

О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ДЛЯ АВТОКОМПОНОВКИ ОТСЕКОВ

А.А. Беляков, А.И. Шулепов

Самарский университет, Самара, Россия

Обоснование. На предприятиях космического машиностроения существует потребность в совершенствовании процессов автоматизации проектных работ. Так, например, автоматизация процесса получения компоновок отсеков космических аппаратов позволяет повысить производительность труда и сократить сроки разработки и согласования проектов. При разработке конструктивно-компоновочной схемы отсека необходимо учитывать большое количество конструкторско-технологических требований, которые имеют разную физическую природу и могут по отдельности приводить к результатам, несогласующимся в общей картине. Из-за этого процесс пересмотра и утверждения решений начинает существенно затрудняться. Среди существующих алгоритмов автоматизации наиболее точные те, которые используют разбиение области поиска сеткой с заданной точностью и задействуют в вычислениях численные методы динамического программирования [1–4].

Цель — разработать математическое и программное обеспечение для автоматизированного решения задачи размещения бортовой аппаратуры в отсеках космических аппаратов.

Методы. Основа программного комплекса — математическое обеспечение, представляющее из себя матрично-топологическую модель компоновки. Она предназначена для установления топологий между разными приборами в соответствии с функциональными, монтажными, тепловыми, массово-центровочными, виброударно-акустическими, а также габаритными техническими требованиями к конструкции отсека космического аппарата. На основании сформированной матрично-топологической системы исходных данных строится новая система уравнений, ставшая решением первой. Причем ее аргументами можно считать координаты положения центров масс бортовой аппаратуры в осях базовой системы координат космического аппарата. Центральное место в программном обеспечении занимает алгоритм, который должен составлять систему решения и находить корни уравнений. Предполагается, что его можно реализовать методами решения транспортных задач. Другой вариант — это применение метода перебора или метода случайного поиска, но такой способ не производителен. Синтез общего оператора отображения (конвертора) сводится к синтезу локальных операторов, которые возникают в моменты, когда установленное правило более не позволяет находить решение, удовлетворяющее наложенным ограничениям. Основными критериями эффективности компоновки на данном этапе проектирования являются минимум отклонения результирующего центра масс от заданного положения и минимум длины жгутов бортовой кабельной сети. В следствии этого локальный конвертор на первом шаге содержит лишь матрично-топологические уравнения, обеспечивающие минимум длины трасс кабелей, что обосновывается необходимостью применения приема регуляризации [5]. На следующих шагах в уравнениях учитываются массовые характеристики приборов, чтобы минимизировать отклонение центра масс отсека, причем масса размещаемой бортовой аппаратуры на новой итерации варьируется согласно оценке первого критерия эффективности в соотношении с габаритными ограничениями в регулярных зонах размещения.

Результаты. Предложены модели и методы работы с ними, позволяющие полноценно описать математически задачу размещения бортовой аппаратуры в отсеке космического аппарата, из решения которой следует разработка его конструктивно-компоновочной схемы. Проведена серия расчетов на тестовых примерах с целью общей верификации алгоритма размещения.

Выводы. На данный момент требуется уточнить механизмы реализации процедур построения связей между приборами, заданными из конструкторско-технологических требований, а также проработать процедуры синтеза локальных конверторов и переходов между ними. Отдельным блоком пока что не рассмотренных задач стоят исследования по вопросам унификации, эффективности, производительности и путей совершенствования программного обеспечения.

Ключевые слова: размещение; бортовая аппаратура; компоновка приборного отсека; космический аппарат; центр масс; проектирование.

Список литературы

1. Салмин В.В., Четвериков А.С., Гоголев М.Ю. Расчет проектно-баллистических характеристик и формирование проектного облика межорбитальных транспортных аппаратов с электрореактивной двигательной установкой с использованием информационных технологий: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2019. 199 с.
2. Бодрышев С.В. Методы пространственной компоновки на основе функциональных зависимостей эксплуатационных параметров. Москва: Изд-во МАИ, 2006. 167 с.
3. Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Ягудин Р.Р. Управление размещением трехмерных геометрических объектов в системах компоновки // Вестник УГАТУ. 2012. Т. 16, № 8. С. 45–51.
4. Ягудин Р.Р. Решение задачи оптимизации упаковки многогранников в параллелепипедную область на основе построения годографа вектор-функции плотного размещения // Информатика, телекоммуникации и управление. 2012. № 5. С. 58–62.
5. Шулепов А.И., Гаврилов В.Н., Мятишкин Г.В. Автоматизированное решение задачи размещения грузов на борту транспортных космических систем // Вестник СГАУ. 2003. № 1. С. 37–41.

Сведения об авторах:

Андрей Алексеевич Беляков — студент, группа 1507, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский университет, Самара, Россия. E-mail: jake.dunn@inbox.ru

Александр Иванович Шулепов — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры космического машиностроения; Самарский университет, Самара, Россия. E-mail: shulepov-al@mail.ru