

УДК 629.7
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ
СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

А. В. КОСИЦЫН, П. Ю. БРАНЦЕВИЧ
УО «ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»
УО «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
Минск, Беларусь

В данной работе предлагается методика экспериментальной оценки технического состояния силовых конструкций авиационной техники, основанная на анализе откликов сигналов на ударные воздействия. В качестве диагностических признаков рассматриваются модальные характеристики: собственные частоты и формы колебаний.

В качестве примера рассмотрены усталостные повреждения силовых каркасов гондол тормозных щитков (ТЩ) самолета Су-25. Актуальность проблемы обусловлена появлением усталостных трещин в процессе эксплуатации.

Отработка методики осуществлялась на снятой с самолета гондole ТЩ с использованием измерительно-вибрационного комплекса «Тембр». Динамическое воздействие производилось последовательно в 4 точках с регистрацией сигналов отклика 3-мя пьезометрическими вибрационными датчиками типа 4344 фирмы Brüel & Kjaer массой 2,7 гр.

По форме вибрационные сигналы, регистрируемые при испытаниях конструкций методом динамического воздействия, представляют собой затухающие колебательные процессы, состоящие из нескольких частотных составляющих. Частотные реализации исправного и дефектного образцов представлены на рис. 1.

Как видно из спектров ускорений, собственные частоты практически не изменяются, а амплитуды изменяются значительно. Для исключения влияния силы удара на амплитуды сигнала отклика в различных точках приняты относительные значения амплитуд (амплитудные функции) по отношению к первой (базовой) точке. Изменения вибрационных параметров определялись по формулам:

для амплитуд

$$\Delta \bar{H}_r(B_n) = \left| \frac{\bar{H}_{0r}(B_n) - \bar{H}_r(B_n)}{\bar{H}_{0r}(B_n)} \right| \cdot 100\% ;$$

для частот

$$\Delta \omega_r = \left| \frac{\omega_{0r} - \omega_r}{\omega_{0r}} \right| \cdot 100\%$$

где $\bar{H}_{0r}(B_n), \bar{H}_r(B_n)$ – амплитудные функции в n -й точке наблюдения исправного и дефектных силовых каркасов соответственно; ω_{0r}, ω_r – собственные частоты колебаний исправного и дефектных силовых каркасов соответственно; $r=1, 2, \dots, m$ – номера учитываемых собственных тонов колебаний.

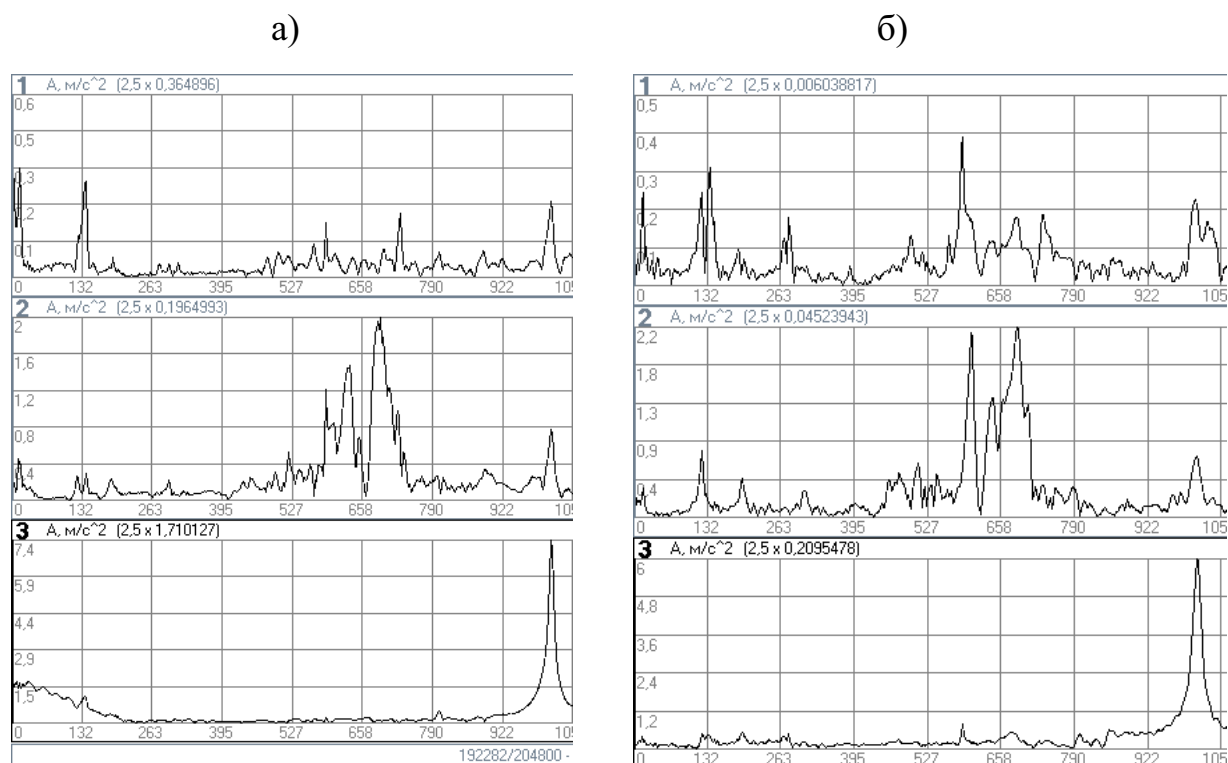


Рис. 1. Спектр виброускорений: а – исходный образец; б – образец с дефектом

Анализ рассчитанных параметров показал, что изменение собственных частот колебаний не превышает 8,5 %, в то время как изменение собственных форм колебаний достигает в некоторых случаях 116 %.

