

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛИКА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО  
ДЛЯ ПОСАДКИ НА КОСМИЧЕСКОЕ ТЕЛО С МАЛЫМ ГРАВИТАЦИОННЫМ  
ПОЛЕМ**Д.Д. Ожгибесова, А.Л. Мелкишева

Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.В. Махнович

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет),

Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, 454080

E-mail: [fanny\\_boom@mail.ru](mailto:fanny_boom@mail.ru), [karabas174@mail.ru](mailto:karabas174@mail.ru)

В настоящее время во всех прогрессивных странах мира существует необходимость освоения космического пространства, как для научных целей, так и в целях безопасности. Данная задача является актуальной, так как метеориты и кометы, траектории которых проходят вблизи нашей планеты, могут представлять угрозу. Для решения этой задачи необходима разработка проектов по созданию малых космических аппаратов, назначением которых будет являться доставка полезного груза на поверхность малых небесных тел.

Посадка на малые тела с очень низкой гравитацией значительно отличается от посадки на планеты или крупные спутники наподобие Луны. При рациональном выборе программы спуска и конструктивных решений, можно добиться уменьшения перегрузок, возникающих в результате контакта космического аппарата с поверхностью, и избежать отскока в условиях неопределенности характеристик жёсткости и рельефа грунта.

Цели работы – определить облик проектируемого космического аппарата, предназначенного для автономного сближения и посадки на небесные тела с малым уровнем гравитации.

Задачи работы:

- выполнить обзор и сравнительный анализ существующих конструкций и проектов аналогичных космических аппаратов (КА);
- определить рациональный состав КА и варианты компоновки;
- разработать программно-математическую модель движения КА при посадке.

Для решения поставленных задач выполнен обзор существующих проектов и статистический массово-габаритный анализ характеристик конструкций КА и их элементов. Выполнен анализ достоинств и недостатков различных способов посадки и схем закрепления аппарата на поверхности астероида.

Разработана математическая модель и алгоритм расчета параметров траектории сближения и посадки КА. Из ряда существующих в настоящее время двигателей малой тяги российского производства [1] выбраны двигатели, характеристики которых предоставлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика двигателей, используемых при маневрировании

Двигательные установки	Назначение	Топливо	Масса, кг	Номинальный рабочий импульс, м/с	Тяга, Н
11д458м	Маршевый	НДМГ+АТ	3	2963	392,4
11Д428АФ-16	Прижимные	НДМГ+АТ	1,9	2966,5	124,56
	Ориентации				

Определено количество топлива необходимое для реализации выбранной траектории полета и размеры баков вытеснительной системы подачи компонентов.

По результатам массово-габаритного анализа существующих КА определена масса проектируемого аппарата и возможный диапазон массы силовой конструкции, сформировано две компоновки КА: с трёхопорной и четырёхопорной конструктивной схемой. Выбранные

компоновки показаны на рисунке 1. Для выбранных вариантов проведено моделирование движения при сближении и жесткой посадке на поверхность астероида. Получены кинематические характеристики: угловые и линейные скорости и ускорения центра масс аппарата, как жесткого тела. На основе расчётных кинематических и массовых характеристик элементов конструкции определены силы, действующие в наиболее нагруженных узлах, необходимых для прочностных расчётов и уточнения масс.

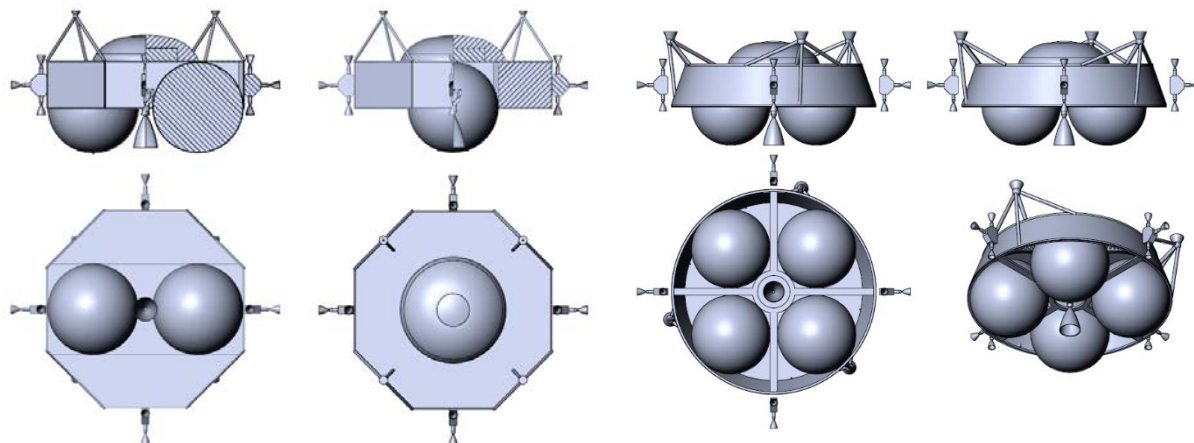


Рис. 1. Конструктивно-компоновочные схемы КА

На основе сравнительного анализа существующих конструкций КА, предназначенных для выполнения полёта и посадки на астероиды и кометы, обоснован выбор двух конструктивно-компоновочных схем для этих вариантов КА. Определены массово-инерционные характеристики и траектории сближения и посадки на поверхность тела с малой гравитацией. Проанализированы конструкции существующих КА, траектории их движения и массово-габаритные параметры. Обоснован выбор двух вариантов компоновки. В первом варианте корпус выполнен в форме правильного восьмигранника с четырьмя посадочными опорами. Во втором варианте рассматривается КА с тремя посадочными опорами. Преимущество первого варианта заключается в том, что центр масс конструкции находится на оси симметрии, и, в отличие от второго варианта, требует меньшие энергетические затраты на управление и стабилизацию КА. Преимущество второго варианта состоит в возможности достижения более плотной компоновки и уменьшения массы конструкции КА. Выбрана схема посадочного устройства с гидropневматическими демпферами и способ удержания КА на поверхности небесного тела с малым гравитационным полем с помощью клеевого состава. Выполнен расчёт жёсткой посадки в продольном движении (плоская задача). Определены угловые и линейные ускорения центров масс элементов конструкции и рассчитаны силы, действующие в точках крепления основных агрегатов на силовой конструкции, которые являются исходными данными для прочностного расчёта и уточнения массы конструкции. Максимально нагруженным является узел крепления топливного бака к силовой пластине.

В дальнейшем планируется решить пространственную задачу по определению всех нагрузок, действующих в узлах в различные моменты времени и, основываясь на полученных данных, выполнять конструкторскую проработку отдельных узлов и КА в целом. Результатом первого этапа является создание реальной конструкции модели и отработка всех систем управления двигательной установки, распознавания посадочной площадки в земных условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огненные колесницы космических орбит / Архипов Ю.С., Кутуева Е.В., Кутуев Р.Х. – Нижний Тагил: Репринт, 2014. – 242 с.