

УДК 629.7.071

Беляков Андрей Алексеевич

Институт авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета

г. Самара, Россия

E-mail: jake.dunn@inbox.ru**Belyakov Andrey Alekseevich**

Institute of Aeronautical and Rocket and Space Technology of Samara University

Samara, Russia

E-mail: jake.dunn@inbox.ru**Шулепов Александр Иванович**

Институт авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета

г. Самара, Россия

E-mail: shulepov-al@mail.ru**Shulepov Alexander Ivanovich**

Institute of Aeronautical and Rocket and Space Technology of Samara University

Samara, Russia

E-mail: shulepov-al@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ГРУЗОВОГО КОРАБЛЯ

SPECIFICS OF LOADING AND DISCHARGE WORKS FOR TRANSPORT SPACECRAFT

Аннотация. Целью исследования является описание погрузочно-разгрузочных работ при размещении полезной нагрузки в грузовых отсеках транспортных грузовых кораблей. В статье приводится перечень требований и ограничений, предъявляемых к решениям. Показано, каким образом можно решить задачу выбора порядка укладки грузов.

Abstract. The goal of the research is to describe the case of loading and discharge works in transport spacecraft compartments payload arrangement problem. In the article the list of criterial rates to solution has been provided. It is shown how to choose the graduality of cargo loading.

Ключевые слова: погрузка, полезная нагрузка, отсек, компоновка, размещение.

Key words: loading, payload, spacecraft compartment, layout, arrangement.

DOI: 10.22250/jasu.95.6

Введение

Решение задач размещения объектов в ограниченных пространствах привело к созданию большого числа алгоритмов, моделирующих процесс погрузочно-разгрузочных работ на основе различных принципов. Их точность различается, равно как и возможность оцифровки. Зачастую это обусловлено компетенциями разработчиков и спецификой их научной сферы. В результате созданные модели в слабой степени способны учитывать спектр реальных ограничений задачи, из-за чего приходится прибегать к допущениям и гипотезам, чтобы сами решения становились допускаемыми.

Это касается и сферы космического машиностроения, где существует задача размещения полезной нагрузки (ПН) в грузовых отсеках (ГрО) транспортных грузовых кораблей (ТГК), предназначенных для доставки на борт Международной космической станции техники, оборудования, продук-

тов питания, топлива, инструментов и т.д. В процессе подготовки к пуску осуществляется погрузка ПН в ГрО. Нередки случаи, когда приходится делать переукладку из-за изменившихся обстоятельств. Известные на данный момент алгоритмы способны генерировать решение в очень узких диапазонах. Во многом это связано с тем, что для исследователей извне не известны практические требования, предъявляемые к ПН и ГрО на предприятиях-изготовителях ТГК, каким в России является ПАО РКК «Энергия».

Чтобы дать ясное представление об удовлетворительных потребных возможностях актуальных создаваемых моделей размещения объектов, в рамках данной статьи решено конкретизировать описание погрузочно-разгрузочных работ в помощь исследователям из сферы космического машиностроения.

Проведение погрузочно-разгрузочных работ

Основным документом, на основании которого реализуется данный процесс, является лимитно-массовая сводка ПН, где указывается перечень всех грузов, их уточненный состав и массы. Важно подчеркнуть, что сюда не входят значения масс балансировочных грузов, поэтому суммарная масса ПН должна быть меньше расчетной доставляемой массы ТГК.

Погрузка осуществляется методом последовательно-одиночного размещения согласно приоритетному списку ПН, который формируется путем сортировки грузов по критериям массы, габаритов или назначения из лимитно-массовой сводки:

$$m_1 \geq m_2 \geq m_3 \geq \dots \geq m_i \geq \dots \geq m_n.$$

Разгрузка же происходит аналогично, но в обратном порядке.

При этом нужно соблюдать ряд требований и ограничений технического характера, чтобы полученная компоновка делала эксплуатацию ТГК эффективной.

К основным учитываемым факторам размещения ПН относятся:

массово-габаритные и инерционные характеристики ПН;

функциональные требования ТГК;

монтажные требования ПН;

эргономические требования ТГК;

габаритные ограничения ТГК;

тепловые и термодинамические ограничения ТГК;

виброударные и акустические ограничения ПН и ТГК.

Разгрузочные работы, как уже отмечено, проводятся в порядке, обратном к погрузочным. При этом важно учитывать на этапе моделирования, что процесс будет начинаться со стороны люка ГрО, в его донной части. Также необходимо предусмотреть возможности демонтажа ПН. На рис. 1 представлено решение возможной задачи погрузки-разгрузки ПН методом «от обратного» [1]. Его преимуществом является то, что выбор порядка укладки сглаживается по массе, если изначальная последовательность была скачкообразной, что не сказалось бы положительно на устойчивости ТГК при проведении работ.