Экспериментальная вибродиагностика на объектах исследований.

Анализ технического состояния силовых элементов непосредственно на объектах авиационной техники проводился на 2 самолетах Су-25 (всего 4 гондолы). При этом самолеты имеют различную наработку и соответственно различные степени усталостных повреждений. Схема препарирования датчиков и мест нанесения ударов на объектах исследования представлена на рис. 2.

Наибольшее различие в спектрах сигналов было выявлено на правых силовых элементах. Внешний осмотр показал наличие различных повреждений (рис. 3).

Анализ полученных результатов показывает целесообразность использования в качестве диагностического признака амплитудных функций (собственных форм колебаний), т.к. они с появлением и развитием дефектов изменяются значительно быстрее, чем собственные частоты колебаний. Изменение собственных частот двух поврежденных конструкций не превысило

4,9 %, в то время как их амплитудные функции изменились значительно. Кроме того, амплитуды спектров сигналов сильно зависят от точек, в которых они определяются. Наибольшие изменения будут фиксироваться в датчиках, расположенных в непосредственной близости к местам расположения дефектов.

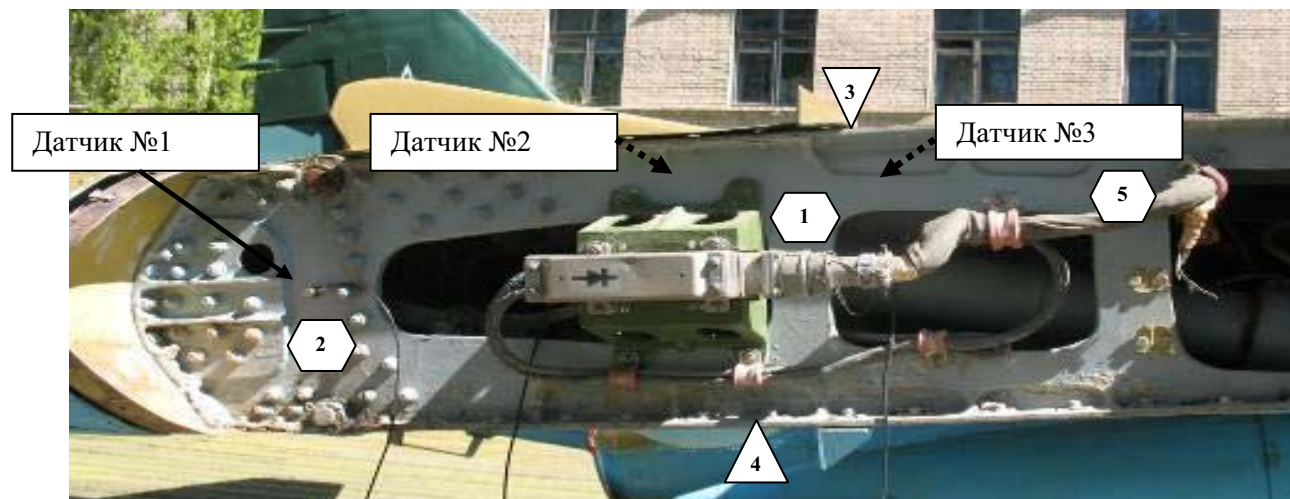


Рис. 2. Схема препарирования датчиков и мест нанесения удара

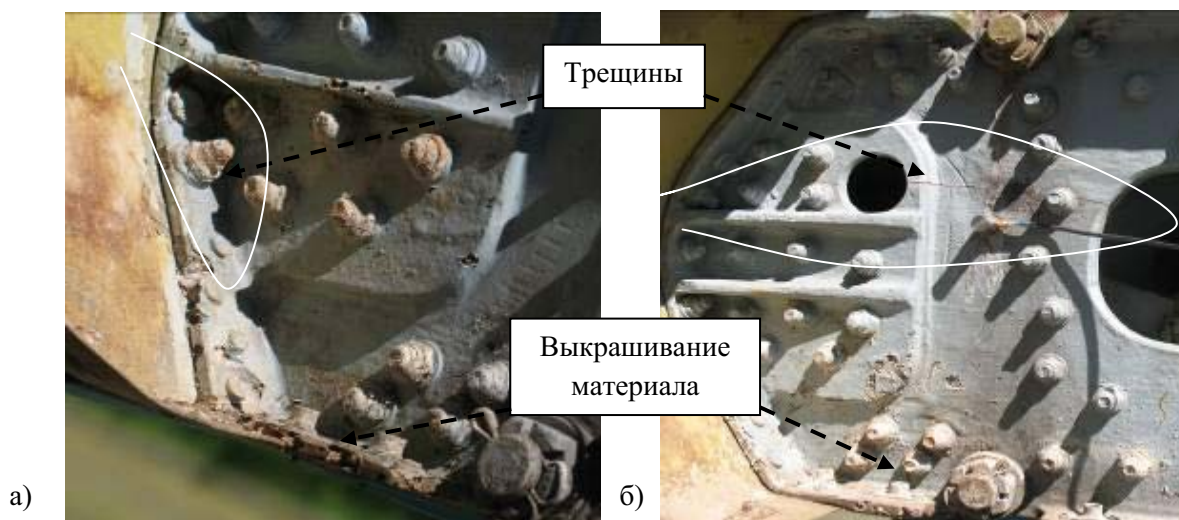


Рис. 3. Внешние повреждения каркаса: а – борт № 45; б – борт № 82

Имея исходную информацию об исправных объектах, можно судить о степени накопленных повреждений во времени. Критерием будет являться процентное изменение собственных форм колебаний, определенное для каждого конкретного случая с учетом степени важности испытываемого объекта и погрешностей виброизмерительной аппаратуры.