

УДК 629.7.04

ВЛИЯНИЕ ПОРЯДКА РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ НА МАССОВО- ЦЕНТРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТСЕКОВ ГРУЗОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

© **Беляков А.А., Шулепов А.И.**

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

e-mail: jake.dunn@inbox.ru

При постановке и решении задачи размещения грузов на борту космического аппарата (КА) возникает необходимость определить порядок погрузочно-разгрузочных работ, так как он оказывает значительное влияние на положение центра масс (ЦМ) конструкции отсека и может вызывать его флуктуации, которые превышают величину допустимого отклонения и лишают КА устойчивости в полете, из-за чего приходится корректировать траекторию его движения, затрачивая дополнительные ресурсы.

На решение задачи размещения грузов влияет выбор последовательности их поступления в отсек, поэтому важно понимать, каким образом задавать этот ряд. В общем случае можно выделить три основных критерия, по которым определяется порядок размещаемых грузов: масса груза, его габариты и назначение.

Показано, что на практике существуют три варианта приращения массы в отсеке:

- линейный, когда грузы имеют соизмеримые массы;
- скачкообразный, когда массы грузов находятся в широком диапазоне;
- затухающий, когда грузы отсортированы по убыванию для погрузки в отсек.

В тех случаях, когда технически невозможно реализовать третий, наиболее удобный способ упорядочивания грузов по массе, следует пересчитать компоновку таким образом, чтобы полученные относительные массы, поступающие в отсек, могли удовлетворить данной последовательности, т. е. какие-то конкретные грузы необходимо будет загружать на одной итерации, а остальные – поодиночке.

Также необходимо помнить, что при проектировании беспилотных космических аппаратов важнейшим ограничивающим фактором наравне с массой являются и размеры конструкции [1]. На практике при моделировании не всегда удается с первого раза определить порядок размещения грузов исключительно по массе из-за ограниченности пространства внутри отсека КА, если часть ПН уже заняла положения, не позволяющие оставшимся грузам пройти по габаритам в точку своего оптимального размещения. Поэтому сортировка по габаритам также актуальна.

На выбор варианта сортировки по длине, ширине или высоте груза влияет геометрия отсека КА, поэтому предлагается осуществлять данную процедуру по тому его линейному размеру, который имеет минимальное значение. Если же грузовой отсек симметричный, тогда на этапе моделирования нужно проанализировать, в каком случае два несортируемых размера груза попарно изменяются схожим образом, и выбрать такой вариант.

Кроме того, из практики известно, что немалую роль играет именно критерий назначения грузов. Так в первую очередь выгружаются срочные грузы, а остальные – в соответствии с планом работ. Следовательно, срочные грузы должны быть расположены в отсеке так, чтобы быть доступными для разгрузки раньше прочих грузов [2].

Таким образом, можно выделить два параметра при сортировке грузов по назначению: степень важности и степень срочности. В данном случае каталог грузов удобно представлять в виде таблицы с четырьмя ячейками по количеству вариантов назначения:

- важные и срочные;
- важные и несрочные;
- неважные и срочные;
- неважные и несрочные.

Поскольку все грузы имеют конкретное целевое назначение, то не составляет труда распределить их по представленным группам.

Однако, чтобы не получить расхождений при поиске решения задачи выбора порядка грузов к размещению по массе, габаритам и назначению в отдельности, нужно полученные результаты объединить в одну многокритериальную целевую функцию, которая обеспечивает допустимое решение и может быть оптимизирована. Для этой цели предлагается прием нормирования грузов, который заключается в статистическом исследовании полученных зависимостей компоновки от критериев размещения и выработке обобщающего решения, удовлетворяющего наложенным на данную задачу технико-экономическим и технологическим ограничениям.

Выполняя различные сортировки, можно получать различные компоновки грузов после их размещения в отсеке КА и оценивать положение его ЦМ. Наиболее очевидным способом представляется итерационный метод последовательных приближений, хотя и не исключается возможность построения более эффективного алгоритма. Для этих целей потребуются провести ряд исследований по оценке динамического изменения массово-центровочных характеристик КА, чем и предлагается заняться в дальнейшем.

Библиографический список

1. Пикулин С.А., Красилова Е.В. Применение топологической оптимизации при проектировании беспилотных космических аппаратов // Решетневские чтения. 2018.
2. Погорелов А.С., Панфилов А.Н., Андреев Д.А. Задача оптимального размещения грузов на борту транспортного грузового корабля // Инженерный вестн. Дона. 2015. № 3.