

Рис. 3. Распределение скорости потока при обтекании сферы.

Таким образом, выполняющие лабораторную работу, проделав все этапы моделирования и получив картину распределения скорости (в срезе плоскости YZ) моделируемой области, могут на ней наблюдать: зону торможения потока вблизи передней критической точки А; пограничный слой, прилегающий к поверхности обтекаемого тела; зоны отрыва пограничного слоя от поверхности обтекаемого тела; зоны максимальных скоростей в области миделевого сечения при обтекании потоком цилиндра или профиля зоны концевых эффектов.

В рамках выполнения работы или в качестве дополнительного задания можно изменять скорость набегающего потока, тем самым при докритических и закритических числах Рейнольдса наблюдать изменения вышеперечисленного.

1. Comsol.ru: руководство пользователя. – 2014. – Режим доступа: www.comsol.ru/support/knowledgebase/. – 18.12.20

2. Поляков, К.А. Моделирование обтекания шара вязкой средой при наличии скольжения на поверхности в пакете ANSYS/CFX: электронное пособие для дистанционного обучения/ К. А. Поляков, В. Н. Калабухов. – М.: СГУ, 2013. – 67 с. – Режим доступа: http://mmm_samgu.samsu.ru/posob.html. – 19.12.20

3. Малога, В.С. Численное моделирование обтекания сферы потоком вязкой несжимаемой жидкости // Прикладная гидромеханика. – 2013. – Т. 15, № 3. – С.43-67. – Режим доступа: [http://hydromech.org.ua/content/pdf/ph/ph-15-3\(43-67\).pdf](http://hydromech.org.ua/content/pdf/ph/ph-15-3(43-67).pdf) – 19.12.20.

УДК 629.7

Беляков Андрей Алексеевич

Институт ракетно-космической техники Самарского университета,
г. Самара, Россия

E-mail: shulepov-al@mail.ru

Belyakov Andrey Alekseevich

Institute of Rocket and Space Technology of Samara University,
Samara, Russia

E-mail: shulepov-al@mail.ru

Шулепов Александр Иванович

Институт ракетно-космической техники Самарского университета,
г. Самара, Россия

E-mail: shulepov-al@mail.ru

Shulepov Alexander Ivanovich

Institute of Rocket and Space Technology of Samara University,
Samara, Russia

E-mail: shulepov-al@mail.ru

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЕМ ГРУЗОВ

CARGO ARRANGEMENT MANAGEMENT SYSTEM

Аннотация. Цель исследования – разработка системы управления размещением грузов в грузовых отсеках космических аппаратов. В статье приводится описание системы управления размещением грузов, ее целевого назначения и базовых функций. Предлагается возможность создания системы на базе транспортного космического комплекса и обосновывается стратегиче-

ская необходимость улучшения методов комплексного решения задачи размещения полезных грузов в отсеках космических аппаратов.

Abstract. The goal of the research is to develop a system of management of cargo arrangement in cargo modules of the spacecraft. In article the description of cargo arrangement management system, its targets and general functions is given. An opportunity of its design on the base of transport space complex is offered and the strategic need of cargo arrangement solutions to be modernized is argued.

Ключевые слова: размещение грузов, ресурсы, полезная нагрузка, поиск и принятие решений, космический аппарат, космическая станция, грузовой отсек, компоновка.

Key words: cargo arrangement, resources, cog, searching and taking decisions, spacecraft, space station, cargo modules, компоновка.

DOI: 10.22250/jasu.93.8

Введение

Глобализация мировой экономики и масштаб грузовых потоков стимулируют современные космические аппараты (КА) на повышение собственной конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. Все больше внимания уделяется логистическим технологиям, повышающим ценность доставляемых ресурсов как нематериальной составляющей их «стоимости». Из последних разработок в космическом машиностроении предложен проект транспортного космического комплекса с обоснованием возможности его применения в космических программах.

