-диагностической системы встроенного контроля на основе метода акустической эмиссии при решении задач диагностики типовых повреждений агрегатов авиационной техники. Произведены экспериментальные исследования эффективности применения информационно-диагностической системы при моделировании типовых повреждений аксиально-поршневой гидромашины.*

**Ключевые слова:** информационно-диагностическая система, трибосистема, акустическая эмиссия, мониторинг, износ, типовые повреждения.

### Введение

**Постановка проблемы.** Проведенные исследования показывают, что около 80% агрегатов топливных и гидравлических систем после выработки межремонтного ресурса имеют техническое состояние, что допускает их последующее использование. В то же время имеют место случаи отказов агрегатов к выработке ими межремонтного ресурса, что приводит к снижению безопасности полетов.

С целью устранения указанных недостатков, как за границей, так и у нас в стране, переходят на новые стратегии эксплуатации изделий ЛА, среди которых можно выделить обслуживание и ремонт с заменой по техническому состоянию и обслуживанию с заменой после отказа.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Метод обслуживания с заменой после отказа допускает эксплуатацию изделий без ущерба для безопасности регулярности полетов до тех пор, пока в процессе работы или обслуживания будет установлена частичная или полная потеря работоспособности. Этот метод не требует наличия специальных средств диагностики [1].

В настоящее время в технических требованиях, что предъявляются к снова создаваемым ЛА, указывается, что более 50% агрегатов должны быть приспособлены к эксплуатации по техническому состоянию. Ведущие американские и европейские авиакомпании уже с 70-х годов осуществляют эксплуатацию за техническим состоянием больше чем 60% агрегатов [2]. Современные топливные и гидравлические системы ЛА содержат большое количество агрегатов, отличных по назначению, конструкции, принципа действия и роли в обеспечении работоспособности. Поэтому при эксплуатации этих систем ЛА целесообразно для разных групп агрегатов применять разные методы обслуживания и ремонта. Наиболее перспективным методом диагно-

стики для решения данных задач является метод акустической эмиссии (АЭ) [3, 4].

**Целью данной работы является** оценка эффективности применения информационно-диагностической системы трибодиагностики для диагностики типовых повреждений агрегатов авиационной техники.

### Изложение материалов исследований

Для подтверждения гипотезы о возможности выделения АЭ излучения от каждого из моделируемых повреждений исследуемых ТС диагностируемого агрегата (гидронасоса) в программе проведения стендовых испытаний предусматривается последовательное моделирование ряда повреждений (испытания проводились в НИИ «Гидропривод»).

Для испытаний был взят новый насос, на котором обкатка заводом-производителем не проводилась (рис. 1).

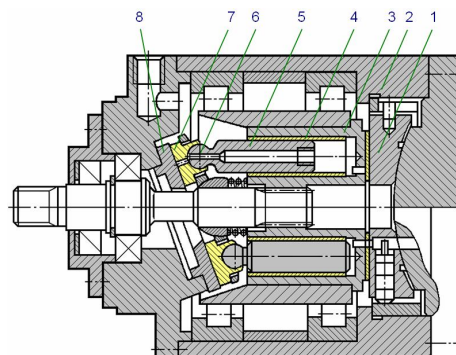


Рис. 1. Принципиальная схема испытываемого гидронасоса: 1 – распределительный диск; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – втулка цилиндра; 5 – поршень; 6 – сфера поршня; 7 – башмак; 8 – покатая шайба

Так в ТС подпятник – наклонный диск, преднамеренно внесли дефект в разгрузочную гидростатическую камеру и уменьшили к нулевому значению подъемную силу подпятника, в результате чего

подпятник у пятой плунжерной пары был введен в аварийный режим работы. Этот эффект достигался за счет искусственной разгерметизации компенсационной камеры на величину 95...98%.

При моделировании повреждения ТС распределительный золотник – торец ротора качающего узла гидронасоса увеличивали удельное давление на уплотняющих поясках распределительного диска к величине, что превышает критерий PV. Этот эффект достигался уменьшением величины опорной поверхности поясков уплотнителей распределителя.

Для исключения аварийного режима работы насоса, время работы, на каждом из перечисленных режимов, ограничивалось, согласно с программой испытаний двумя минутами. В течение этого времени проводили регистрацию спектральной мощности АЭ и проводили снятие осциллограмм методом накопления [2].

Поскольку в реальных условиях выход из строя ТС объемной гидромашины, как правило, связан с нарушением режима смазки, то большое значение для практического использования метода АЭ имеют результаты исследования работы ТС в аварийном режиме, при условии ограниченного количества смазочной среды [2].

Данная неисправность моделировалась разгерметизацией трубопровода в линии всасывания гидронасоса. В процессе работы гидронасоса на аварийном режиме проводили регистрацию спектральной мощности АЭ и съем осциллограмм. После проведения испытаний насос разбирали и проводили дефектацию его трибосистем.

