

# АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

А.Н. Шигаева, С.Д. Хромов, Т.А. Ксенафонтова

Филиал Самарского государственного технического университета, Новокуйбышевск, Россия

**Обоснование.** Рассмотренные в источниках информации статьи, посвященные ракетной технике, содержат множество результатов сравнения ракетных аппаратов и ракетного топлива по различным параметрам, таким как стоимость самих аппаратов, удельная стоимость доставки груза на орбиту, рассчитанная на единицу массы, стоимость топлива, рассчитанная на единицу массы груза и т. д. Однако мы в своей работе предлагаем расчет экономической выгоды топлива по стоимости, приходящейся на единицу пройденного пути при разгоне ракеты, учитывая и сравнивая и другие преимущества и недостатки, в том числе и показатели экологичности топлива. В данной работе мы рассмотрели четыре вида топлива: жидкий водород + жидкий кислород, азотный тетраоксид, керасин + жидкий кислород, композиционное топливо на основе перхлората аммония. В работе мы нашли информацию про каждый вид топлива и сравнили их между собой.

**Цель** — выбор наиболее экономически выгодного топлива для запуска реактивной ракеты. В данной работе также будет рассмотрен вопрос экологичности видов топлива.

**Методы.** В данной работе мы изучили открытые источники информации. Мы провели метаматематические расчеты экономической выгоды, взяв информацию и численные значения из подобных таблиц в интернете и открытых источников. Сравнительный анализ результатов, приведя все данные в единую единицу измерений, используя одинаково взятое время для каждой позиции, посчитали скорость, используя формулу Циолковского. Найдя скорость, был рассчитан путь для каждого вида топлива. Далее мы разделили стоимость на путь и сделали вывод, какое топливо самое экономически выгодное. После этого, собрав информацию из разных интернет-ресурсов, был сделан вывод, какое топливо является экологичным. Расчеты производились в программе Microsoft Excel.

**Результаты.** В работе представлены некоторые параметры основных видов химического топлива, используемых в ракетных двигателях, характеризующие их преимущества или недостатки, такие как плотность вещества, теплота сгорания, импульс истечения продуктов сгорания, условия хранения и эксплуатации, взрывоопасность, токсичность, экологические качества продуктов сгорания и др. Кроме того, для каждого вида рассмотренного топлива приведены результаты расчета его стоимости, приходящейся на единицу пройденного пути при разгоне ракеты за одно и то же время движения, при относительно одинаковом импульсе истечения продуктов сгорания. Результаты проведенных в работе расчетов сведены в таблицу. В соответствии с результатами сравнения характеристик и результатами расчета экономичности топлива сделаны выводы.

**Вывод.** Наиболее экономически выгодным можно считать ракетное топливо «керасин + жидкий кислород», что следует из результатов расчетов (см. таблицу).

Таблица. Сравнение и расчет разных видов топлива

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ракета	MO(т)	m(т)	ln(MO/m)	Виды топлива	i(импульс)	v(км/с)	путь за 150 минут	цена(рублей)	Экономичность(р/км)
2	Союз	614	314	0,670601942	керасин+жидкий кислород	263,3	2,942825	26485	5600000	211,4370554
3	Протон	549	249	0,790645545	гептил	293	3,274773	29473	13894000	471,415229
4	Энергия	215	115	0,6257059	жидкий водород + жидкий кислород	270	3,017709	27159	25000000	920,4923394
5	Спейс шатл	600	300	0,693147181	смесивое твердое ракетное топливо	244	2,73	24570	30000000	1221,001221

Однако, самым экологичным оказалось топливо «жидкий кислород + водород», что мы считаем более важным аспектом в современном мире.

**Ключевые слова:** ракета; стоимость; топливо; экономичность; экологичность.

## Список литературы

1. Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив. Москва: МО РФ. 1999. 201 с.
2. Космонавтика: энциклопедия / под ред. В.П. Бармина, К.Д. Бушуева, В.С. Верещетина, и др. Москва: Советская энциклопедия, 1985. 528 с.
3. Космонавтика / под. ред. В.П. Глушко. Москва: Советская Энциклопедия, 1985. 528 с.
4. Сарнер С. Химия ракетных топлив. Москва: Мир, 1969. 488 с.

---

### *Сведения об авторах:*

**Анастасия Николаевна Шигаева** — студентка, группа 15-нф20, кафедра «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов»; филиал Самарского государственного технического университета в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: shigaeva.a@icloud.com

**Сергей Дмитриевич Хромов** — студент, группа 13-нф20, факультет «Электроэнергетика и электротехника»; кафедра «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов»; филиал Самарского государственного технического университета в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: serg123377@gmail.com

**Татьяна Алексеевна Ксенафонтова** — научный руководитель, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов» филиал Самарского государственного технического университета в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: TatjanaAKS@mail.ru