

---

УДК 621.783:629.784

**А. Ю. Зайцева, В. Н. Маслей, Д. А. Галабурда,  
К. Г. Белоусов, С. И. Москалев, С. С. Зайцев, Ю. А. Шовкопляс**

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепропетровск

## **ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНЫЙ БУКСИР ДЛЯ МЕЖОРБИТАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

---

*Рассматривается космическая система, предназначенная для длительного маневрирования в околоземном космическом пространстве для решения различных задач.*

*Ключевые слова:* космический аппарат, космическая система, буксир, орбита, полезная нагрузка, двигательная установка.

---

### **ВВЕДЕНИЕ**

На фоне развития новых тенденций освоения человеком космоса возникает потребность в создании многоцелевых систем, позволяющих осуществлять продолжительное маневрирование в космосе и выполнять различные функции. Для решения подобных задач требуются высокоэффективные двигательные установки. К сожалению, традиционные двигательные установки на химическом топливе мало подходят для длительного маневрирования, так как имеют сравнительно небольшой удельный импульс и поэтому требуют больших запасов топлива. В последнее время существенно возрос интерес к применению электрореактивных двигательных установок (ЭРДУ), обладающих высоким удельным импульсом. Однако малая тяга таких двигателей (порядка нескольких грамм-силы) приводит к большой длительности проведения маневра. Однако новые разработки показывают возможность существенного увеличения тяги

ЭРДУ (до нескольких сотен грамм-сил), что даст возможность эффективно выполнять подобные миссии.

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В настоящее время формируется новое перспективное направление использования космической техники, которое сможет обеспечивать обслуживание космических аппаратов на орбите. Создание космических систем для такого обслуживания находится сегодня в сфере научных и практических интересов ведущих мировых космических держав. Появляются проекты специальных сервисных космических аппаратов (КА), предназначенных для решения широкого круга задач в космическом пространстве, в основном по доставке и обеспечению функционирования полезного груза на рабочей орбите.

*Цель статьи* — отобразить работы, проводимые на ГП «КБ «Южное» по проекту космической системы «Буксир», и представить возможности практической реализации проекта для осуществления обслуживания различных космических аппаратов.

---

© А. Ю. ЗАЙЦЕВА, В. Н. МАСЛЕЙ, Д. А. ГАЛАБУРДА,  
К. Г. БЕЛОУСОВ, С. И. МОСКАЛЕВ, С. С. ЗАЙЦЕВ,  
Ю. А. ШОВКОПЛЯС, 2015

## ОПИСАНИЕ МИССИИ

Электрореактивный буксир предназначен для доставки полезного груза на рабочие орбиты, в том числе и на геостационарную орбиту (ГСО), а также обеспечение полезной нагрузки необходимыми для работы ресурсами в течение срока активной жизни. Посредством буксира могут решаться следующие задачи:

- многократное выведение спутников с низкой околоземной на высокоэнергетические орбиты (геостационарную, переходную к геостационарной, отлетные траектории и т. д.);
- продление срока активного функционирования геостационарного спутника за счет поддержания его в требуемой точке стояния после окончания у него запаса топлива;
- удаление космического мусора;
- доставка грузов в точки Лагранжа;
- межпланетные миссии;
- инспекция спутников;
- использование в качестве платформы для спутников и автоматических межпланетных станций.

Ввиду решения широкого круга задач в космическом пространстве по доставке и обеспечению функционирования полезного груза, электрореактивный буксир должен обеспечивать возможность установки полезной нагрузки и комплектов аппаратуры различного назначения. Для обеспечения поставленных задач, таким образом, в базовый состав буксира должны входить следующие системы:

- система сближения и стыковки;
- система управления и спутниковой навигации;
- связная система;
- электрореактивная двигательная установка;
- система электроснабжения;
- система терморегулирования;
- межсистемная кабельная сеть;
- конструкция.

Внешний вид электрореактивного буксира представлен на рис. 1.

Для решения вышеперечисленных задач буксир дополнительно может оснащаться различными специальными устройствами и системами:

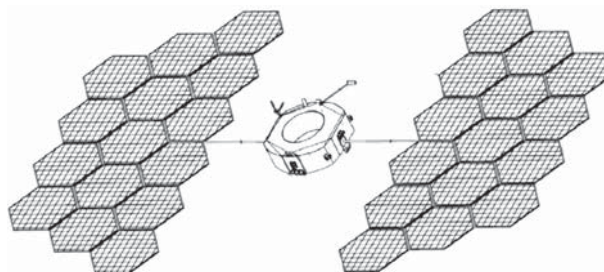


Рис. 1. Внешний вид электрореактивного буксира

- устройство сближения и стыковки со спутниками, выводимыми на низкую орбиту (для многократного выведения спутников на ГСО и орбиту, переходную к ГСО);
- специальная система стыковки к стандартному устройству крепления спутника на ракетеносителе или к двигателю спутника (для продления срока активного функционирования геостационарного спутника);
- комплект специальных устройств увода, которые прикрепляются к объектам космического мусора и разворачивают конструкцию для их торможения и удаления;
- другими устройствами.

## РЕШАЕМАЯ ЗАДАЧА

Создание электрореактивного буксира, способного совершать перелет с низкой опорной орбиты на геостационарную, требует решения ряда задач по оптимизации его проектных параметров и проведения анализа различных вариантов в зависимости от типа ЭРДУ.