Для сравнения работы насоса при нормальном режиме работы при разнообразных повреждениях проводили запись АЭ и осциллограмм. При штатном режиме испытаний на стенде (рис. 2), уровень спектральной мощности не превышал 100 отн. ед.

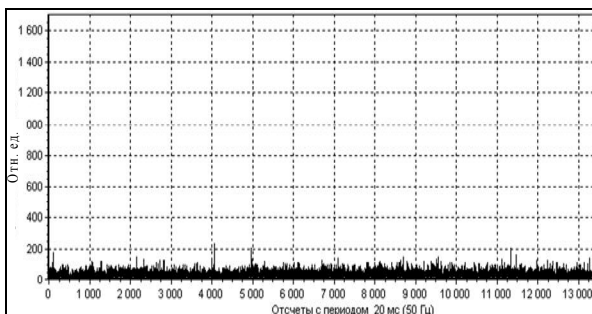
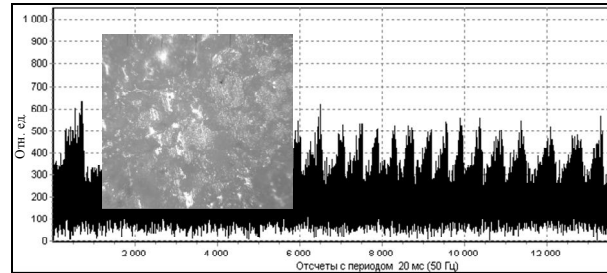


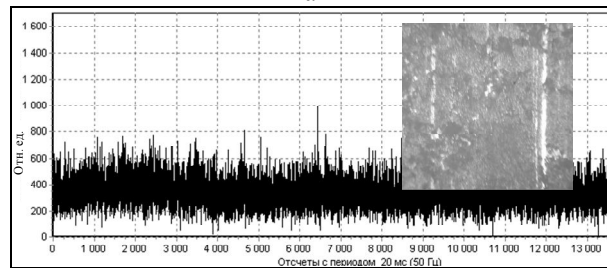
Рис. 2. Характер изменения спектральной мощности АЭ при работе гидронасоса без повреждений

Результаты исследования АЭ излучения на перечисленных режимах показали, что при моделировании неисправностей в ТС: наклонный диск – подпятник плунжера гидронасоса, спектральная мощность АЭ выросла по сравнению с постоянным режимом с величинами 96...600 отн. ед. На осциллограммах сигналов АЭ излучения, снятых на первой

минуте работы насоса, наблюдается значительное нарастание амплитуды первой реализации в каждом из дискретных импульсов. Явление микросхватывания на первой минуте работы насоса наблюдалось только для пятой плунжерной пары (рис. 3, а). Последующая работа насоса, вероятно, приводила к возникновению процессов схватывания на поверхностях всех ТС, которые сопровождалась нарастанием амплитуды сигналов АЭ и «смазыванием» картины четкой периодичности прохождения импульсов АЭ.



а



б

Рис. 3. Характер изменения спектральной мощности АЭ при моделировании неисправностей в ТС: наклонный диск – подпятник плунжера гидронасоса: а – на первых минутах работы; б – при последующей работе

Результаты дефектации поверхностей ТС после проведения испытаний выявили на поверхности трения наклонного диска следы намазывания бронзы.

Исследование АЭ излучения при моделировании повреждения ТС: распределительный золотник – торец ротора (рис. 4), также показали нарастание спектральной мощности АЭ, по сравнению с постоянным режимом работы гидронасоса с значением 97...560 отн. ед. На осциллограммах АЭ (рис. 3), данный дефект сопровождался нарастанием четвертой реализации в дискретных импульсах АЭ.

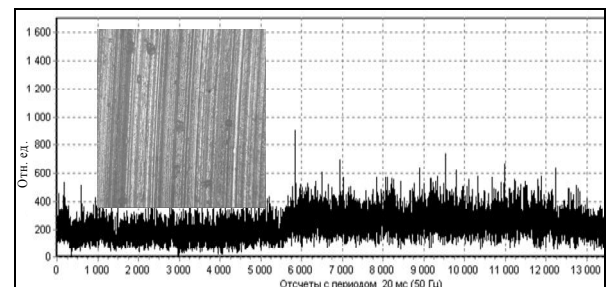


Рис. 4. Характер изменения спектральной мощности АЭ при моделировании повреждения трибосистем: распределительный золотник – торец ротора

Таким образом, в результате моделирования повреждений ТС установлено, что нерасчетные режимы работы ТС объемных гидромашин сопровождается увеличением энергетических параметров АЭ, в данном случае спектральной мощности АЭ, а также сопровождается ростом амплитуд АЭ соответствующей реализации в дискретных импульсах на осциллограммах АЭ излучения.

