

*В. А. Тут, аспирант,  
В. Ф. Лабунец, канд. техн. наук, проф.,  
А. В. Косянчук, студент*

## **ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНО-ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ**

Национальный авиационный университет

*Рассмотрен механизм отказов топливно-гидравлических агрегатов и гидроаппаратуры с учетом процессов изнашивания, развивающихся на контактируемых поверхностях деталей в условиях эксплуатации.*

**Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами.** Одна из важных научно-практических проблем, решаемых с целью повышения надежности и долговечности современной техники, состоит в предупреждении возникновения отказов и преждевременного выхода из строя конкретных узлов и агрегатов, проведении научно обоснованного анализа конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, определяющих работоспособность наименее работоспособных деталей, и в разработке на этой основе конструктивно-технологических и эксплуатационно-ремонтных мероприятий и предложений, обеспечивающих их безотказность. В связи с тем, что современная техника оснащена сложными гидроагрегатами, выполняющими определенные функции, от степени их работоспособности зависит надежность и долговечность технических средств. В свою очередь, работоспособность гидроагрегатов и гидроаппаратуры в основном зависит от безотказного функционирования подвижных сопряжений, включающих различные по конструкции и назначению пары трения, детали которых имеют цилиндрические или плоские поверхности.

Наибольшее число отказов топливно-гидравлических агрегатов и гидроаппаратуры вызвано поверхностными физико-химическими процессами, такими как коррозия, эрозия, но, в основном изнашиванием. Так, например, анализ отказов различных видов пневмо-гидроаппаратуры (более 150 тыс. случаев) показал, что их основной причиной явились различные виды изнашивания – 70%, коррозия – 25%, другие виды повреждений – 5% [1].

В связи с этим актуальной и важной народнохозяйственной задачей является установление причин потери работоспособности сопряженных пар гидроагрегатов и гидроаппаратуры и поиск путей повышения их надежности и долговечности.

**Обзор публикаций и анализ нерешенных проблем.** По физико-техническим свойствам материалы деталей существенно различаются. Многообразны и конструктивные особенности различных по назначению деталей пар трения. Но, несмотря на это, все подвижные сопряжения деталей гидроагрегатов имеют общие признаки, позволяющие объединить их в самостоятельный тип подвижных сопряжений машин с характерными видами и причинами отказов и неисправностей.

Для деталей гидроагрегатов характерны следующие виды износа: схватывание сопряженных металлических поверхностей, гидроэрозионное изнашивание, контактная усталость, изнашивание при фреттинге, корозионно-механическое, абразивное, механохимическое и окислительное [1–3]. Каждый из этих видов изнашивания имеет свои условия возникновения, последствия для работоспособности сопряженных пар трения, характерные внешние и структурные признаки.

Для оценки работоспособности деталей подвижных сопряжений гидроагрегатов и разработки мероприятий повышения их износостойкости необходимо знать внешние и структурные признаки основных видов изнашивания, отражающие условия нагрузки, смазки, другие факторы, характеризующие силу трения, интенсивность и повреждения деталей. Анализ указанных признаков изнашивания предполагает изучение исходного состояния рабочих поверхностей деталей гидроагрегатов и характерных особенностей изменения микрогеометрии и физико-механических и, в частности, трибологических свойств контактируемых материалов.

**Цель работы** – установить причины отказов и неисправностей подвижных сопряжений гидроагрегатов и наметить пути обеспечения их работоспособности в различных условиях эксплуатации.

Одним из наиболее распространенных видов изнашивания в золотниковых парах гидравлических агрегатов является гидроэрозионный. Больше всего этому износу повреждены участки рабочей поверхности деталей вблизи кромок поясков и отверстий. Повреж-

дения при этом имеют вид многочисленных плавно убывающих по глубине канавок.

Разновидностью гидроэрозионного изнашивания является кавитационное разрушение (рис. 1). Механизмы поверхностного разрушения деталей гидроагрегатов могут быть различны в зависимости от конкретных условий эксплуатации и скорости потока жидкости.



Рис. 1. Кавитационное вымывание ползуна

Металлографический анализ поврежденных деталей, вызываемых схватыванием, свидетельствует об интенсивном практическом деформировании, упрочнении микротвердости. Схватывание представляет один из наиболее опасных и резко выраженных видов повреждений деталей машин. Процесс схватывания весьма существенно зависит от механических и физических свойств материалов и их сочетаний, предела прочности, предела текучести, твердости, типа кристаллической решетки, взаимной растворимости, электронного строения и т.п.

В практике эксплуатации гидроагрегатов имелись случаи недопустимого усталостного изнашивания, характеризующегося возникновением микротрещин, единичных и групповых трещин. Глубина повреждаемости поверхностных слоев достигает нескольких мм.

Следует отметить, что даже при достаточно малых повторно-действующих нагрузках на поверхность трения происходит ее усталостное разрушение, началом которого является усталостная трещина. Последняя возникает в большинстве случаев на дефектах металлургических (усадочные поры, газовые пузыри, включения шлака, резкая неоднородность размеров кристаллов, различие в твердости и др.), технологических (царапины от обработки, прижо-

ги), структурных (границы зерен, вакансии, дислокации и др.). Внешний вид деталей, работающих в условиях усталостных повреждений, представлен на рис. 2.