Транспортный космический комплекс (ТКК) – это комплекс, обеспечивающий транспортировку полезного груза (ПГ) в космическом пространстве на орбитах в диапазоне высот 190-1000 км с помощью орбитальной группировки космических аппаратов (ОГ КА). Концепция ТКК обеспечивает формирование структуры комплекса, согласованное функционирование и развитие транспортных орбитальных средств (ТОСр) и наземной инфраструктуры с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей в космическом пространстве при минимальных затратах [1] – в первую очередь это касается запасов топлива, затрачиваемого на поддержание допустимых значений массо-центровочных характеристик (МЦХ) КА при упорядоченной загрузке его отсеков.

Таким образом, задача размещения грузов выходит на стратегический уровень функционирования ТКК. И в этом смысле стоит говорить о системе управления размещением грузов как о структуре, способной реализовывать стратегические цели и позволяющей более гибко реагировать на поступающие запросы с космической станции (КСт). Решению этих вопросов посвящается данная работа.

Концепция системы управления размещением грузов

Переход автоматизированных систем размещения грузов от роли обслуживающих алгоритмов в позицию стратегического комплекса приводит к активному привлечению компаний и специалистов служб не только к разработке самих методов размещения грузов, но и программ обеспечения критерияльного прогнозирования динамики МЦХ грузовых отсеков ТОСр. Это требует изменения отношения к самим ПГ: от использования ресурсных запасов к их формированию и пополнению, что связано как с постоянным дефицитом потребного ресурса на борту КСт, так и с высокой степенью специализированности навыков, которые требуются для решения задачи определения компоновки грузов.

Система управления размещением грузов (СУРГ) – программно-аппаратный комплекс, предназначенный для обеспечения качественного и рационального формирования, планирования и размещения грузов, а также отслеживания и оценки их состояния на протяжении всей логистической цепочки ради достижения технико-экономической эффективности ТКК и конкурентоспособности ТОСр.

В реальных условиях необходимо не только определять потребные грузы, но и уметь организовывать их на пути к КСт так, чтобы они не покинули «рабочее место» через некоторое время после выведения КА, не удовлетворив требования к его МЦХ или по их монтажу. Поэтому уже на ранних этапах конструктор должен прогнозировать тенденции развития нештатной ситуации и новые потребности в коррекции.

Построение СУРГ в качестве одной из самых важных подсистем управления в ТКК можно рассматривать как отдельный проект, содержащий следующие этапы:

моделирование и внедрение комплексной модели СУРГ, отвечающей стратегическому плану развития ТКК;

разработка программы по созданию СУРГ;

определение модели распределенной СУРГ, в том числе систем выбора грузов (СВГ), дифференциации грузов (СДГ), размещения грузов (СРГ), экономики грузов (СЭГ);

формирование СВГ, СДГ, СРГ, СЭГ;

проектирование основных законов управления размещением и пакета внутренней регламентирующей документации.

Базовые блоки функций

1. Блок функций СВГ – планирование размещения грузов, определение потребности в количестве и качестве ресурсов, а также времени их доставки. Планирование обычно рассматривают как исходную функцию задачи размещения грузов, поскольку по времени она опережает все другие.

2. Блок функций СДГ – анализ компоновок, обеспечение их тактико-технических характеристик. Эти функции важны как для отдельных отсеков, поскольку отвечают их требованиям и назначению, так и для конструктора, поскольку позволяют полнее и эффективнее использовать потенциал каталога ПН.

3. Блок функций СРГ – управление размещением грузов. Центральное место в реализации этих функций занимает ориентация и непересечение грузов, что означает мобилизацию грузов к точкам оптимального расположения и реализацию наложенных ограничений. Достигается это прежде всего благодаря методу регуляризации [2, 3]. Выполнение данных функций позволяет поддерживать оптимальный порядок погрузки-разгрузки, экономить значительные средства, повышать устойчивость МЦХ ТОСр.

4. Блок функций СЭГ – управление расходами на доставку грузов. Предполагает подсчет того, сколько стоит транспортировка ПГ на борт КСт, а также соотнесение расходов с прибылью, которую приносит труд конструктора; проводится через систему бюджетирования.

Связь подсистем системы управления размещением грузов

Допускается, что уже сегодня существует несколько моделей стратегии развития ТКК, которые, в свою очередь, будут влиять на определение СВГ, СДГ, СРГ, СЭГ, как это показано на рис. 1.

Рис. 1. Взаимосвязь стратегии ТКК и подсистем СУРГ.

