

УДК 629.7.01.533.6

Продление эксплуатационного ресурса локальной зоны перфорированной решетки передней створки воздухозаборника скоростного самолета

Ордин А. В. *, Рипецкий А. В. **, Иванов А. О.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ,
Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

** e-mail: alexey_ordin@mail.ru*

*** e-mail: a.ripetskiy@mail.ru*

Аннотация

Объектом исследований является задача увеличения ресурса скоростных самолетов, являющейся одной из основных задач решаемых в современной авиации. Рассматривается проблема низкой долговечности, менее 1000 часов летной эксплуатации, створки воздухозаборника скоростного самолета. Проведен анализ передней створки воздухозаборника скоростного самолета с точек зрения характера распределения трещин, условий эксплуатации самолета, статистики эксплуатационной проработки до появления трещин. Показано, что распространенная версия разрушения перфорированной решетки створки воздухозаборника от скоростного напора среды в режимах M_{max} не состоятельна, и, что причиной являются крутильные колебания носовой части воздухозаборника, возникающие от действия срывного обтекания приграничного слоя на конструкцию воздухозаборника, которые возбуждают крутильные колебания передней створки воздухозаборника.

Автор настоящей статьи провел серию экспериментов на натурной створке и на малоформатных образцах, соответствующих параметрам перфорированной решетки и нашел способ продления ресурса створки воздухозаборника в 5-10 раз.

Ключевые слова: САПР, эксплуатационный ресурс, акустическое нагружение, передняя створка воздухозаборника, статистика эксплуатационной проработки

Для обеспечения эксплуатации скоростного самолета на режимах $M > 1.0$ используется регулируемая створка воздухозаборника. Общая схема положения створки в эксплуатации представлена на рисунке 1.

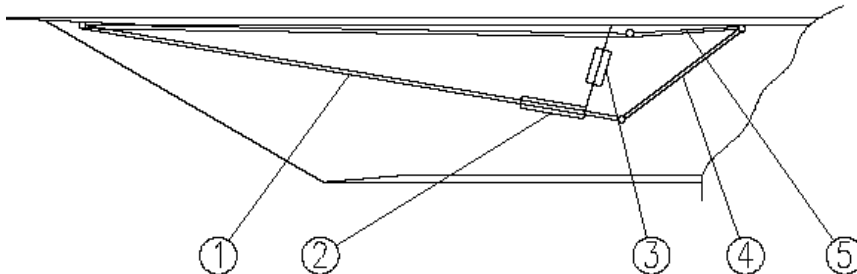


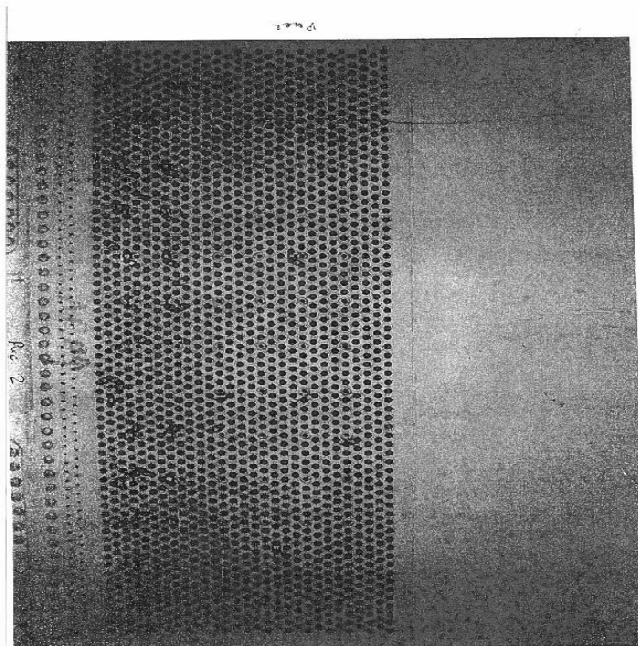
Рисунок 1. Схема воздухозаборника.

1. передняя створка; 2. перфорированная решетка
3. управляющий цилиндр; 4. задняя створка
5. створка в убранном положении

Передняя створка представляет собой коробчатую конструкцию шириной 800 мм длиной 1800 мм и переменной толщиной до 120 мм.

Верхняя и нижняя обшивки изготовлены из сального листа толщиной 1,2 мм материал типа 30ХГСА. Жесткость створки обеспечивает сотовый наполнитель.