В качестве примера рассмотрена схема выведения ракетой-носителем полезного груза (электрореактивного буксира и спутника) общей массой 5000 кг с начальной орбиты высотой 500 км на ГСО. На начальной орбите (рис. 2, а) происходит отделение буксира от ракеты-носителя (РН) [3] и приведение его в рабочее состояние. После этого производится включение ЭРДУ, и по траектории многовитковой спирали буксир доставляет космический аппарат на рабочую орбиту (рис. 2, б).

Результаты проектно-баллистических исследований эффективности [1, 2, 4] электрореактивного буксира с выбранными двигательными

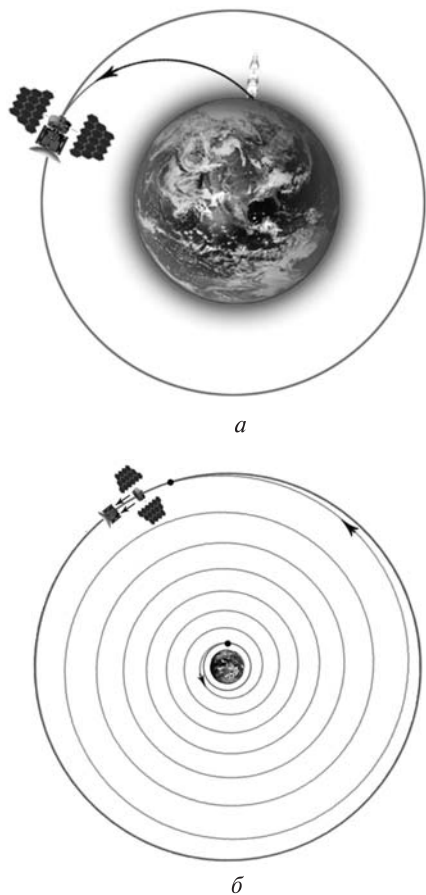


Рис. 2. Схема выведения электрореактивного буксира со спутником на ГСО: а — начальная орбита, б — рабочая орбита

установками при выведении спутника на ГСО представлены в таблице.

В результате были сформированы основные характеристики электрореактивного буксира, а также проведен предварительный расчет его массовых характеристик.

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

При проектировании предлагаемого межорбитального буксира предусматривается в течение его жизненного цикла реализация ряда технических мероприятий различной сложности, которые обеспечивали бы расширение направлений его применения и дальнейшее совершенствование технических характеристик и экономических показателей.

Расширение направлений применения возможно за счет предложения к использованию буксира для доставки в требуемые области пространства научной аппаратуры и других грузов при выполнении различных межпланетных миссий, также буксир может использоваться в качестве платформы для автоматических станций.

### ВЫВОДЫ

Предварительная проработка показала принципиальную возможность создания такого электрореактивного буксира кооперацией украинских предприятий, а проведенный анализ показывает эффективность его использования вместо одно-

### Основные характеристики электрореактивного буксира

Характеристика	Значение	
Высота начальной орбиты, км	500	
Масса полезного груза выводимого РН, кг	5000	
Тип двигателей ЭРДУ	Разработанный	Перспективный
Количество маршевых двигателей ЭРДУ	16	1
Тяга одного маршевого двигателя, гс	4.6	400
Суммарная тяга маршевых двигателей, гс	73.6	400
Удельный импульс двигателя, с	4800	4000
Масса рабочего тела, кг	517	614
Масса буксира, кг	3662	3022
Габариты буксира в рабочей конфигурации, м	19.7 × 12.1 × 4.6	15.7 × 9.6 × 3.7
Масса выводимого спутника, кг	1338	1978
Время выведения, сут	340	62

разовых систем в миссиях, требующих длительного маневрирования в космосе.

1. *Иванов Н. М., Лысенко Л. Н.* Баллистика и навигация космических аппаратов. — М., 2004.
2. *Кринецкий Е. И., Александровская Л. Н. и др.* Основы испытаний летательных: Учеб. для вузов. — М.: Машиностроение, 1989. — 312 с.
3. *Ракеты и космические аппараты* Конструкторского бюро «Южное» / Под общей ред. С. Н. Конюхова. — Днепропетровск, 2001. — 240 с.
4. *Эльясберг П. Е.* Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. — М.: Наука, 1965. — 540 с.

*Стаття надійшла до редакції 21.07.15*

*А. Ю. Зайцева, В. М. Маслей,  
Д. А. Галабурда, К. Г. Білоусов,  
С. І. Москальов, С. С. Зайцев, Ю. А. Шовкопляс*

Державне підприємство «Конструкторське бюро  
«Південне» ім. М. К. Янгеля», Дніпропетровськ

## ЕЛЕКТРОРЕАКТИВНИЙ БУКСИР ДЛЯ МІЖОРБІТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Розглядається космічна система, призначена здійснювати тривалі маневрування у навколоземному космічному просторі для виконання різноманітних задач.

**Ключові слова:** космічний апарат, космічна система, буксир, орбіта, корисне навантаження, рушійна установка.

*A. Yu. Zaitseva, V. M. Masley,  
D. A. Halaburda, K. G. Belousov,  
S. I. Moskalev, S. S. Zaitsev, Yu. A. Shovkoplias*  
Yuzhnoye State Design Office, Dnipropetrovsk

## ELECTROJET TUGS FOR SPACECRAFTS INTERORBITAL TRANSPORTATION

The space system intended for a longtime maneuvering in a near-Earth space for solving different tasks is considered.

**Key-words:** spacecraft, space system, tug, orbit, payload, propulsion systems.