

УДК 629.78

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЁТА НА ПРОЧНОСТЬ БАКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ МЕТОДИКАМ

© Кедало А.В., Куренков В.И.

e-mail: anna.kedalo@mail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

При проектировании топливных баков ракет-носителей ставится задача подбора конструктивных параметров, обеспечивающих прочность в различных условиях эксплуатации. При этом масса конструкции должна быть минимальной.

В настоящее время существует несколько методик выбора параметров конструкции баковых отсеков. Некоторые из них приведены в [1-6]. Появление нескольких методик объясняется исторически тем обстоятельством, что каждое конструкторское бюро разрабатывало свои методики, которые были по некоторым причинам недоступны для взаимного обсуждения.

В этой связи появляется задача о выборе предпочтительного метода расчёта баковых отсеков, который приводил бы к минимальной массе. В данной работе результативность различных методик оценивается с помощью построения спроектированных отсеков в системе твёрдотельного моделирования и проведения прочностных расчётов с помощью приложений к этим системам.

Цель исследования: сравнение и выбор методик проектирования топливных баков ракет-носителей.

Задачи:

1. Анализ различных этапов эксплуатации ракет-носителей и выбор определяющего расчётного случая.
2. Разработка конструктивной схемы бака.
3. Расчёт конструктивных параметров бака по различным методикам.
3. Разработка конструкции бака в системе твёрдотельного моделирования.
4. Использование модуля Simulation для расчётов на прочность конструкции бака.
5. Сравнение результатов расчётов по различным методам и рекомендации по использованию методик проектирования.

В качестве расчётного случая принимается момент прохождения максимального скоростного напора со случайным порывом ветра. Были определены осевая сжимающая сила и изгибающий момент по методике [1], а именно, изгибающий момент 729 кНм, приведённая сжимающая сила 1840 кН.

Для анализа была выбрана конструктивная схема цилиндрического бака диаметром 3 м с днищами в форме сегментов сферических поверхностей радиусом 3 м. Длина цилиндрической части бака была принята равной 6 м. Материал бака АМГ-6, максимальное значение эксплуатационного внутреннего давления 0,313 МПа, коэффициент безопасности был взят равным 1,35.

Расчёт конструктивных параметров бака проводился по методикам В. И. Леонова [2], О. А. Горячева [3], А. М. Синюкова [4], Н.И. Паничкина [5] и Л. И. Балабуха [6]. Для расчётов использовался программный пакет для математических расчетов Mathcad.

Результаты расчётов приведены в таблице.

Таблица. Результаты проектировочного расчёта

Автор методики (или книги)	Толщина обечайки, мм	Толщина верхнего днища, мм	Толщина нижнего днища, мм	Площадь шпангоута верх. днища, мм ²	Площадь шпангоута ниж. днища, мм ²	Масса констр. бака, кг
Леонов В. И.	3	2	2,5	1790	2100	609,5
Горячев О.А.	3,5	2,5	3,5	3750	5250	873,5
Синюков А.М.	2	1,8	2	2140	2580	483,9
Паничкин Н.И.	2	1,8	2	2140	2580	483,9
Балабух Л.И.	3	1,8	1,8	2140	2580	630,2

Анализируя данные таблицы, приходим к выводу, что наименьшая масса бака получилась при использовании методик, представленных в работах [4] и [5]. Минимальные значения сечений площадей стыковых шпангоутов получаются по методике [2].

Совпадение результатов расчёта по методикам А.М. Синюкова и Н.И. Паничкина объясняется тем, что, по-видимому, Н.И. Паничкин в своём учебном пособии позаимствовал методику расчёта А.М. Синюкова.

Для проверки адекватности моделей была разработана твёрдотельная модель бака в системе SolidWorks с помощью Simulation, в которой проводились расчёты на прочность, которые количественно совпадают с результатами, полученными по [4] и [5].

Заключение

Проведён анализ различных методик выбора конструктивных параметров топливных баков ракет-носителей. Было показано, что лучший результат по массе получается при использовании методик, представленных в работах [4] и [5].

Библиографический список

1. Куренков, В.И. Конструкция и проектирование изделий ракетно-космической техники. Часть 2. Основы проектирования ракет-носителей: учеб. пособие [Текст]: / В. И. Куренков. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва, 2011. – 458 с.
2. Леонов, В.И. Расчет баков летательных аппаратов на прочность и устойчивость: уч. пособие [Текст]: / В. И. Леонов. – Куйбышев: Куйбышевский авиационный ин-т, 1990. – 74 с.
3. Горячев, О. А. Проектирование топливных отсеков летательных аппаратов: учебное пособие по курсовому проектированию [Текст]: / О.А. Горячев. – Куйбышев, 1986. – 41 с.
4. Синюков, А. М. Конструкция управляемых баллистических ракет [Текст] / А. М. Синюков [и др.]. – Москва: Воениздат, 1969. – 444 с.
5. Паничкин, Н.И. Конструкция и проектирование космических летательных аппаратов: учебник для средних специальных учебных заведений [Текст]: / Н. И. Паничкин, Ю. В. Слепушкин, В.П. Шинкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1986. – 344 с.
6. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет: учебник для машиностроительных спец. Вузов [Текст] / Л. И. Балабух, Н. А. Алфуров, В. И. Усюкин. – М: Высшая школа, 1984. – 391 с.