

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРИНГЕРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБШИВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Морозов Н.А., Изенин С.Д.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Одной из основных характеристик летательного аппарата является его масса. Снижение массы позволяет снизить динамические нагрузки, возникающие при транспортировке летательного аппарата и в процессе его полета, а также уменьшить количество необходимого для полета топлива. Таким образом, разработка мероприятий, позволяющих снизить массу летательного аппарата при обеспечении условий прочности, жесткости и устойчивости является весьма актуальной.

Снижение массы может быть обеспечено путем использования новых более легких материалов, например композитных, или за счет изменения конструкции летательного аппарата. Рассмотрим влияние геометрических характеристик конструкции стрингеров, подкрепляющих цилиндрические обшивки летательных аппаратов, на устойчивость данных подкрепленных обшивок. Это позволит оптимизировать конструкцию летательного аппарата с учетом устойчивости его обшивки по критерию минимальной массы.

Потеря устойчивости подкрепленной обшивки будет происходить под действием осевых сил (рисунок 1), определяемых по формуле:

$$N(x) = N_A(x) + m(x) \cdot g \cdot n, \quad (1)$$

где $N_A(x)$ - осевая составляющая аэродинамических сил, действующих на рассматриваемую часть летательного аппарата, Н;
 $m(x)$ - масса отсеченной части летательного аппарата, кг;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 n - коэффициент осевой перегрузки.

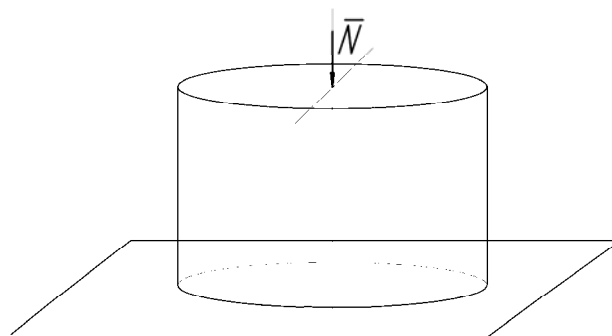


Рисунок 1 – Расчетная схема

В качестве примера произведем расчет на потерю устойчивости подкрепленного цилиндрического отсека летательного аппарата длиной 850 мм и диаметром 880 мм под действием осевой сжимающей силы 139580 Н. Корпус отсека состоит из тонкостенной обшивки и силового набора, включающего в себя 4 стрингера. Обшивка представляет собой 4 секции листовой стали 12Г2А толщиной 1 мм. Стрингеры выполнены из сплава В95 толщиной 5 мм.

При расчете будем использовать стрингеры с наиболее часто встречаемыми формами поперечных сечений: в виде уголка и z – образное (рисунок 2). Крепление стрингеров к обшивке производится через полку длиной a .

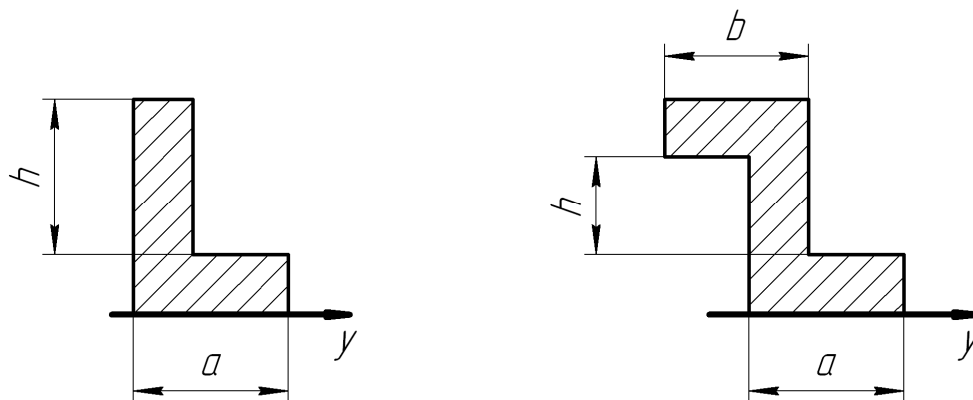


Рисунок 2 – Формы поперечных сечений стрингеров

Расчет отсека на устойчивость при различных геометрических характеристиках сечения стрингеров осуществлялся в программе FemapMSCNastran с помощью метода конечных элементов (рисунки 3, 4). При расчете рассматривались сечения с различными линейными размерами, которые задавались из условия обеспечения одинаковой площади поперечного сечения стрингера. Данное условие позволяет всем рассматриваемым стрингерам иметь одинаковую массу.

Выбор стрингеров, имеющих наиболее оптимальные геометрические характеристики, осуществлялся по величине коэффициента запаса устойчивости k конструкции. Расчет позволил установить, что, при выборе сечения в виде уголка, значения коэффициента запаса устойчивости k составили: для случая а) - $k = 1,049$, б) - $k = 1,082$, в) - $k = 1,139$; при выборе z – образного сечения: для случая а) - $k = 1,067$, б) - $k = 1,073$, в) - $k = 1,117$.

