

ПЕРВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ МИЛЯ

Потоптавшись четыре десятка лет на околоземной орбите, человечество нацелилось на освоение новых космических рубежей. Теперь нам нужны Луна, Марс и астероиды. Но добраться до них на нынешней технике не получится: овчинка – полтинка, да рубль перевоз...

Текст: Владимир Санников

Доставка 1 кг груза на крохотную МКС американскими "Шаттлами" и нашими "Прогрессами" обходится в \$20 000. Дорого, но при микроскопических объемах терпимо. А ведь для будущих миссий на Марс или на Луну потребуются развертывание гигантского орбитального терминала с тысячами тонн топлива, провианта, воды и оборудования. Впрочем, деньги не самое страшное: нынешним космическим "лошадкам" забросить все это на

будущий орбитальный терминал не под силу физически. команда специалистов из NASA намерена создать революционную схему доставки грузов на орбиту под названием eLaunch Hypersonic Launch Vehicles (eHLV).

Представьте себе пилотируемый зубилообразный самолет размером с "Шаттл", оснащенный ГПВРД (он же "скрамджет"), забрасываемый в небо электромагнитной катапульты со скоростью 1800 км/ч. Мощность импульса трехкилометровой стартовой установки сравнима с годовым энергопотреблением небольшого города. Когда инерция первого броска начнет затухать, произойдет запуск турбореактивного двигателя, ускоряющего машину до 4500 км/ч, после чего маршевый скрамджет положит стрелку бортового спидометра на отметку 10 Махов. На высоте 65 км от самолета отделится грузовой модуль. Пилот отправится на Землю за новой порцией груза, а модуль

ОРБИТА

будущий орбитальный терминал не под силу физически.

Физик Стэн Старр из Центра NASA им. Кеннеди утверждает, что в 2020 году проблема будет решена. Будущим покорителям космоса помогут рельсовая электромагнитная катапульта (рейлган) и гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ГПВРД). На их основе



AF.MIL

причалит к орбитальному терминалу при помощи собственного ракетного двигателя-бустера.

За сутки гиперзвуковой аппарат сможет сделать несколько рейсов на орбиту независимо от погодных условий. Сколько будет стоить доставка? Стэн Старр говорит об \$1–2 тысячах за 1 кг груза – и это только на первом этапе.

Лоренц – это сила!

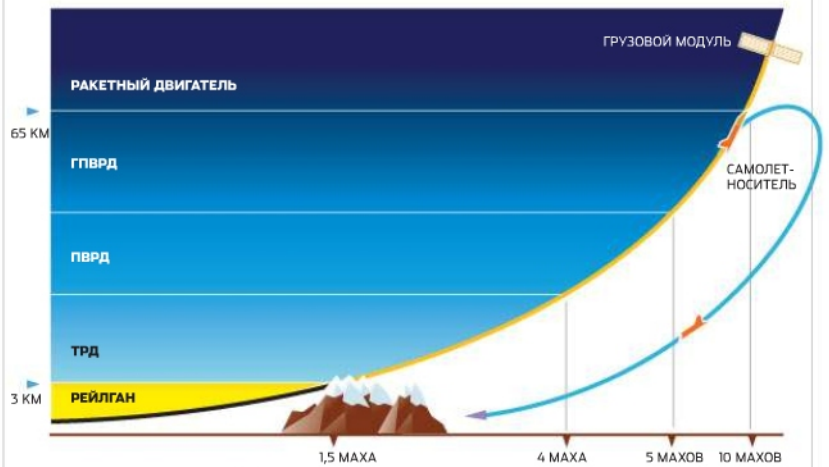
Трехкилометровый рельсотрон – базовый элемент стартового комплекса ENLV. Мощность этого линейного двигателя будет эквивалентна более чем 240 000 “лошадкам”. За 60 с сила Лоренца разгонит летательный аппарат до 1,5 Маха, но перегрузки при этом благодаря плавно нарастающей скорости будут вполне приемлемыми – не более 3g. Это чуть больше, чем испытывают пассажиры авиалайнеров при взлете, и намного меньше, чем достается военным пилотам при выполнении скоростных виражей.

Рельсотрон представляет собой конструкцию из двух параллельных рельсов, на которые подается напряжение, и проводника-перемычки, который и разгоняется вдоль рельсов, увлекаемый силой Лоренца. Основное преимущество рейлгана – высочайшая скорость снаряда. Однако до сих пор рельсотроны использовались лишь для разгона относительно малых масс – от невесомого густка плазмы до снаряда в несколько килограммов.

