

МИКРОРАКЕТЫ ДЛЯ БОЛЬШОГО КОСМОСА

25 МАЯ С ВОСТОЧНОГО МЫСА НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ СТАРТОВАЛА НЕОБЫЧНОГО ВИДА ЧЕРНАЯ РАКЕТА, КОТОРАЯ ПОПЫТАЛАСЬ ДОБРАТЬСЯ ДО КОСМОСА. ЦЕЛИ ОНА ДОСТИГЛА, ПОДНЯЛАСЬ НА ВЫСОТУ СВЫШЕ 100 КМ, НО НА ОРБИТУ НИЧЕГО ВЫВЕСТИ НЕ СМОГЛА: ПРОИЗОШЛА АВАРИЯ НА ЭТАПЕ РАБОТЫ ВТОРОЙ СТУПЕНИ. РАКЕТА ELECTRON АМЕРИКАНО-НОВОЗЕЛАНДСКОЙ КОМПАНИИ ROCKET LAB СТАЛА ОДНОЙ ИЗ МНОГИХ ПОПЫТОК ЧАСТНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ ПОКОРИТЬ КОСМОС.



Ракеты, способные выводить считанные килограммы или десятки килограммов груза на низкую околоземную орбиту, – новое направление в развитии космонавтики. Ранее в этом не было никакого смысла, поскольку спутники и космические аппараты весили сотни килограммов или тонн. К микроракетам можно отнести разве что американскую Juno 1 – носитель, доставивший в космос наноспутник Explorer 1 массой 4 кг в 1958 году. Этот запуск имел чисто политический смысл: после успешного

полета первого советского спутника США должны были продемонстрировать, что тоже обладают средствами доставки на орбиту.

ПОЛЕЗНЫЕ «КУБИКИ» И ЗЕМНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

В 2000-е годы развитие микроэлектроники открыло возможность создания многофункциональных наноспутников (от 1 до 10 кг) и микроспутников (от 10 до 100 кг). В США при Калифорнийском политехническом и Стэнфордском университетах еще в 1998-м разработали новый стандарт малых космических аппаратов CubeSat – спутники стандартного размера от 10x10x10 см, или 1U (unit). При необходимости «кубики»



можно компоновать по 2, 3 или 6: такие варианты называются 2U, 3U, 6U. Поначалу технология развивалась как образовательный стандарт учебных аппаратов, но спустя несколько лет для CubeSat нашли и научное, и коммерческое применение. Успех стандарта объясняется возможностью использования типовых контейнеров для размещения сразу нескольких спутников на ракете. Таким образом, исчезла необходимость придумывать устройства размещения и отделения для каждого спутника.

В то же время в Университете Суррея в Великобритании задумались о применении в космосе более дешевой электроники промышленного класса. Из проекта выросла компания Surrey Satellite Technology, которая стала производить и запускать компактные спутники прикладного назначения в несколько раз меньше, легче и дешевле аналогичных аппаратов других производителей. Компания создала группировку Disaster Monitoring Constellation из спутников массой около 100 кг, снимающих земную поверхность в стандарте американских Landsat массой 2 т!

Развитие CubeSat и успех SSTL привели к появлению множества частных спутникостроительных компаний. Потребность в запуске 1–100-килограммовых спутников породила новую отрасль – проектирование и строительство микроракет. До настоящего времени малые спутники выводились конверсионными баллистическими ракетами при попутных запусках больших ракет, а также с Международной космической станции, но эта конкуренция не останавливает микроракетных романтиков.

Задача создать сверхлегкую космическую ракету с небольшим бюджетом на разработку и с небольшой рыночной стоимостью побуждает создателей отходить от традиционных конструктивных схем и искать подчас экзотические решения.

ЧЕМ НЕОБЫЧНЕЕ – ТЕМ ДЕШЕВЛЕ?

