

ПОВЕДЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПАНЕЛИ С ВНУТРЕННИМИ ДЕФЕКТАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Д. В. ДЕДОВА, М. И. МАРТИРОСОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Трехслойные панели с сотовым наполнителем нашли широкое применение в различных отраслях современной промышленности, например, в авиастроении при создании элементов конструкций пассажирских самолетов. Из них изготавливают интерьеры самолетов, элементы конструкции планера (стабилизаторы, закрылки, рули высоты, элероны и т. д.). Такое распространение панели приобрели благодаря малому весу, высокой удельной прочности и жесткости, устойчивости при сжатии, хорошим тепло- и звукопоглощающим свойствам, высокой технологичности.

В результате внешних воздействий при эксплуатации и в процессе производства панелей могут возникать дефекты (повреждения), которые оказывают влияние на прочность и несущую способность готового изделия.

В работе рассматривается плоская трехслойная панель с сотовым наполнителем. Форма панели – прямоугольная, геометрия задана. В центре панели между верхней обшивкой и наполнителем присутствует дефект эллиптической формы с заданными осями. Панель представляет собой конструкцию, состоящую из двух тонких прочных внешних слоев – обшивок, выполненных из полимерного композиционного материала (ПКМ), связанных между собой слоем наполнителя, разделяющего внешние (несущие) слои и обеспечивающие их совместную устойчивость.

Обшивка панели (верхняя и нижняя) состоит из двух монослоев, каждый из которых изготовлен из клевого препрега КМКС-2м.120.Т10 (стеклоткань Т-10-80 и клеевая композиция). Схема укладки монослоев имеет следующий вид: $[0^{\circ}/0^{\circ}]$. Все необходимые физико-механические характеристики клевого препрега, а также толщина монослоя – паспортные от производителя материала. Использование клеевых препрегов позволяет изготавливать элементы конструкций (в том числе трехслойные) одинарной и сложной кривизны за одну технологическую операцию. Стекло- и углепластики на основе клеевых препрегов по сравнению с аналогичными традиционными материалами имеют повышенную трещиностойкость, прочность при межслоевом сдвиге, усталостную и длительную прочность, высокую эрозионную стойкость.

Сотовый наполнитель выполнен из полимеросотопласта ПСП-1-2,5-48 (с гексагональной формой сотовой ячейки) на основе каландрированной бумаги и фенолформальдегидного связующего. Такая комбинация позволяет повысить механические свойства наполнителя, уменьшить влагопоглощение, обеспечить защиту от проникания грибков, сохранять эксплуатационные свойства. Стенки сот расположены в трехслойном пакете перпендикулярно несущим слоям. Необходимые для расчета характеристики наполнителя известны, высота сотового наполнителя задана.

Рассматривается поведение изучаемой панели под действием нагрузки ударного характера при наличии и отсутствии дефектов.

Задача решалась численно. Использовался метод конечных элементов (МКЭ). Создание конечно-элементной сетки осуществлялось в программном комплексе Siemcenter Femap. Каждый слой моделировался отдельным набором конечных элементов (КЭ). Затем модель импортировалась в программный комплекс LS-DYNA (Livermore Software Technology Corp.), где задавались нагрузка и граничные условия. Зона повреждения моделировалась при помощи контакта «AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE». Остальные слои связаны между собой контактом «AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE_TIEBREAK».

В качестве нагрузки рассматривается ударное воздействие на панель с высокой скоростью (точка удара совпадает с центром повреждения) фрагмента шины из армированной резины (разрыв покрышки колеса основной опоры шасси самолета при взлете (разбеге) с взлетно-посадочной полосы аэродрома или посадке на нее (пробег)). Фрагмент моделируется прямоугольным параллелепипедом. Вектор скорости фрагмента шины перпендикулярен поверхности панели. Масса фрагмента и его скорость заданы. Граничные условия – жесткое защемление коротких торцов панели.

Получен график изменения полной контактной силы, действующей на панель.

В результате проведенного численного моделирования определяется распределение полей напряжений и деформаций в монослоях панели в различные моменты времени. Вычисляется рас-

пределение индекса разрушения (характеристика, связанная с запасом прочности) по различным критериям разрушения применительно к ПКМ. Расчет проведен по критериям Puck, Hashin, LaRC (Langley Research Center). Считается, что разрушение наступает, когда индекс разрушения становится равным единице. Определены продольные растягивающие напряжения и напряжения сдвига в плоскости листа для соответствующих монослоев панели с дефектом эллиптической формы и неповрежденной панели (в различные моменты времени). Показано изменение прогиба в монослое с дефектом (поврежденная панель), сотовом заполнителе и в неповрежденной панели в зависимости от времени. Проведен параметрический анализ. Выработаны практические результаты.

УДК 531.383

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ГИДРОУПРУГОСТИ СООСНЫХ ОБОЛОЧЕК

О. В. ЕЛИСТРАТОВА

*Поволжский институт управления им. П. А. Столыпина – филиал РАНХиГС,
г. Саратов, Российская Федерация*

Д. В. КОНДРАТОВ

*Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук
(ИПТМУ РАН), г. Саратов,
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского,*

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина, Российская Федерация

И. В. ПЛАКСИНА, Ю. Н. КОНДРАТОВА

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского, Российская Федерация*

В современном транспорте активно применяются различные конструкции, взаимодействующие с вязкой несжимаемой жидкостью. В таких конструкциях изучается проблема конструкционной прочности механических систем, взаимодействующих с вязкой жидкостью при вибрационных нагрузках [1, 2]. Уже разработано значительное число математических моделей, описывающих динамическое поведение механической системы, в которой взаимодействуют упругие тонкостенные конструкции с вязкой жидкостью (рисунок 1).

Рассмотрим механическую систему, состоящую из трех соосных упругих цилиндрических оболочек, свободно опираемых на концах при вибрации или перепаде давления на концах [3]. Пространства между оболочками заполнены вязкими несжимаемыми жидкостями, которые могут быть различными. Внутренняя оболочка является полой [3].

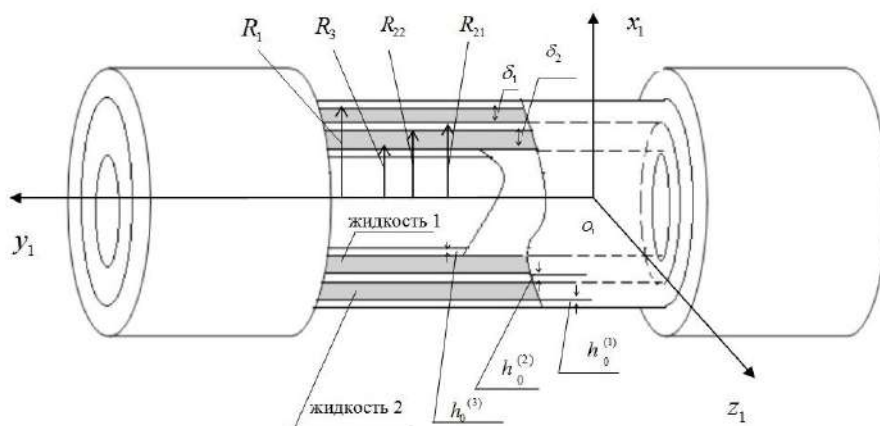


Рисунок 1 – Механическая модель