

Универсальная силовая рама представляет собой порталную раму, снабженную П-образными подвижными балками, образующими горизонтальные пояса жёсткости, которые могут смещаться вертикально независимо друг от друга, и набором перемещаемых силовых балок, позволяющих конфигурировать раму в зависимости от вида проводимых испытаний.

Проведённые прочностные расчёты показали возможность воспринимать рамой

нагрузки величиной до 15 тонн при максимально неблагоприятной конфигурации силовых элементов и до 30 тонн при усилении конструкции дополнительными элементами. Проведённый расчёт был подтверждён экспериментом, на конструкцию универсальной силовой рамы подана заявка на патент, а сама рама введена в эксплуатацию в составе Лаборатории статических и циклических испытаний.

УДК 906.638.39.23

К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ УСТРАНЕНИИ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ

©2016 А.А. Охотников, А.О. Костенко, С.В. Сарычев

Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск

ON THE ISSUE OF POTENTIAL HAZARDS ESTIMATE METHODS IN THE ACTIONS DEVELOPMENT PROCESS FOR ELIMINATION OF DEFECTS CAUSE

Okhotnikov A.A., Kostenko A.O., Sarychev S.V. (PJSC "NPO "Saturn", Rybinsk, Russian Federation)

This work presents some propositions of methods uncertainty's decrease in the process of actions' development. The model example of uncertainty's decrease in the estimation's process of needed spare parts was considered.

При работе с дефектами часто возникает ситуация неопределённости, связанная с определением коренной причины отказа, что, в свою очередь, приводит к неопределённости на стадии разработки мероприятий, при планировании необходимого количества запасных частей и т.д.

Методом снижения неопределённости, для определения влияния на безопасность, является методика GM 21A, изложенная в [1]. Данная методика предполагает работу с интенсивностями конечного события с катастрофическими последствиями, например «двухмоторное выключение» для двухдвигательного самолёта. В случае попадания интенсивности в опасную зону диаграммы визуализации для CS-25 [1], определяется время для разработки мероприятий. Неопределённость в данном случае остаётся на уровне определения интенсивности иницирующего события, то есть является связанной со статистическим фактором.

Методом снижения неопределённости при аналитическом установлении причины дефекта являются причинно-следственные

диаграммы (CED) и анализ методом «дерево событий» (ETA). Неопределённость в данном случае остаётся в экспертных суждениях, на основании которых строится данный анализ.

Методом снижения неопределённости при разработке мероприятий является анализ видов и последствий отказов процессов (Process FMEA). Данный метод позволяет формализовать возможные проблемы, которые могут возникнуть при разработке и внедрении мероприятий. Если применять его совместно с оценкой эффективности, то можно оценить целесообразность внедрения либо сравнить возможные варианты мероприятий. Неопределённость в данном случае, так же как и при оценке причины, остаётся в экспертных суждениях.

При планировании необходимого количества запасных частей неопределённость снижается использованием специализированных программных инструментов (например модуль «Spare Parts» ПС «RAM Commander» фирмы A.L.D. Ltd.). При этом необходимо знать интенсивность эксплуатации и

объём парка. А также остаётся неопределённость в определении интенсивности проявления.

Рассмотрен пример использования подходов системного анализа [2], пути снижения неопределённости, а также способы оценки потенциальных опасностей при разработке мероприятий по устранению дефекта. В эксплуатации были выявлены случаи обрыва штуцера для присоединения дренажного трубопровода. Необходимо определить потенциальные опасности, которые могут возникнуть при проведении исследования и разработке мероприятий, построить математическую модель отказа, оценить интенсивность отказов и спланировать необходимое количество запасных частей. При выполнении анализа потенциальных опасностей применён метод Process FMEA, для которого, с целью снижения субъективизма эксперта, и, как следствие, понижения неопределённости, разработаны: пошаговый алгоритм выполнения анализа и набор управляющих формализованных выражений, применяемых при описании потенциального отклонения при разработке мероприятий и его последст-

вий. Для количественной оценки потенциальных отклонений, с целью выявления «узких» мест в процессе разработки мероприятий, используя подход «нечёткой логики» [3], разработаны лингвистические переменные и словарь, позволяющие перевести словесные оценки экспертов в численный эквивалент для последующего сопоставления.

Для построения математической модели отказа был выполнен анализ имеющейся статической информации. Было сделано предположение о том, что наработка на отказ распределена по закону Вейбулла. С использованием ПС «Statistica 10.0» получены параметры распределения и по известному [4] выражению выполнен расчёт интенсивности отказов.

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{x}{\eta} \right)^{\beta-1} . \quad (1)$$

Полученное в результате расчёта значение интенсивности было признано, исходя из опыта, связанного с отказами аналогичных конструкций на других ГТД, явно завышенным. Был выполнен анализ трассировки плотности распределения отказов (рис.1).

