

Секция «Вычислительная математика, математическое моделирование и численные методы»

Численное решение задачи устойчивости крупногабаритной вафельной цилиндрической оболочки при осевом сжатии в сопоставлении с экспериментом

Научный руководитель – Павлов Валентин Фёдорович

Анисимов Сергей Алексеевич

Аспирант

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Институт ракетно-космической техники, Самара, Россия

E-mail: ser85@bk.ru

Известно, что величина критической нагрузки для находящейся в состоянии осевого сжатия цилиндрической оболочки существенным образом зависит от имеющихся у оболочки начальных несовершенств, обусловленных технологией её изготовления. Известные расчётно-экспериментальные данные (двадцатилетней давности), касающиеся устойчивости при осевом сжатии вафельных (подкреплённых со стороны внутренней поверхности ортогональной сеткой рёбер) цилиндрических оболочек дают основание полагать, что расчётные значения критических нагрузок для подобных оболочек (получаемые в рамках эйлеровой бифуркационной постановки задачи устойчивости) оказываются завышенными (не менее, чем на 30%) по сравнению с тем, что даёт эксперимент. В этом отношении интерес представляют опубликованные в последнее время результаты экспериментов по осевому сжатию крупногабаритной вафельной (из алюминиевого сплава) цилиндрической оболочки, выполненной по усовершенствованной технологии [1]. Целью представляемого здесь исследования является сопоставление результатов численного решения задачи устойчивости для обозначенной оболочки с соответствующими экспериментальными данными. Указанное численное решение осуществлялось с применением двух альтернативных вычислительных моделей, построенных в рамках линейной бифуркационной постановки соответствующей задачи устойчивости. Одна из моделей строилась с принятием гипотезы «размазывания», что позволяло рассматривать вафельную оболочку по схеме конструктивно-ортотропной оболочки, подчиняющейся гипотезам Кирхгофа-Лява. Алгоритм численного решения при этом основывался на процедуре ортогональной прогонки с численным интегрированием по схеме Кутты-Мерсона. Другая (конечно-элементная) модель строилась на основе тетраэдрального элемента в среде программного комплекса MSC Patran/Nastran. Геометрические характеристики (радиус, длина, толщина полотна, толщины рёбер (осевого и окружного), их высоты, расстояния между ними) изготовленной вафельной оболочки имели вид: $R=1219$ мм, $L=1981$ мм, $h=2,54$ мм, $a_1=a_2=2,54$ мм, $b_1=b_2=7,62$ мм, $l_1=l_2=101,6$ мм. Расчёт на устойчивость данной оболочки с использованием первой из отмеченных вычислительных моделей привёл к результату $Q_{кр} = 2927$ кН (что всего лишь на 5% ниже экспериментально полученного результата $Q_{кр} = 3065$ кН). Расчёт с использованием второй из вычислительных моделей (см. рис.) привёл к результату $Q_{кр} = 3014$ кН, хорошо согласующемуся как с первой вычислительной моделью, так и с экспериментом. Отметим, что прошедшая испытания на осевое сжатие оболочка имела начальные несовершенства в виде отклонений размеров по диаметру порядка 2,5 мм. Как видно, это не привело к существенным отклонениям от эксперимента получаемых расчётных результатов по критической нагрузке.

Источники и литература

- 1) Wagner H.N.R. Robust knockdown factors for the design of cylindrical shells under axial compression: Analysis and modeling of stiffened and unstiffened cylinders / H.N.R. Wagner, C. Huhne, S. Niemann, K. Tian, B. Wang, P. Hao // Thin-Walled Structures. – 2018. – 127. – P. 629-645.

Иллюстрации

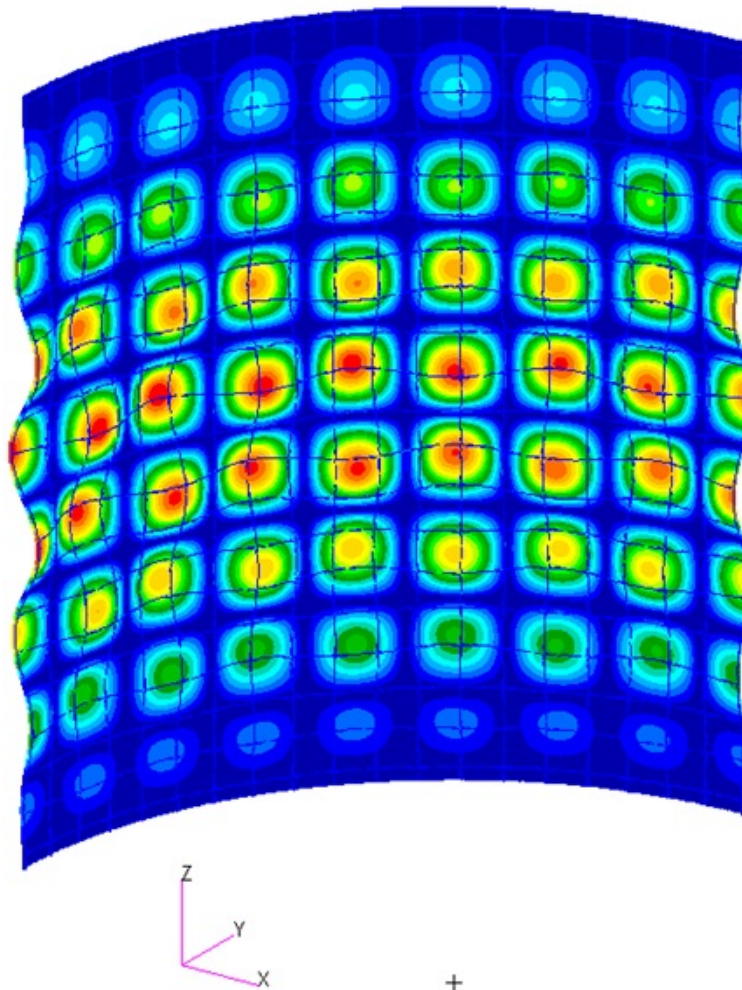


Рис. : Первая форма потери устойчивости