Огромный опыт строительства современных космических ракет привел к наиболее популярным на сегодня компоновкам. Большинство существующих носителей используют жидкое топливо: керосин/кислород, водород/кислород, гептил/амил. Для начального разгона часто добавляют еще твердотопливные ускорители. Старт производится с космодромов на поверхности Земли. Самой экзотичной на сегодня серийной ракетой можно назвать Pegasus: она использует только твердое топливо и стартует из-под крыла самолета, выводя до 450 кг на низкую околоземную орбиту.

Если же проанализировать различные проекты малых ракет, то кажется, что их создатели пытаются перепробовать все иные ракетные и топливные схемы, от которых отказались производители больших ракет: воздушный старт с самолетов и аэростатов, твердотопливные и гибридные



CubeSat

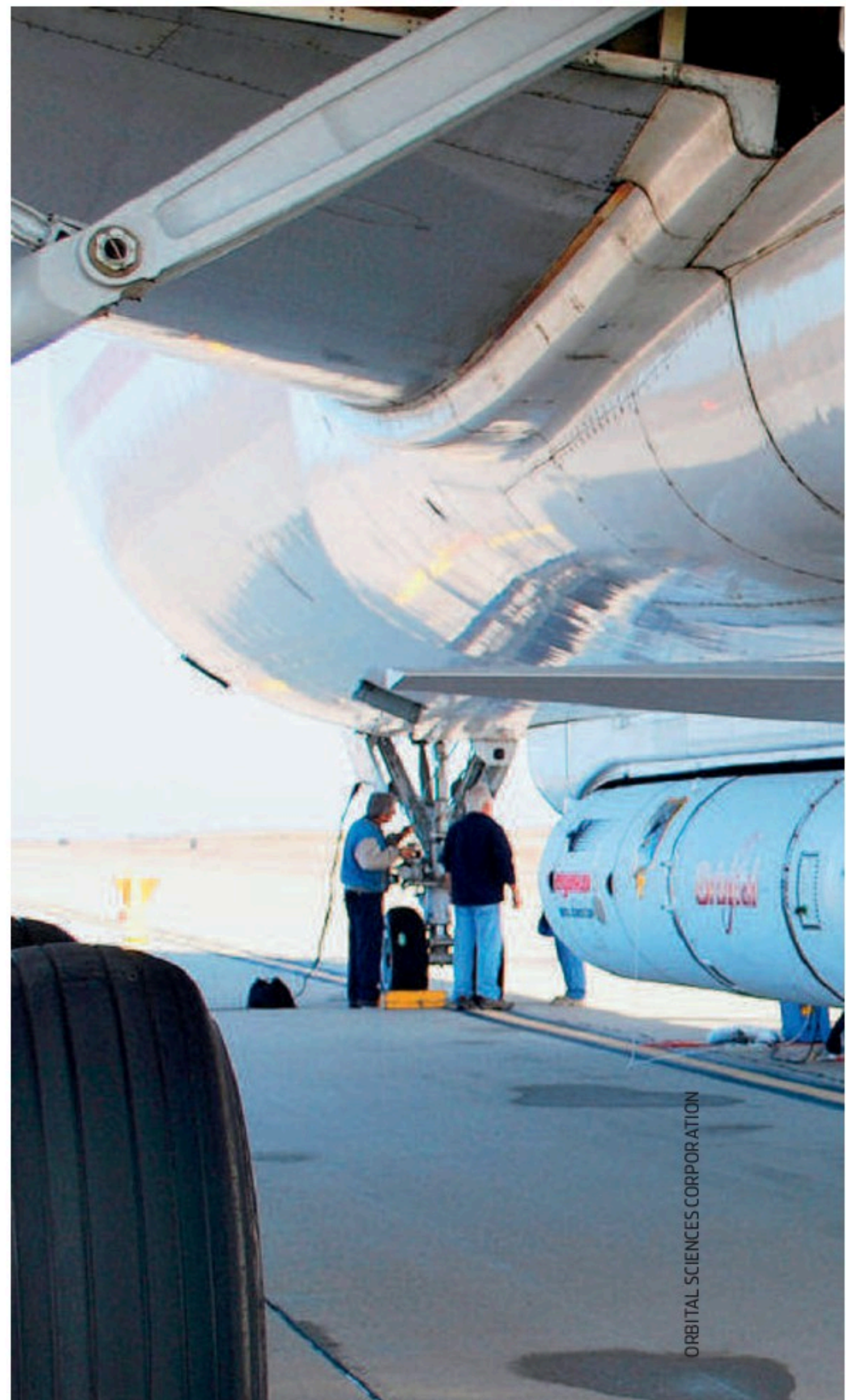
Поначалу стандарт наноспутника 10 x 10 x 10 см был разработан в образовательных целях, но в наши дни CubeSat нашли серьезное применение.

