

УДК 629.7.036.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛЛОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

© Уперчук Р.А., Безлапова П.А., Семёнова А.С.

e-mail: uperchuk.roman@yandex.ru

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

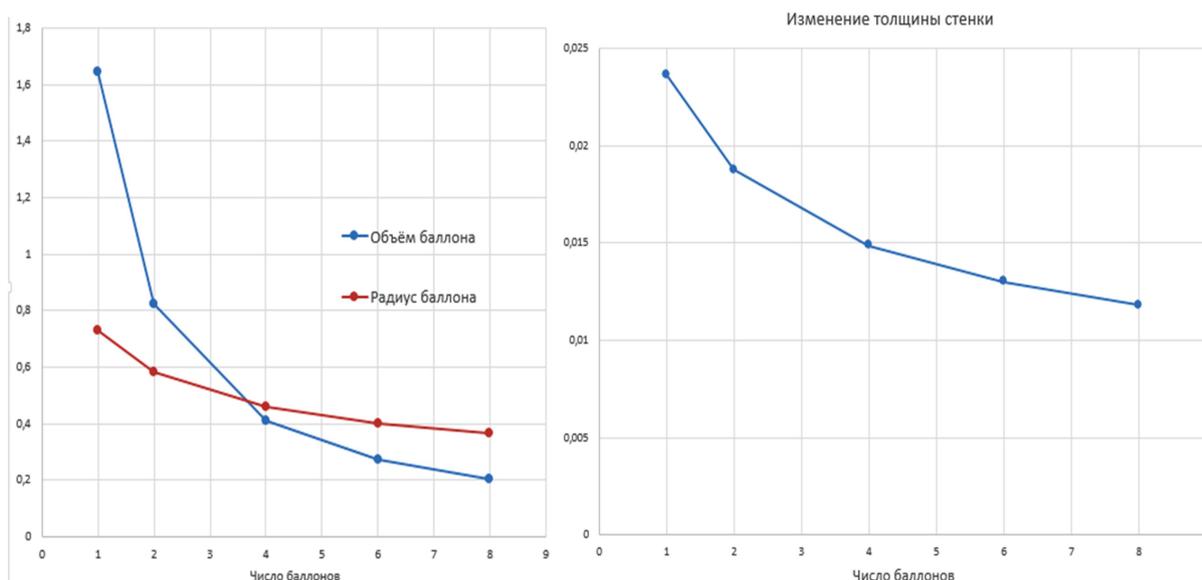
Многообразие конструкций ЖРД вызывает необходимость применения различных систем подач, наиболее подходящих для тех условий, в которых используется двигатель. По типу агрегата, создающего давление подачи, различают насосную, баллонную, а также системы подачи с пороховым и жидкостным аккумуляторами давления [1]. Объектом исследования является баллонная система подачи компонента.

Основной недостаток баллонной системы состоит в том, что в ней баки находятся под давлением подачи компонентов, вследствие чего вес баков, которые должны быть очень прочными, получается очень большим. Кроме того, баллон со сжатым газом, нагруженный высоким давлением, также имеет большой вес [1].

Целью данной работы является исследование эффективности различных способов оптимизации баллонной системы подачи компонента по определённым критериям.

1. Увеличение количества баллонов при постоянном суммарном объёме

Исходные данные: объём баков 50 м^3 ; давление в баках 500 кПа ; отношение коэффициентов $c_1/c_2=0,889$; начальное давление в баллоне 20 МПа ; перепад давления в редукторе 2 МПа . Баллоны сферические, материал баллонов – сталь 12Х18Н9Т. Результаты приведены на рис. 1 в графическом виде.



1.

Рис. 1. Изменение объёма баллона (м^3), радиуса (м) и толщины стенки (м) при увеличении числа баллонов

Анализ показывает, что увеличение числа баллонов не влияет на суммарную массу и объём системы, однако вносит преимущества в виде уменьшения толщины стенки, что облегчает ремонт и эксплуатацию, а также в виде уменьшения радиуса баллона, что позволяет экономить пространство для размещения приборов и уменьшать мидель ракеты.

2. Изменение давления в баллонах

Расчёты выполнялись для исходных данных из пункта 1 для начальных давлений 20, 30 и 35 МПа. Результаты приведены на рис. 2.