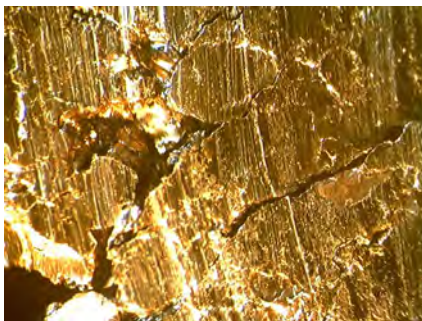


Рис. 2. Повреждения усталостным изнашиванием

Развитие усталостных повреждений стимулируют процессы фреттинга. Фреттинг – представляет собой один из весьма опасных и резко выраженных видов повреждений деталей машин, который проявляется в резком интенсифицированном (динамическом) окислении или схватывании, протекающего при относительно малых нормальных давлениях.

Этому виду изнашивания подвержены опоры шестерончатых насосов НШ 39-70, НШ 39-80, НШ 39-90, НШ 39-100. Особенностью процесса фреттинг-коррозии является то, что продукты изнашивания окисляются и не удаляются из зоны контакта. Их твердость больше, чем твердость металла, что приводит к интенсификации абразивного воздействия на контактирующие поверхности. Когда слой частиц оксидов в зазоре между выступающими неровностями тонкий, износ в результате абразивного действия продуктов фреттинг-коррозии будет максимальным. Дальнейшее абразивное действие приводит к возрастанию количества продуктов износа и к утолщению прослойки оксидов, что сопровождается снижением интенсивности изнашивания в следствии погашения относительного движения этой прослойкой. Проникновение частиц в соседние впадины приводит к перераспределению давления в зоне контакта. В центре контакта давление увеличивается, а на границе уменьшается. В результате середина участка контакта изнашивается сильнее, чем его граница, и постепенно множество соседних углублений соединяются в одно большое углубле-

ние. Как только слой оксидов достигает постоянной толщины, скорость изнашивания стабилизируется.

Металлографическими и электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что башмаки гидронасосов типа НП92 подвержены процессам механохимического изнашивания, которые охватывают взаимосвязанные явления, протекающие при механохимических воздействиях на рабочие поверхности трущихся деталей.

В связи с тем, что предупредить попадание абразивных частиц в зазор, образованный трущимися или уплотнительными поверхностями практически невозможно детали узлов трения гидроагрегатов подвергаются абразивному изнашиванию. Этот вид изнашивания может быть как ведущим так и сопутствующим. Так, например, для башмака гидронасоса НП92 в некоторых случаях он является сопутствующим (рис. 3).

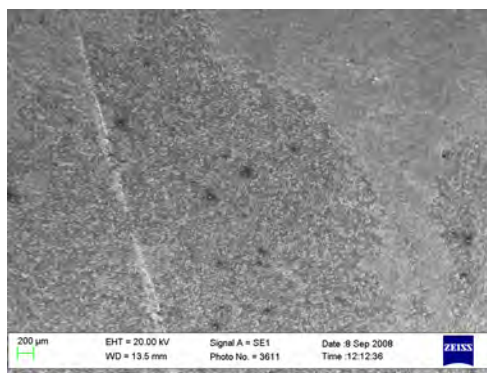


Рис. 3. Электронные фотографии поверхности трения башмака

Коррозионно-механическому изнашиванию подвержены детали гидроагрегатов, эксплуатируемых в средах топлив, гидрожидкостей, масел и др.

### **Выводы**

Таким образом, для обеспечения работоспособности гидронасосов и гидроарматуры необходимо управлять сложными физико-химическими процессами, протекающих на их контактируемых поверхностях, чтобы исключить развитие катастрофических видов изнашивания (схватывание, абразивное изнашивание, фреттинг-коррозия и др.).

## Список литературы

1. Колядина Р.А. К вопросу об ускоренных испытаниях арматуры на надёжность /Р.А. Колядина, Ю.Д. Ситкин// Сб. научн. тр. оварматуростроения-Л.: ЦКБА, 1975. – Вып. 8. – С. 3-8.

2. Причини втрати працездатності тертьових деталей аксіально-плунжерних гідравлічних насосів /В.Ф. Лабунець, В.А. Тіт, А.В. Дмитренко, Р.М. Діденко //Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ – друк», 2010. – Вып. 53. – С. 120–127.

3. Хильчевский В.В. Надёжность трубопроводной пневмогидроарматуры/В.В. Хильчевский, А.Е. Ситников, В.А. Ананьевский. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.

*Тит В.А., Лабунець В.Ф., Косянчук А.В. Поверхневі явища при контактній взаємодії поверхонь тертя деталей паливно-гідравлічних агрегатів // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2011. – Вып. 55. – С.167–172.*

Розглянуто механізм відмов паливно-гідравлічних агрегатів і гідроапаратури з урахуванням процесів зношування, що розвиваються на контактуючих поверхнях деталей в умовах експлуатації.

Рис. 3, список літ.: 3 найм.

### **Surface phenomena in contact interaction of fuel-hydraulic units friction parts**

The failure mechanism of the fuel and hydraulic units and hydraulic equipment with allowance for the wear processes on the developing contacts of parts surfaces in operation is considered.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2011