Перфорированная панель изготовлена из стали типа 30ХГСА толщиной 3,5 мм с размером 750x350 с отверстиями перфорации $\varnothing 6$ мм расположенными в шахматном порядке и представленным на фотографии 1.



Фотография 1. Трещины на перфорированной панели створки воздухозаборника.

В процессе эксплуатации появились признаки отслоения сотового блока от перфорированной решетки. С целью восстановления целостности конструкции, верхняя и нижняя перфорированные решетки были соединены стальными шпильками толщиной $\varnothing 2$ мм с шагом 100x100, концы которых были заварены на поверхности решетки.

В процессе дальнейшей эксплуатации самолета по сварным швам шпилек появились трещины. Что потребовало дополнительного ремонта.

Замеры акустических давлений и напряжений на створках воздухозаборника в процессе эксплуатации показали, что на режимах $M_{max} \gg 1.0$ уровни акустического давления достигают 178 dB, что вызывало локальные разрушения на отдельных местах конструкции воздухозаборника.

Для углубленного анализа эксплуатационного разрушения были использованы материалы:

- характер распределения трещин на перфорированной решетке;
- условия эксплуатации самолета;
- статистика эксплуатационной проработки до появления трещин.

На основании сравнения фотографии мест появления трещин, сделанных на нескольких самолетах, было обнаружено, что большинство трещин распложенных в зоне крепления цилиндра управления, как указано на рисунке 2.

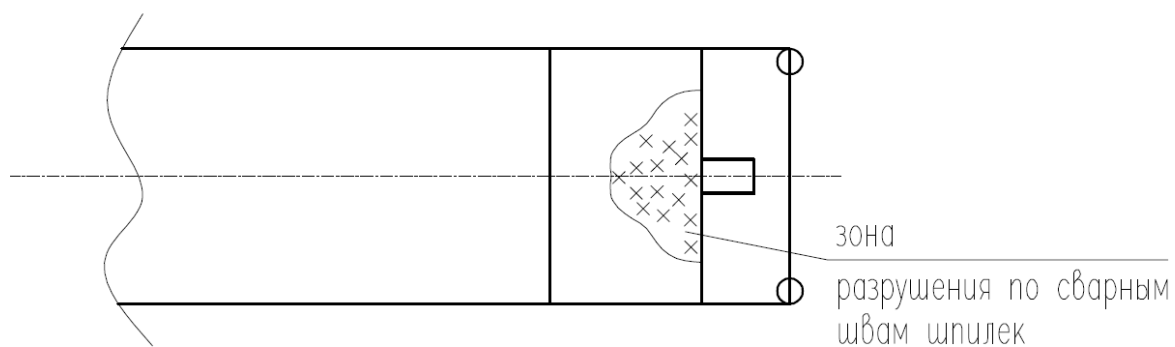


Рисунок 2. Схема эксплуатационного разрушения

Концентрации трещин в определенной зоне поставила под сомнение вариант максимального нагружения на режимах M_{max} . Если бы режим $M > 1$ был «опасным» и разрушал перфорированную панель, то распределение трещин было бы иным. Трещины концентрировались бы в центре панели случайным образом по всей ее поверхности.

На отдельных режимах эксплуатации самолета имело место воздействие срывного обтекания на конструкцию отдельных агрегатов (крыла, киля, воздухозаборника и т.д.).

Оценочный расчет напряжений в носовой части воздухозаборника проводился в программных комплексах MSC. Patran и в разработанном авторами статьи АСАРТП ЛА.