ракетные двигатели, вытеснительная подача и клиновоздушное сопло...

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ДВИГАТЕЛЯМИ

Чтобы снизить стоимость ракет, многие разработчики максимально упрощают конструкцию. Например, отказ от газотурбинной подачи топлива существенно снижает нагрузки и повышает надежность. Но топливо все равно нужно как-то подавать, поэтому приходится в ракете размещать емкости с гелием под высоким давлением. Таким путем пошли разработчики американской ракеты Firefly Alpha и российской «Таймыр».

Можно совсем избежать заботы о разработке дорогостоящего двигателя, отказавшись от жидкого топлива. Тогда вся ракета будет представлять собой большую шашку из взрывчатого вещества, и на выходе струю пламени потребуется лишь направить через сопло. Однако такое упрощение не решает всех проблем. Горение твердого топлива невозможно



Ракета Pegasus

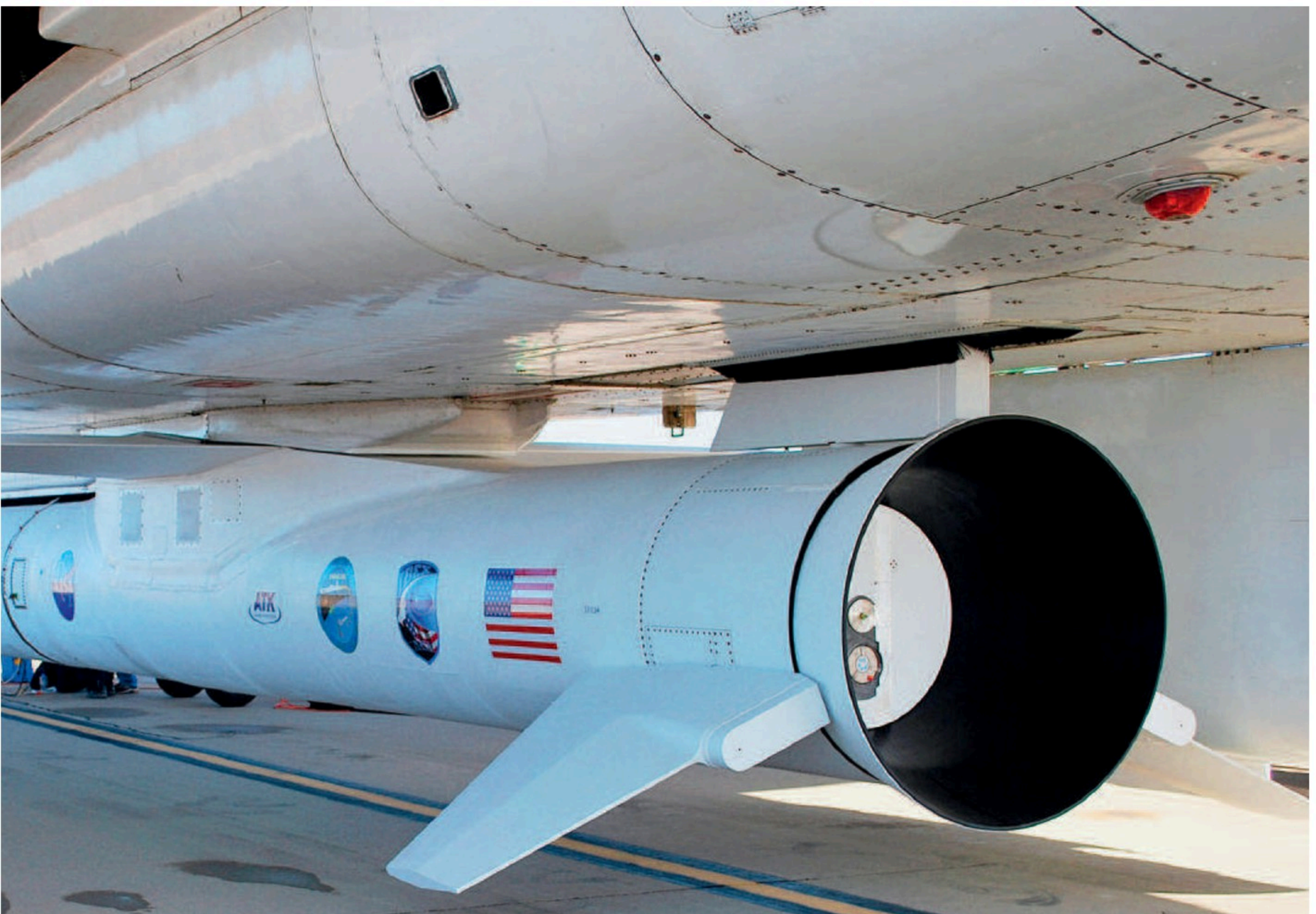
Единственная на сегодня космическая ракета с воздушным стартом подвешена к самолету Lockheed L-1011, который используется в качестве первой ступени.