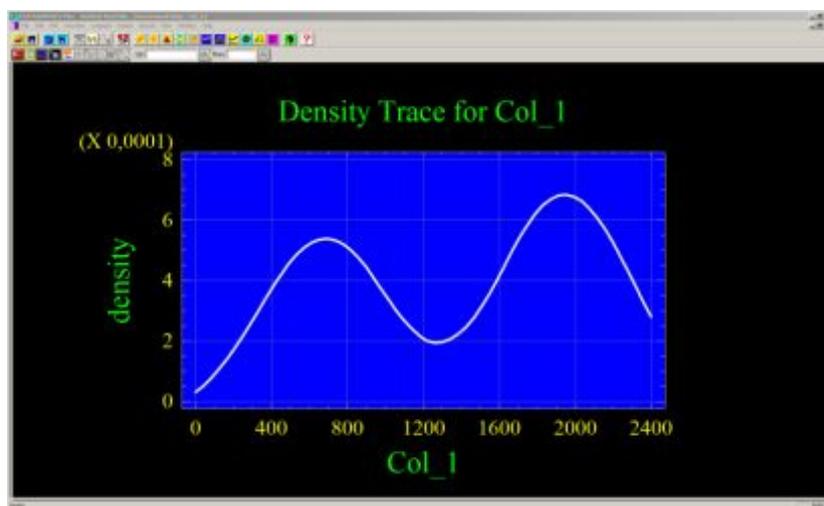


Рис.1. Вид трассировки плотности вероятности

По результатам анализа выявлено чёткое разделение данных на две группы, исходя из чего сделано предположение о двух различных факторах, влияющих на отказ, что впоследствии было подтверждено результатами исследования (отдельно: факторы изготовления трубопровода и сборки его в составе ГТД). Так как данный анализ выполнялся с целью оценки интенсивности отказов для задач технического обслуживания, то, в соответствии с [5] было принято реше-

ние об использовании логарифмически-нормального распределения для каждой из двух групп данных. Так как объём выборок был мал, то статистика была дополнена цензурированными данными.

Полученное значение интенсивности отказов было принято как согласующиеся с имеющимся опытом, и предложенная математическая модель признана подходящей для описания данного вида отказов. Впоследствии была выполнена оценка необхо-

димого для восстановления работоспособности двигателя в эксплуатации количества запасных деталей. В настоящий момент точность данного прогноза подтверждена результатами эксплуатации.

На основании проведённых работ по практическому снижению неопределённости на этапах разработки мероприятий и оценки интенсивности отказов можно сделать предварительный вывод о необходимости дальнейшей работы в направлении применения систем с «нечёткой логикой» для решения задач по работе с дефектами.

Библиографический список

1. Dec. # 2003/1/RM, 17.10.2003 EASA (“AMC and GM to Part 21”). AMC and GM to

Part 21. Acceptable Means of Compliance and Guidance Material for the airworthiness and environmental certification of aircraft and related products, parts and appliances, as well as for the certification of design and production organizations.

2. Антонов А.В. Системный анализ: учебник для ВУЗов. - М.: Высш. шк., 2004. 454 с.

3. Прикладные нечёткие системы: Пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.: [под. ред. Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугэно]. - М.: Мир, 1993. 368 с.

4. Abernethy R. The New Weibull Handbook. Fifth Ed, 12.2006.

5. Справочник по надёжности. Том I: Пер. с англ. - М.: Мир, 1969. 340с.

УДК 621.45.026.8; 533.662.3

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УЧЁТА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗАННОСТИ И ДЕМПФИРОВАНИЯ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ ЛОПАТОК

©2016 А.В. Урлапкин, А.И. Ермаков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DEVELOPMENT OF AERODYNAMIC CONNECTEDNESS AND DAMPING ACCOUNTING MODEL FOR BLADE VIBRATIONS

Urlapkin A.V., Ermakov A.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The shows the development of a calculation model to account the aerodynamic damping and connectedness of blade forced vibrations. Has been solved the problem of aeroelasticity in the case of plane blades vibrations. Has been proposed a method for replacing the aeroelastic problem by the gas-dynamic calculation of an equivalent mechanical system. Main laws of aeroelastic vibrations are identified.

Традиционные представления о колебаниях лопаток предполагают, что аэродинамическая связанность колебаний и влияние аэродинамических сил на величину демпфирования малы. Для лопаток турбин такие представления находят достаточное экспериментальное подтверждение, поскольку наличие трения в замковом соединении и бандажной связи создаёт большое рассеяние энергии. Для лопаток компрессора, где в силу наличия хвостовика типа «ласточкин хвост», либо колёс типа «блиск», эффектов конструкционного демпфирования не наблюдается. Однако при испытаниях уровень динамических напряжений достигает какого-то определённого уровня, что свидетельствует о наличии демпфирования.

Отсюда очевиден вывод, что аэродинамическое демпфирование в таких конструкциях имеет место, и его уровень значителен для лопаток вентилятора [1]. Поэтому решение задачи о вынужденных колебаниях и автоколебаниях невозможно без учёта этого фактора.

Определение аэродинамической связанности и демпфирования возможно только при решении задачи об аэроупругих колебаниях, однако решение такой задачи сопряжено с большими затратами времени и вычислительных ресурсов. Для задач оптимизации и большого количества исследований такой подход непрактичен. Поэтому в работе рассматривается модель,