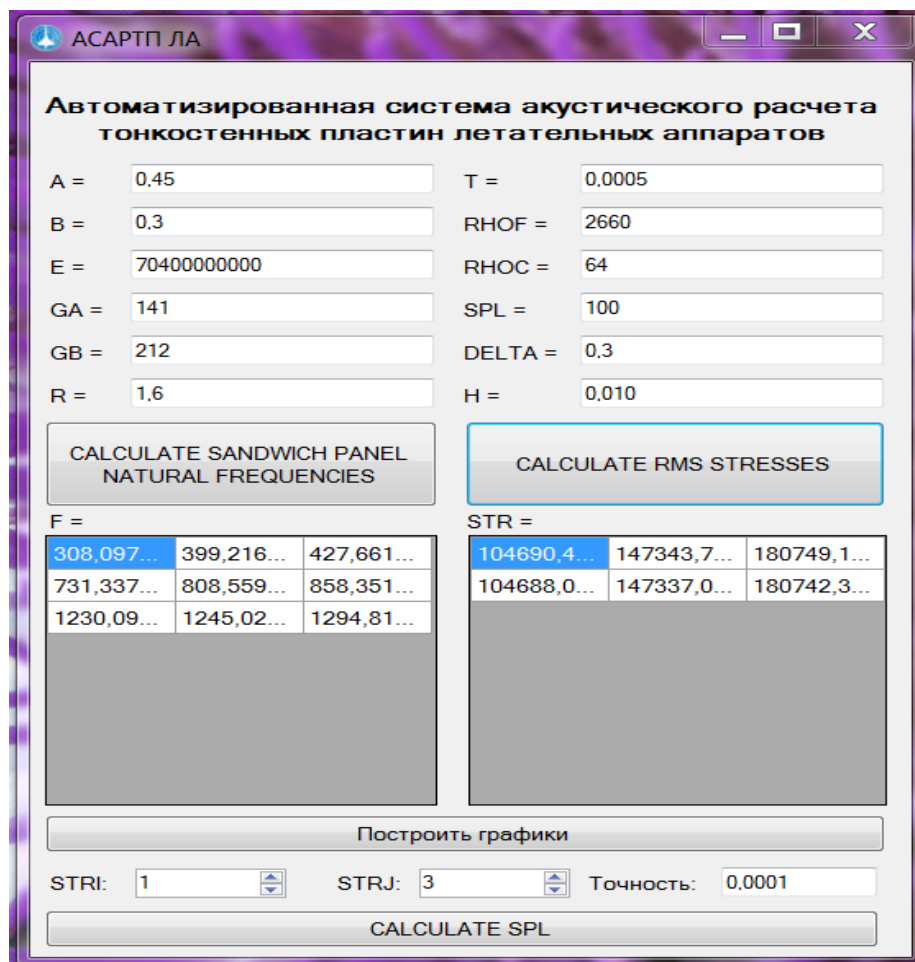


Рисунок 3. Интерфейс программы АСАРТП ЛА

Замеры виброперегрузок и напряжений в носовой части воздухозаборника (где имеет место крепление передней створки) показали, что на режимах снижения (с повышенным углом атаки) возникает значительные колебания воздухозаборника см. рисунок 4. Частотные испытания носовой части воздухозаборника показали, что крутильные колебания носовой части воздухозаборника ($f=170$ Гц) возбуждают крутильные колебания передней створки, на основании чего можно предположить схему нагружения перфорированной решетки как указано на рисунке 4.

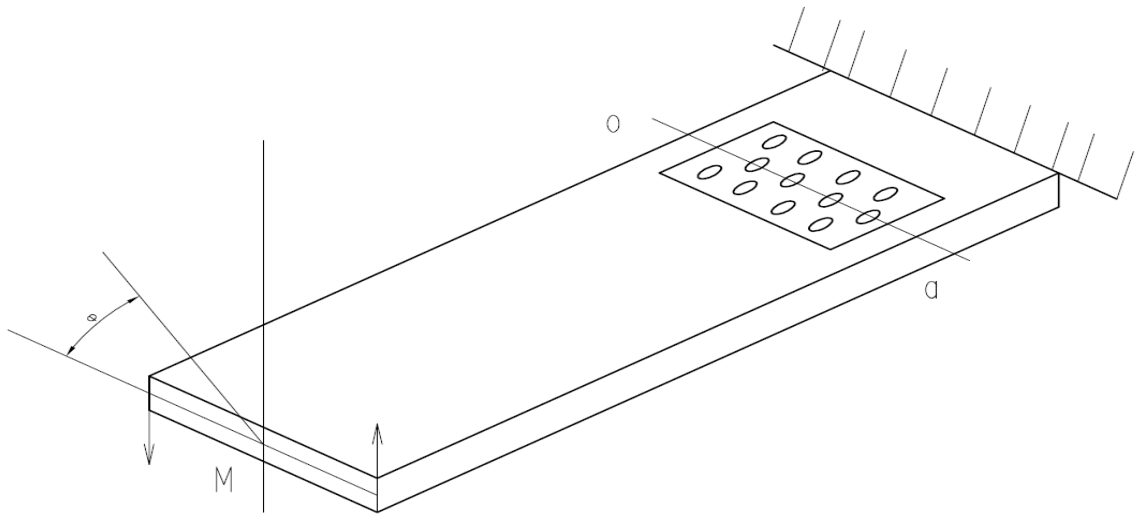


Рисунок 4. Схема нагружения перфорированной решетки

Сечение задней кромки перфорированной решетки можно рассматривать как сечение, воспринимающее крутящий момент створки с помощью касательных напряжений, что вызывает деформацию сечения перфорированной решетки в зоне заделки (заварки) шпилек

Обработка статистики разрушений приведен на рисунке 5.