контролировать, можно лишь задать определенные режимы горения на разных этапах полета. Если же что-то пойдет не так, дистанционно повлиять на работу двигателя практически невозможно. Испытания твердотопливной микроракеты SPARK (Super Strypi) в США закончились неудачей: ракета потеряла контроль и разрушилась на второй минуте полета.

Частично решить проблему с контролем работы двигателя позволяет гибридная схема. В такой конструкции используется твердое топливо и жидкий окислитель; режимы работы можно регулировать, управляя подачей окислителя. Такую схему предлагали разработчики американской ракеты Interpid 1, но из-за финансовых проблем они не добрались даже до испытаний своей силовой установки.

Разработчики ракеты Firefly Alpha решили прибегнуть еще к одной теоретически работоспособной схеме, которая на практике испытывалась, но так и не нашла своего применения. Она должна решить проблему высокой аэродинамической эффективности ракеты. Речь идет о так называемом клиновоздушном ракетном двигателе. На эффективность ракетного двигателя влияет не только его конструкция, но и атмосферное давление: чем выше давление,

тем ниже эффективность. Классическая двигательная схема предполагает адаптацию двигателей первой ступени к работе в условиях высокого давления, а второй ступени – в условиях вакуума. В то же время давление сильно меняется от высоты, и на этапе работы первой ступени приходится дополнительно расходовать топливо. В клиновоздушном двигателе с помощью особой конструкции сопла можно менять давление истекающей газовой струи, что позволяет избежать перерасхода и повысить эффективность на 20% и более. Реализация клиновоздушной схемы предполагает также использование множества малых ракетных двигателей вместо одного большого, что может дополнительно снижать стоимость за счет простоты и поточного производства. Старта ракеты Firefly Alpha придется ждать несколько лет, если инвесторы не утратят интереса к проекту, и тогда можно будет проверить в деле все теоретические выкладки об эффективности пусков.