В настоящее время такие стратегии, во-первых, имеют долгосрочный характер, во-вторых, связаны с большим количеством разнообразных факторов.

СУРГ в задаче доставки призвана связать между собой многочисленные аспекты управления движением ТОСр, чтобы лучше моделировать их влияние на его МЦХ и создавать единую комбинацию компоновок грузов. Как только хотя бы одна подсистема (например, выбора грузов или размещения грузов) не отыщет решения, следует ожидать появления проблем и в использовании остальных модулей. Таким образом, применение конкретных подсистем должно восприниматься конструктором как элемент единой СУРГ для данной задачи.

Заключение

По результатам выстраивания единой СУРГ и поддерживающей ее автоматизированной системы ТКК получит следующие преимущества:

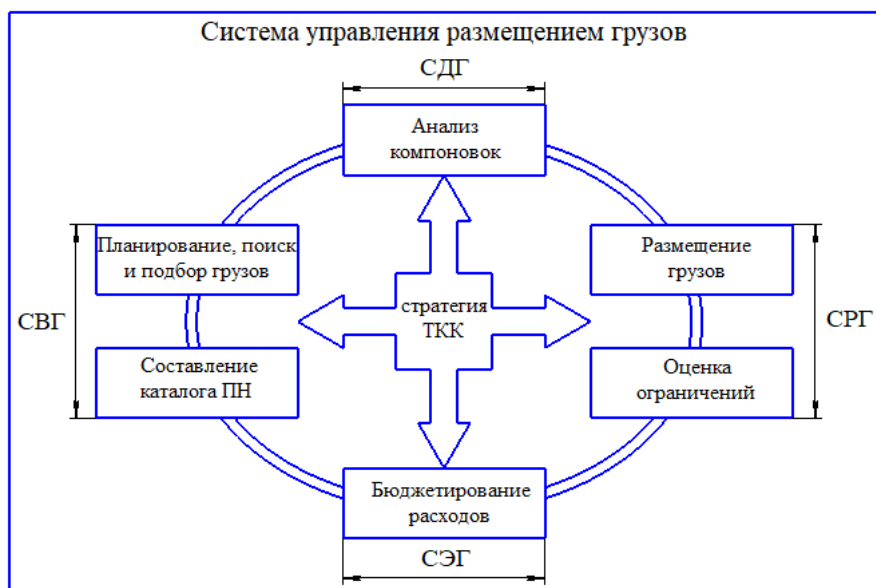
- 1) СУРГ поддерживает стратегию развития, задачи ТКК и ОГ КА;
- 2) СУРГ учитывает уникальные особенности грузов и отсеков ТОСр;
- 3) СУРГ представляет собой методический, информационный и координирующий центр погрузочно-разгрузочных работ;
- 4) сформированные подсистемы СУРГ поддерживают друг друга, а не создают противоречия;
- 5) СУРГ способствуют повышению эффективности моделирования и росту грузопотоков.

Таким образом, СУРГ в составе ТКК призвана оптимизировать доставку ПГ на борт КСт с учетом МЦХ ТОСр, а также по общим тактико-техническим и экономическим характеристикам КА.

1. Садыков, О.Ф. Применение транспортного космического комплекса в современных космических программах // Управление движением и навигация летательных аппаратов: Сборник трудов XXI Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов. Часть II. (г. Самара, 13-15 июня 2018 г.) / Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева. – Самара, АНО «Издательство СНЦ», 2019. – С. 25-30.

2. Шулепов, А.И., Гаврилов, В.Н., Мятишкин, Г.В. Автоматизированное решение задачи размещения грузов на борту транспортных космических систем // Вестник СГАУ. – 2003. – № 1.

3. Шулепов, А.И., Тарасов, Ю.Л., Андреев, С.В., Ткаченко, И.С. Пути повышения значения относительной



массы полезной нагрузки при заданных значениях массы космического аппарата // Региональная научно-практ. конф., посвященная 50-летию первого полета человека в космос. – 2011. – С. 133-134.

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

5. Хамиц, И.И. Концепция космической транспортно-энергетической системы на основе солнечного межорбитального электроракетного буксира // Космическая техника и технологии. – 2017. – № 1 (16). – С. 32-40.