В качестве геометрической характеристики сечения выберем момент инерции относительно оси y , проходящей по стыку стрингера и обшивки.

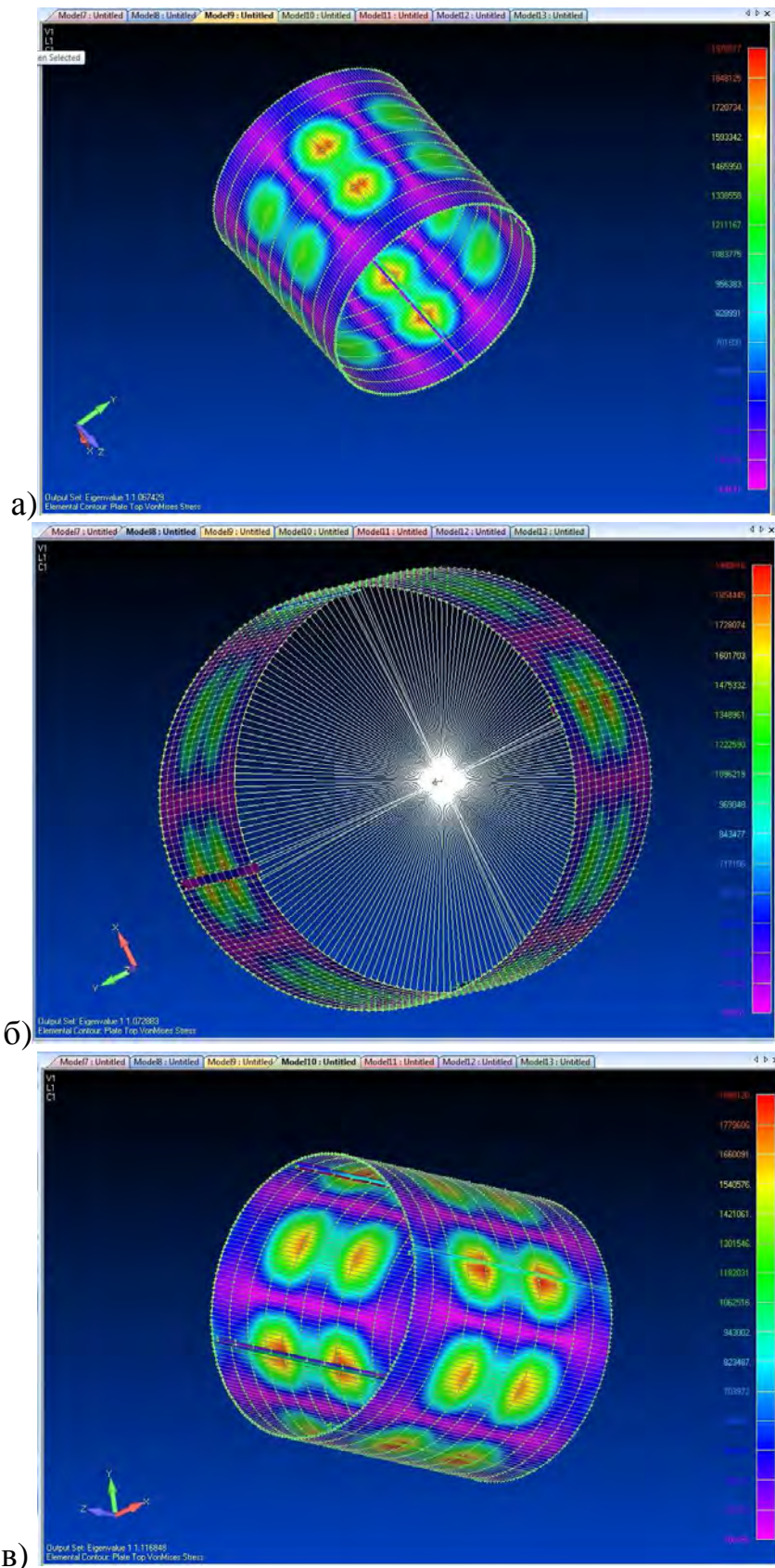


Рисунок 3 – Напряженное состояние цилиндрической обшивки, подкрепленной стрингерами, имеющими z – образные сечения:
 а) $b = 10$ мм, $h = 10$ мм, $a = 20$ мм; б) $b = 20$ мм, $h = 10$ мм, $a = 10$ мм;
 в) $b = 10$ мм, $h = 20$ мм, $a = 10$ мм.