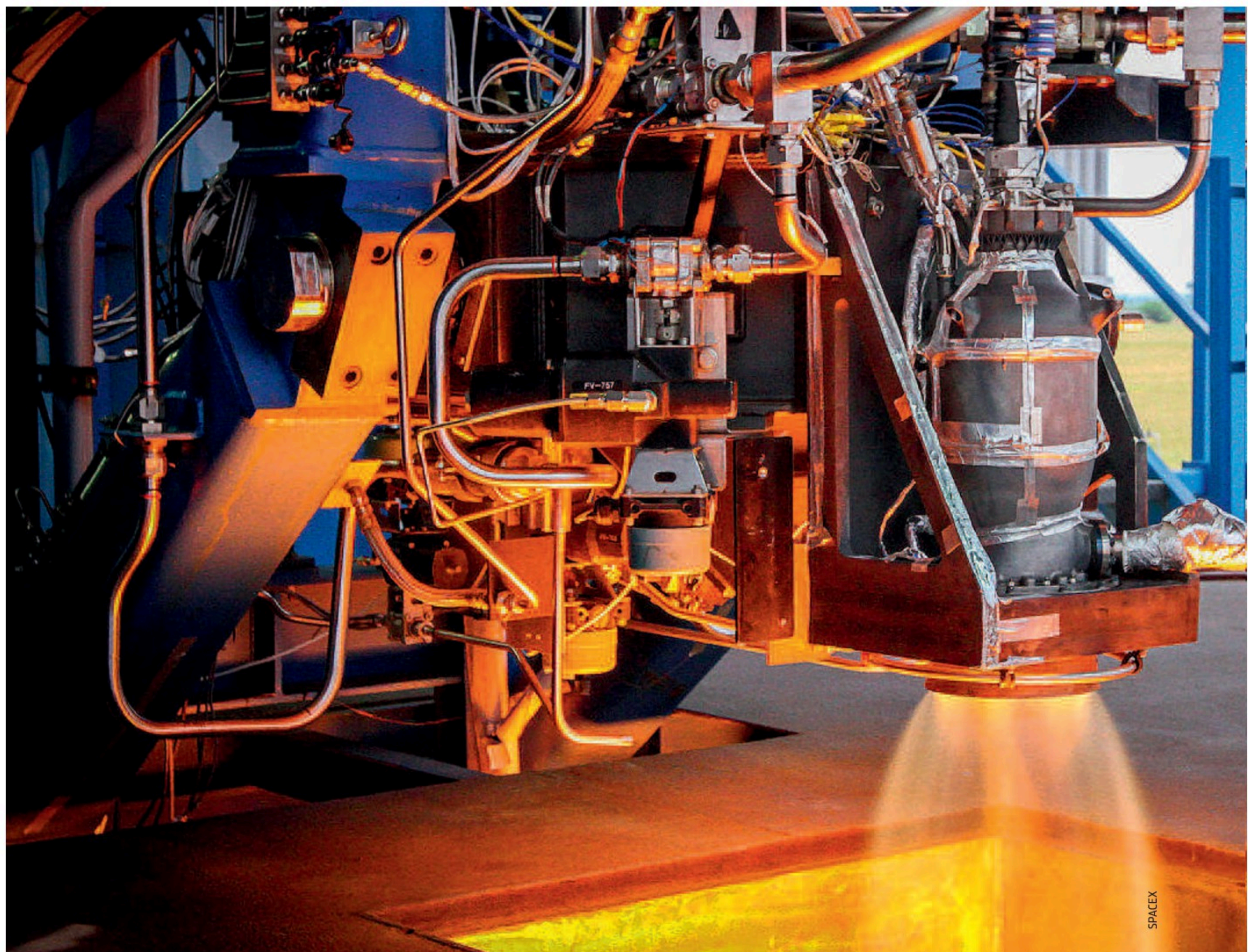
ЖРД, ТРД, ГИБРИД?

