

УДК 629.785

Метод компоновки пилотируемых космических аппаратов

Симонов Кирилл Игоревич^(*)

kirill.simonov3@rsce.ru

Решетников Михаил Николаевич

mikhail.reshetnikov@rsce.ru

ПАО «РКК «Энергия», Королев, Московская обл., Россия

Аннотация. В докладе рассматриваются особенности и методы компоновки пилотируемых космических аппаратов. Анализируются преимущества и недостатки существующих и предлагаемых методов автоматизированной компоновки. В качестве альтернативы представленным методам предлагается сведение задачи о компоновке внутреннего объема пилотируемого космического аппарата к одной из задач комбинаторной оптимизации. Решение данной задачи предлагается проводить с помощью адаптированного нейросетевого алгоритма.

Ключевые слова: пилотируемые космические аппараты, внутренняя компоновка, нейросети, задачи комбинаторной оптимизации, задача о рюкзаке

Введение. Одной из актуальных проблем проектирования пилотируемых космических аппаратов (ПКА) является определение наиболее оптимальной компоновки аппарата — т. е. наиболее эффективного с точки зрения функциональности аппарата и экипажа размещения узлов, агрегатов и других составных частей (СЧ) бортовых систем в заданном ограниченном объеме КА.

Основные задачи компоновки ПКА различают в зависимости от их функционального назначения [1].

Целью работы является анализ существующих методов автоматизированной компоновки, их сравнение и предложение метода решения задачи построения оптимальной компоновки заданного внутреннего объема ПКА.

Материалы и методы; результаты. В докладе рассматриваются и сравниваются следующие методы автоматизированной компоновки: на основе алгоритмов; матрично-топологический [2]; на основе функциональных зависимостей [3]; на основе математического аппарата нормальных уравнений. Предложен метод компоновки ПКА, основанный на сведении задачи о компоновке к задаче комбинаторной оптимизации — к классической задаче динамического программирования, задаче «о рюкзаке».

Задача о рюкзаке может быть модифицирована применительно к компоновке ПКА.

Пусть имеется набор n СЧ, каждая из которых обладает габаритами и массой. В качестве допущения принимается, что суммарная масса всех СЧ $M > 0$ не превысит ограничения на максимальную массу приборов в отсеке.

Каждая СЧ обладает критерием эффективности, зависящим от расположения и взаимных связей с другими составными частями j , $j > 0$. Имеется ограниченный объем пространства, а также набор влияющих ограничений на центровочные характеристики и вектор критериев эффективности. Тогда

целью задачи компоновки ПКА является максимизация суммы произведения критерия эффективности каждой СЧ на ее вес с учетом ограничений, задаваемых проектантом.

Таким образом, задачу о компоновке возможно формализовать и свести к NP-полной комбинаторной задаче. В качестве метода решения предлагается способ с использованием нейросетевого алгоритма [4], адаптированного под задачу компоновки ПКА.

Заключение. Особенностью предложенного метода является наличие в его составе как алгоритмических математических функций, так и нейросетевых модулей. Такой подход позволяет решать задачу быстрее чем так называемые точные методы, но при этом сохранять высокую точность чем у «быстрых» эвристических методов.

Список источников

- [1] Туманов А.В. и др. *Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020, 755 с.
- [2] Беляков А.А., Шулепов А.И. Базовые аспекты топологической технологии автоматизированной компоновки бортовой аппаратуры в отсеках космических аппаратов на примере КА ДЗЗ «Янтарь-2к». *Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение*, 2022, т. 21, № 4, с. 7–24.
- [3] Бодрышев С.В. *Методы пространственной компоновки на основе функциональных зависимостей эксплуатационных параметров*. Москва, МАИ, 2006, 167 с.
- [4] Nomer H.A.A., Abdulaziz Alnowibet K., Elsayed A., Wagdy A.M. Neural Knapsack: A Neural Network Based Solver for the Knapsack Problem. *IEEE access*, 2020, vol. 8, pp. 224200–224210.