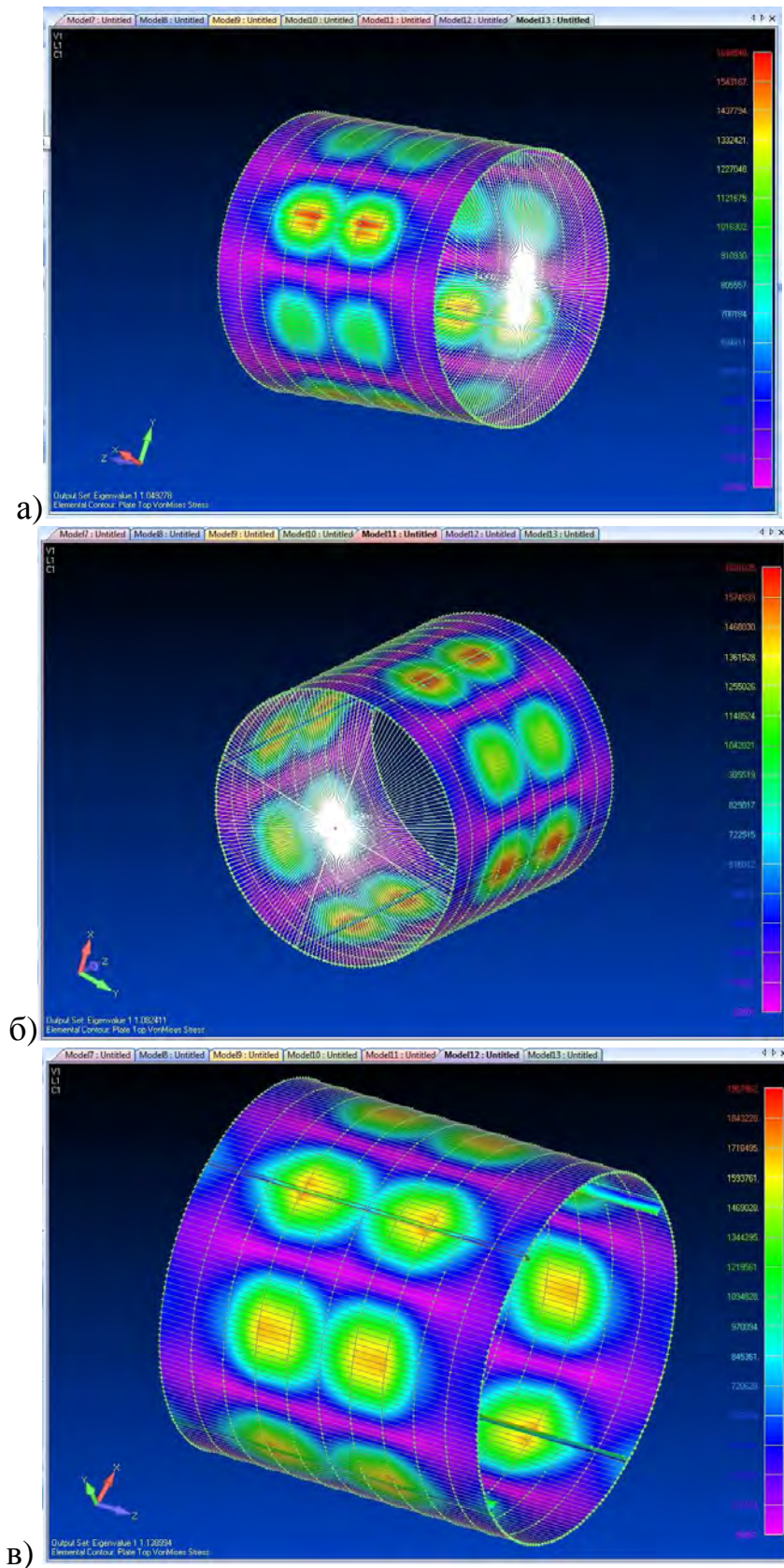


Рисунок 4 – Напряженное состояние цилиндрической обшивки, подкреплённой стрингерами, имеющими сечения в виде уголков:
 а) $h = 10$ мм, $a = 30$ мм; б) $h = 20$ мм, $a = 20$ мм; в) $h = 30$ мм, $a = 10$ мм.

Для z – образных сечений: а) - $I_y = 2354 \text{ мм}^4$, б) - $I_y = 3104 \text{ мм}^4$, в) - $I_y = 6542 \text{ мм}^4$, для сечений в виде уголков: а) - $I_y = 1604 \text{ мм}^4$, б) - $I_y = 5292 \text{ мм}^4$, в) - $I_y = 14480 \text{ мм}^4$.

Очевидно, что увеличение данного осевого момента инерции приводит к увеличению коэффициента устойчивости подкрепленной обшивки. Таким образом, при заданном коэффициенте устойчивости наименьшей массой будет обладать тот стрингер, для сечения которого осевой момент инерции I_y будет наибольшим. Полученные результаты рекомендуется использовать при проектировании конструкций летательных аппаратов.

Список литературы

- 1. Образцов, И.Ф. Строительная механика летательных аппаратов: учебник для авиационных специальностей вузов / И.Ф. Образцов, Л.А. Булычев и др. – М: Машиностроение, 1986. – 536 с. – ил.*
- 2. Гаврилов, А.А. Расчет прочности тонкостенных стержней при изгибных колебаниях с помощью фиктивных нагрузок / А.А. Гаврилов, Н.А. Морозов, Ю.Л. Власов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №1. – С.167-170 – ISSN 1814-6457*
- 3. Гаврилов, А.А. Прочность и жесткость тонкостенных стержней при изгибных колебаниях / А.А. Гаврилов, Н.А. Морозов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – №4. – С.253 - 257 – ISSN 1814-6457*