Некоторые компании идут путем поиска новых типов топлива. В рамках проекта ракеты Vector-R сконструирован кислород-пропиленовый двигатель. Пока разработчикам удалось провести испытания только уменьшенной версии ракеты и запустить ее на высоту в полтора километра.

Некоторой популярностью пользуются и проекты воздушного старта – пуска ракеты из-под крыла самолета. Несмотря на то что Pegasus, единственная такая ракета, является самой дорогой в пересчете на килограмм выводимого груза, возникают новые идеи в этой области. Дальше всех продвинулась Virgin Galactic, более известная своим суборбитальным туристическим шаттлом SpaceShipTwo, который уже почти десять лет готовится к покорению 100-километровой высоты. Для коммерческих запусков спутников на

БОЛЬШИЕ И МАЛЕНЬКИЕ

Схема демонстрирует сравнительные размеры основных ракет-носителей, применяемых в «большой» космонавтике, микроракет, разрабатываемых в рамках современных проектов, а также знаменитого Jumbo Jet – широкофюзеляжного лайнера Boeing 747.



ракете LauncherOne переоборудуется самолет Boeing 747. Есть и еще несколько проектов других компаний, вплоть до использования бизнес-джетов и аэростатов, но они пока не нашли достаточной финансовой поддержки.

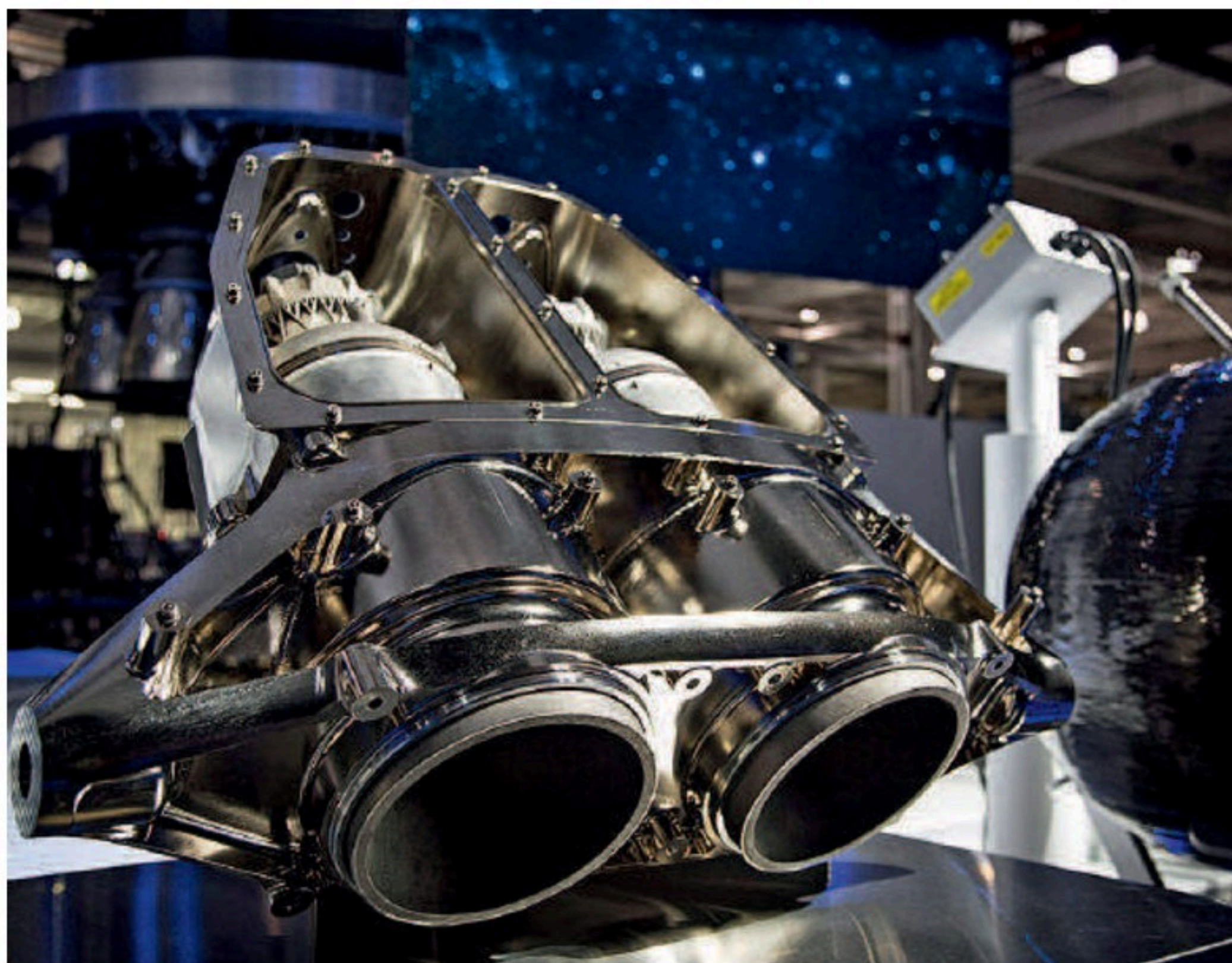
НАПЕЧАТАННЫЕ РАКЕТЫ

Другой путь сокращения расходов и снижения стоимости ракеты – это использование современных технологий. Многие из предлагаемых микроракет создаются из композитных материалов: Firefly Alpha, «Таймыр», Vector-R, Electron. Ранее углеродные композиты широко применялись только для твердотопливных ракет, поэтому в проектах жидкостных ракет присутствует некоторый риск: технология пока не прошла достаточную практическую отработку.

Еще одно популярное направление – 3D-печать. Здесь дальше всех ушли разработчики Electron, которые активно используют аддитивные технологии при производстве своих двигателей. Собственной их инновацией стало применение электронасосов для нагнетания топлива. Это решение было немыслимо для конструкторов прежних лет. Только когда аккумуляторы достигли необходимой