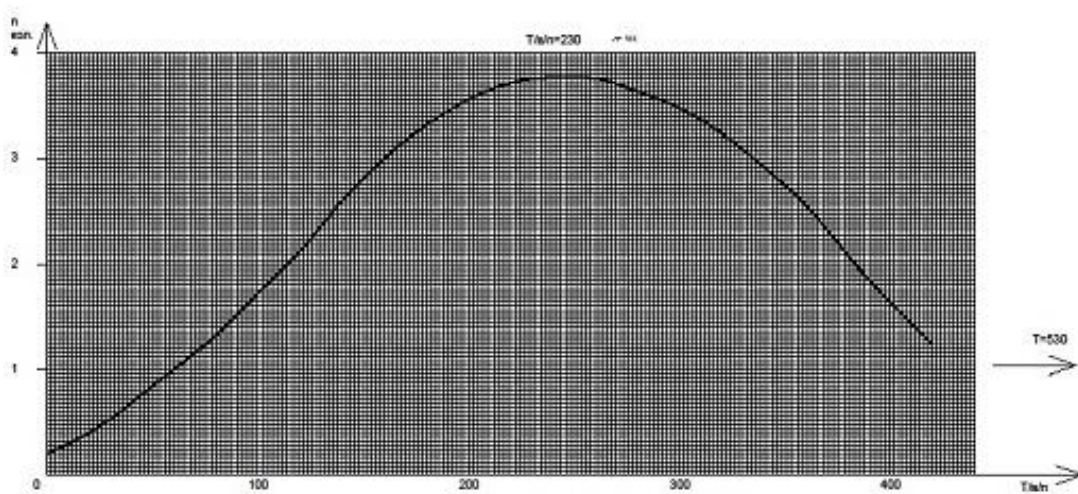


Рисунок 5. Вероятность появления повреждения на перфорированной панели передней створки воздухоборника

Из представленного графика видно, что среднее время наработки до появления трещин составляет 330 часов (взлет-посадка).

Для отработки ремонта перфорированной решетки были проведены виброиспытания натурной створки и малоформатных образцов соответствующих параметрам

перфорированной решетки (по материалу, толщине и геометрии отверстий и положения шпилек). На основании проведенных испытаний были получены разрушения соответствующие эксплуатационным. Ремонт разрушений производился сваркой со специально подобранными присадками. Испытания ремонтных образцов показали, что средняя долговечность ремонта с присадкой повышает долговечность образцов, по сравнению с образцами исходного варианта, в 5-10 раз, что позволяет обеспечить ресурс створки свыше 2000 час (взлет-посадка).

Библиографический список

1. Бызова Н. Л., Иванов В. Н., Гаргер Е. К. Турбулентность в пограничном слое атмосферы. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 264 с.
2. Соппротивление материалов. Ж. Гуле. М. Высшая школа. 1985
3. Нормирование и снижение шума самолетов и вертолетов. Квитка В.Е. Киев «Высшая школа» 1980г.
4. Авиационная акустика т.1,2. Москва, Машиностроение 1986г.
5. Тимошенко С.П., Колебания в инженерном деле. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1967, 444 стр. 531 Т 41 УДК 531.3
6. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1975. - 704 с.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математической статистики. М. Высшая школа, 1977
8. Пановка Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. М., Машгиз. 1957
9. ГОСТ. РВ 20.57304-98, Требования стойкости к внешним воздействующим факторам
10. ГОСТ РВ 20.57305-98, Методы испытаний на воздействие механических факторов
11. Гевонден Г.А., Кисилев Л.Т., Приборы для измерения колебаний. М. Машгиз, 1962,
12. Узе Ф.С., Морзе, Хинкл Р.Т. Механические колебания, М. Машинстроение, 1966.
13. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. М. «Мир» 1980г.