При моделировании аварийного режима работы аксиально-поршневого гидронасоса спектральная мощность АЭ с первых минут его работы росла более чем на два порядка и достигала значений более 2000 отн. ед. На осциллограмме (рис. 5), АЭ излучения сопровождалась более значительным нарастанием четвертой реализации в сигналах импульсов АЭ, что отвечает ТС: распределительный золотник – торец ротора насоса.

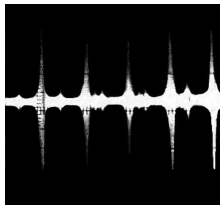


Рис. 5. Осциллограмма АЭ излучения при моделировании аварийного режима работы гидронасоса. Развертка 1 мс/см

Результаты микроструктурных исследований в процессе дефектации поверхностей трения ТС после аварийного режима позволили установить наличие множества трещин в материале распределительного золотника.

На поверхности трения наклонного диска усталостные микротрещины переросли в трещины, которые имеют ветвистое строение и приводят к выкрашиванию металла (рис. 6) на отдельных участках.

## Выводы

Таким образом, применение АЭ метода диагностики объемных гидромашин позволяет своевременно остановить их эксплуатацию в случае наступления

аварийных режимов работы и не допускать разрушения элементов их ТС и гидромашин в целом, что в значительной степени упрощает оценку технического состояния гидромашин, что эксплуатируются в высоконагруженных и ответственных поводах.

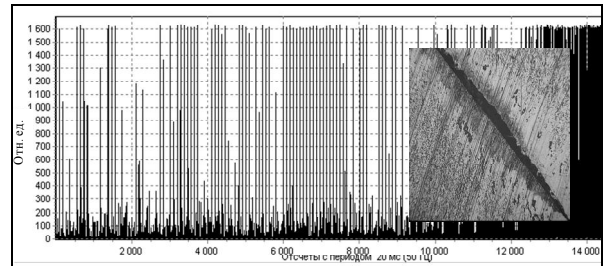


Рис. 6. Характер изменения спектральной мощности АЭ при моделировании аварийного режима работы аксиально-поршневого гидронасоса

## Список литературы

1. Автоматизированная система сбора и анализа данных при трибомониторинге. [Текст] / К.В. Подмастерьев, В.В. Мишин, Е.В. Пахолкин и др. // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: Материалы междунар. научн.-практ. конф. – Новочеркасск: НПО «Темп», 2001. – Ч. 3. – С. 40-42.
2. Технические средства диагностирования: Справочник. [Текст] / В.В. Клюев, П.П. Пароменко, и др.: Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
3. Классификация видов износа по значению коэффициента диссипации подводимой внешней энергии к трибосистеме. [Текст] / О.Н. Трошин, Н.Г. Стадниченко, В.Н. Стадниченко и др. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2011. – №1(27), – С. 51-61.
4. Информативное содержание метода акустической эмиссии для безразборной диагностики узлов авиационной техники. [Текст] / О.Н. Трошин, Н.Г. Стадниченко, Р.Н. Джус, О.А. Гурин // Наука і техніка Повітряних Сил №2(11) – Х.: ХУПС, 2013. – С. 80-83.

Поступила в редколлегию 15.04.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, с.н.с. Е.А. Украинец, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ДІАГНОСТИКА ТИПОВИХ ПОШКОДЖЕНЬ АГРЕГАТИВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

О.М. Трошін, В.М. Стадніченко, О.О. Андрух, А.Ю. Золотар

*В даній статті розглянута методологія використання інформаційно-діагностичної системи вбудованого контролю на основі методу акустичної емісії при вирішенні задач діагностики типових пошкоджень агрегатів авіаційної техніки. Проведені експериментальні дослідження ефективності застосування інформаційно-діагностичної системи при моделюванні типових пошкоджень аксіально-поршневої гідромашини.*

**Ключові слова:** інформаційно-діагностична система, трибосистема, акустична емісія, моніторинг, знос, типові пошкодження.

## DIAGNOSTICS OF MODEL DAMAGES OF AGGREGATES OF AVIATION TECHNIQUE

O.M. Troshin, V.M. Stadnichenko, O.O. Andruh, A.Yu. Zolotar

*In the given article the methodology of the use of the informative-diagnostic built-in checking system on the basis of method of acoustic emission at the decision of tasks of diagnostics of model damages of aggregates of aviation technique is considered. It is produced experimental researches of efficiency of application of the informative-diagnostic system at the design of model damages of axial-piston hydraulic machines.*

**Keywords:** informative-diagnostic system, tribosystem, acoustic emission, monitoring, wear, model damages.