емкости, а электромоторы – достаточной мощности, насосы с электроприводами оказались востребованными. С другой стороны, любая новая технология повышает риск. По одной из неофициальных гипотез, первый пуск Electron оказался неудачным из-за того, что сброшенный отработанный аккумулятор повредил ракетное сопло двигателя второй ступени. Впрочем, официального отчета еще не было и выводы делать рано.

В целом, оглядываясь на опыт конструирования твердотопливных, гибридных и иных экзотичных ракет, можно предположить, что степень необычности ракеты обратно пропорциональна интересу инвесторов. Чем ближе к классической жидкостной схеме, тем выше перспективы получить финансирование. Несмотря на ожидаемые экономические эффекты от упрощения конструкции, необычного топлива или схемы полета, бизнесмены не заинтересованы в проведении экспериментов за свой счет. Поэтому сегодня наиболее приблизившиеся к реализации проекты Electron и LauncherOne создаются по классической схеме – жидкостные ракеты на кислород-керосиновом топливе с турбонасосной подачей. **ПМ**



ПЕЧАТЬ КОСМИЧЕСКОГО КЛАССА

Миновать современное ракетостроение бурно развивающиеся аддитивные технологии, конечно же, не могли. Элементы своих двигателей уже изготавливают на 3D-принтерах создатели микроракетного проекта Electron. Однако наиболее продвинутой в этой области можно считать компанию Space X, работающую в макросфере. Компания представила жидкостный двигатель SuperDraco, который предназначен прежде всего для системы аварийного спасения перспективной обитаемой капсулы Dragon 2. Еще в 2014 году был испытан прототип этой силовой установки, напечатанный на 3D-принтере из жаропрочного сплава инконель. Цель – экономия на мехобработке заготовок и сложной сборке. Принтер практически не дает отходов и печатает сложные узлы с внутренними полостями как единое целое.