

Ахметшина Д.Н.

аспирант

Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А.Н. Туполев - КАИ

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К РЕШЕНИЮ
КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ**

Аннотация: Рассматриваются конструкции с дефектами типа трещин, расслоений. Изменение их жесткостных свойств можно обнаружить путем анализа законов распределения вероятных характеристик деформаций. Наличие дефекта может проявляться в трансформации гауссовского закона распределения деформации в смесь распределений плотностей вероятностей.

Ключевые слова: прочность, обратные задачи, случайные величины, смеси случайных явлений.

Akhmetshina D.

Post-graduate student

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-

KAI

**APPLICATION OF STATIC METHODS TO SOLVING COEFFICIENT
INVERSE PROBLEMS**

Abstract: Structures with defects such as cracks and delaminations are considered. Changes in their stiffness properties can be detected by analyzing the laws of distribution of the probable characteristics of deformations. The presence of a defect can manifest itself in the transformation of the Gaussian law of the strain distribution into a mixture of probability density distributions.

Keywords: solution of inverse problems, system sensitivity, solution error, deformation, construction, loads, vibrations, static strength.

Keywords: strength, inverse problems, random variables, mixtures of random phenomena.

В условиях эксплуатации конструкция подвергается действию переменных нагрузок, величины и частоты колебаний которых изменяются в широком диапазоне. В первом приближении эти нагрузки могут быть разделены на два класса [1, 2**Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

1. Нерегулярные последовательности квазистатических нагрузок. К этому классу нагрузок относятся нагрузки, возникающие при полете в беспокойном воздухе или при совершении маневров; нагрузки, возникающие при взлете, посадке, пробежке и рулении по аэродрому; нагружения конструкции, связанные с давлением в герметической кабине самолета и др. Эти нагрузки имеют частоту колебаний в пределах от долей герца до нескольких герц.

2. Вибрационные высокочастотные нагрузки. К этому классу относятся колебания, связанные с различными срывными воздействиями (например, бафтинг и др.); колебания, вызванные вибрациями силовой установки; акустические колебания и др. Эти нагрузки имеют частоты от нескольких герц до нескольких сотен герц.

В настоящей статье рассматриваются только квазистатические нагрузки, которые определяют статическую прочность основной части конструкции. Воздействие вибрационных нагрузок второго класса, как правило, носит локальный характер и определяет нагружение отдельных участков обшивки, мест соединения нервюр со стрингерами и т.д. и здесь не рассматриваются.

В итоге задача ставится так: зная параметры статического распределения деформаций или перемещений, найти соответствующие параметры распределения нагрузок как случайных величин. Именно эти значения и входят обычно в правые (нагрузочные) части уравнений равновесия.

Случайность параметров системы может быть обусловлена, например, технологическими допусками производства, негодностью материалов деталей, а также их старением и износом. Приближенные методы определения плотности вероятности выходного процесса (деформаций) нелинейной системы (например, с трещинами или расслоениями) базируются, как правило, на основе нормализации негаусовских случайных процессов. Однако, как показано в ряде работ по теории вероятности и прочности [3], даже в линейной системе может происходить денормализация выходного сигнала. Для систем с нелинейным поведением денормализация должна учитываться. В противном случае упрощенные методы анализа, основанные на подгонке и хорошо исследованному нормальному распределению, могут привести к грубым или принудительно ошибочным результатам.

Решение обратных задач в вероятностей постановке очевидно актуально в области прочности конструкционных материалов. В настоящее время в авиационных конструкциях используются различные композиционные материалы (КМ), которые имеют высокую удельную прочность и высокие модули упругости. Характеристики таких материалов существенно отличаются друг от друга и от свойств традиционных алюминиевых сплавов. Следует отметить следующие характерные особенности КМ:

- разбросы прочностных характеристик КМ значительно выше разбросов прочности металлов, используемых в авиастроении;
- свойства КМ заметно изменяются во времени, вследствие влияния различных факторов, например, действия повторных нагрузок, влияния климатических воздействий и других условий эксплуатации;
- композиционные материалы имеют хрупкое разрушение при относительно небольших деформациях, вследствие чего на элементах из МК наблюдается «масштабный эффект», т.е. уменьшение разрушающих напряжений с увеличением размера образца; и в этом случае оценка

прочности конструкции на основе испытаний образцов может содержать значительные погрешности.

Разбросы прочностных характеристик конструкций из КМ являются весьма важным параметром при проектировании ЛА, поэтому работа по определению характеристики разбросов прочности приобрела большую важность. Решение этой задачи осложняется тем, что испытаний, пригодных для определения статических характеристик, в настоящее время проведено недостаточно. Известны лишь отдельные результаты испытаний крупных конструкций из МК, количество таких испытаний весьма ограничено. В большинстве случаев экспериментальные материалы представляют собой результаты испытаний простейших конструкций и элементов конструкции – это оболочки панели, изготовленные из КМ или подкрепленные КМ.

Проведенный анализ прочности элементов конструкции из КМ позволяет сделать важное заключение о том, что относительные разбросы прочности (коэффициенты вариации) конструкций заметно больше разбросов прочности образцов из КМ. Это может быть объяснено влиянием допускаемых отклонений технологии изготовления различных экземпляров конструкции, в результате чего возникают неконтролируемые микродефекты, а также это связано с возможными разбросами размеров элементов конструкции в пределах существующих допусков.

Таким образом, для уточнения механических характеристик КМ и, вообще, идентификации упругих параметров конструкций задача ставится следующим образом: зная характеристики входного воздействия и характеристик реакции системы (выход), определить оператор системы, т.е. найти различные параметры, определяющие оператор L системы $LV=Q$ как случайные величины.

Использованные источники:

1. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. М.: Машиностроение, 1987. 240 с.

2. Костин В.А., Торопов М.Ю., Снегуренко А.П. Обратные задачи прочности летательных аппаратов/ Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. 284с.
3. Валитова Н.Л., Костин В.А. О применении вероятностных методов к решению коэффициентных обратных задач прочности летательных аппаратов// Вестник Московского авиационного института т. 26 № 4 с. 42-49 (ВАК) Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).