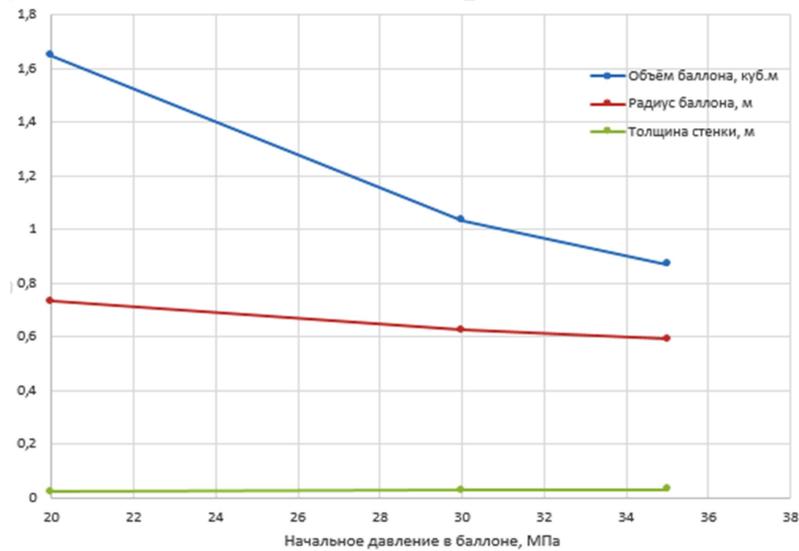


Рис. 2. Изменение объёма баллона, радиуса и толщины стенки при изменении начального давления в баллоне

Расчёт проводился по уравнению Менделеева-Клапейрона [2]. Был сделан вывод о том, что с увеличением начального давления уменьшаются объём и радиус баллона, однако одновременно возрастает толщина стенки.

3. Использование материала с большим пределом прочности и газа с меньшей плотностью

Расчёты выполнялись для исходных данных из пункта 1 для начальных давлений 20, 30 и 35 МПа для стали 12Х18Н9Т и титана. Результаты приведены на рис. 3.

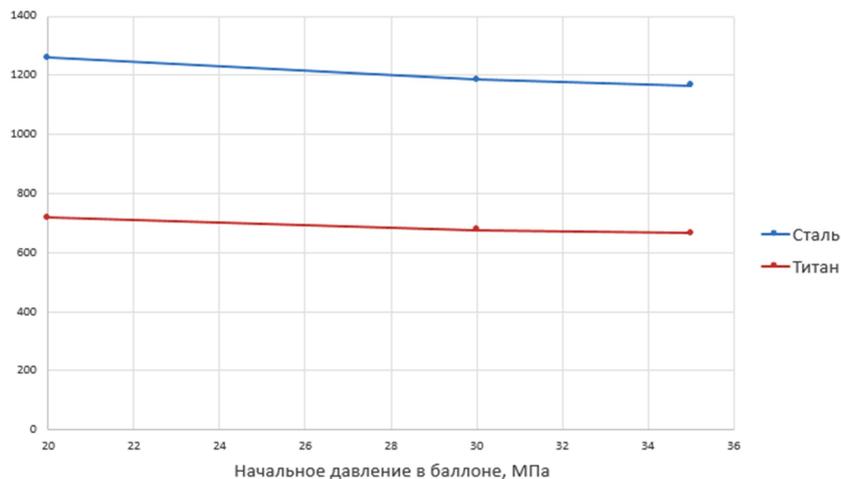


Рис. 3. Изменение массы (кг) одного баллона при использовании стали 12Х18Н9Т и титана

Использование материала с большим пределом прочности позволяет уменьшить массу баллона. Что касается применение газа меньшей плотности, то при давлении 350 *атм* применение гелия (молярная масса кг/моль) вместо азота (молярная масса кг/моль) снижает массу баллона с газом на 20%. Однако замена азота на гелий сопряжена с эксплуатационными трудностями, поэтому данный способ может быть полезен только в ограниченном диапазоне условий.

В рамках данной работы запланировано исследование эффективности нагрева газа в баллоне или помещения баллона с газом в криогенный компонент.

Библиографический список

1. Синярев Г.Б., Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Теория и проектирование [Текст]. М.: Оборонгиз, 1955. – 499 с.
2. Савельев И.В. Курс физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика [Текст]. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. —352 с.