Метод «от обратного» построен на основе регрессионного соотношения [1]:

$$\bar{m}_i = [n - (i - 1)] \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n i},$$

где \bar{m}_i – значение потребной загружаемой массы на i -м шаге; m_i – масса i -го груза; i – номер шага погрузочно-разгрузочных работ; n – общее число шагов, равное количеству грузов, согласно методу последовательно-одиночного размещения.

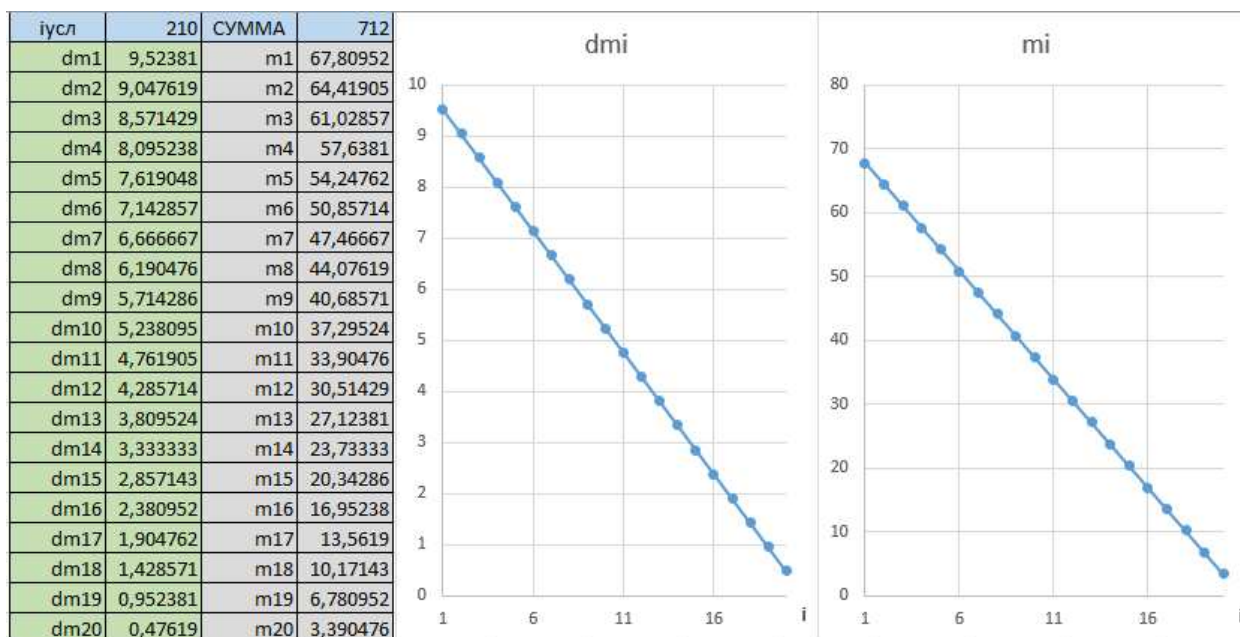


Рис 1. Порядок разгрузки ГрО ТКК и динамика снижения массы ПН.

Для демонстрации была задана ПН с массой 712 кг, состоящая из 20 грузов разной массы, число которых оценивалось по сумме натуральных чисел от 1 до n . Моделировался процесс разгрузки: из отсека с полностью размещенной ПН требовалось выгрузить последовательно грузы, а точнее – массы так, чтобы в ходе работ отклонение центра масс ГрО колебалось в наименьшем диапазоне. Реверсируя результаты расчетов, получили доли масс dm_i под погрузку в соответствии с сортировкой массы по убыванию. С их помощью были определены значения масс грузов, обеспечивающие наибольшую устойчивость центровки при погрузке и разгрузке отсека. Кривые на рис. 1 дублируют табличные результаты. Конечно, на практике теоретические значения m_i следует округлять до ближайших значений масс реальных грузов, из-за чего решение в итоге будет иметь нелинейный характер приращений.

Таким образом, для решения задачи размещения ПН в ГрО ТКК необходимо знать состав погрузочно-разгрузочных работ, учитывать реальные требования и ограничения, а также иметь представление о динамике полета и работе тонкостенных и силовых конструкций космической техники. Полезный эффект от данной работы заключается в повышении качества и прикладного значения алгоритмов, разрабатываемых исследовательскими коллективами.

1. Беляков, А.А., Шулепов, А.И. Определение порядка размещения грузов в отсеках космических аппаратов по массе // Сборник трудов по материалам IV Междунар. конкурса научно-исследовательских работ «Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки». – Уфа: Изд. НИЦ «Вестник науки», 2021. – С. 11-18.

2. Погорелов, А.С., Панфилов, А.Н., Андреев, Д.А. Задача оптимального размещения грузов на борту транспортного грузового корабля // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3.