Другой вариант наземного ускорителя – пушка Гаусса – наиболее зрелая технология на сегодняшний день. Она представляет собой последовательность катушек индуктивности, в магнитном поле которых разгоняется снаряд. Катушки включаются друг за другом, “провожая” ускоряющийся груз к выходу. Разогнать снаряд до действительно высоких скоростей в пушке Гаусса сложно, так как это требует слишком быстрого переключения высоковольтных катушек.

В синхронных линейных электродвигателях включающиеся поочередно катушки создают “бегущее” магнитное поле, толкающее двигатель и весь аппарат вдоль направляющего рельса. Высокоскоростные моторы такого типа пока находятся в стадии разработки.

В NASA накоплен значительный опыт в области электромагнитных ускорителей. Это прежде всего Maglifter – концептуальная модель, созданная компанией Maglev 2000. Направляющий рельс длиной 4,8 км, вписанный в ландшафт стартового комплекса на мысе Канаверал, заключен в туннель из кольцевых сверхпроводящих магнитов, способных держать 450-тонный летательный аппарат с разгонной платформой на высоте 95 мм над треком.



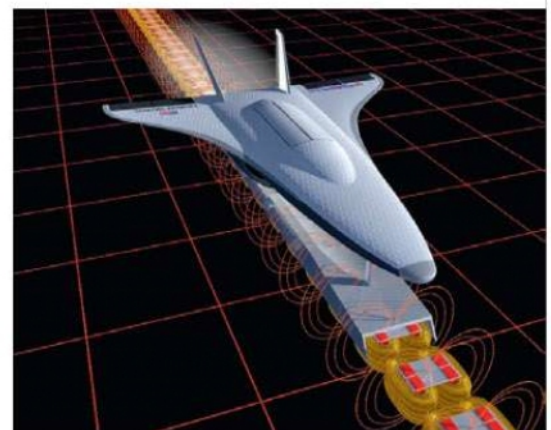
ENLV – это отлично сыгранный оркестр из рельсотрона и четырех реактивных двигателей, каждый из которых по очереди играет свою сольную партию. Грузовой модуль с ракетными двигателями отделяется от самолета-носителя у верхней границы стратосферы на скорости более 10 Махов.

По расчетам ученых, ускоритель Maglifter мог бы разогнать многократно орбитальный самолет Argus до 890 км/ч, прежде чем его электроника запустит два двигателя, работающих в атмосфере и вне ее за счет бортового запаса жидкого водорода и кислорода. Наилучший вариант размещения трека Maglifter – высокогорное плато. Снижение сопротивления воздуха на больших высотах могло бы сэкономить до 30% топлива.

Впрочем, Maglifter так и остался на бумаге. В реальности же в Центре NASA им. Кеннеди в течение семи лет проводились запуски беспилотников на 150-метровом рельсотроне, развивавшем тягу в 2,6 т.

Гауссолет

Несмотря на всю свою экзотичность, электромагнитные ускорители давно нашли применение в реальной жизни. Еще в 1999 году голландская компания Vekoma, специализирующаяся на разработке аттракционов класса хай-энд, создала такую установку для флоридского комплекса DisneyWorld. В том же году ученые из ВМФ США ухватились за идею и привлекли голландцев к разработке основ концепции EMALS – электромагнитной катапульты для авианосцев.



MAGLEV – концепция космического старта, в рамках которой самолет-носитель разгоняется, левитируя в магнитном поле над 4,8-километровым направляющим рельсом. Электромагниты удерживают 450-тонный летательный аппарат на высоте 95 мм над треком.

Аттракцион разгоняет пассажирскую капсулу до 100 км/ч за 2,8 с. Система EMALS стреляет втрое быстрее многотонными боевыми самолетами. Именно EMALS в настоящее время служит главным источником данных для программы EHLV. На базе ВМФ США в Лейкхерсте военные уже третий год проводят ее тестирование. В 2010 году было проведено более 700 пробных беспилотных запусков, а в конце декабря электромагнитная катапульта успешно запустила в небо пилотируемый истребитель-бомбардировщик F/A-18E Super Hornet.

EMALS – сложная электромагнитная система общей массой 225 т, состоящая из импульсных генераторов, системы управления и линейного синхронного электродвигателя мощностью 100 000 л.с. Двигатель (по сути пушка Гаусса) состоит из сдвоенных вертикальных С-образных статоров с медной обмоткой, расположенных в 2,5 см друг от друга, и 7-метрового подвижного снаряда со 160 неодимовыми магнитами. Снаряд и наружная траверса-захват перемещаются в горизонтальных направляющих на специальных катках. Каждый из 103-метровых статоров состоит из 149 последовательно включающихся сегментов длиной 64 и толщиной 7,6 см.

КПД двигателя составляет 70%. Остальные 30% энергии импульса рассеиваются в виде тепла. Волна энергии в 1 мВт преодолевает эту стометровку всего за пару секунд, нагревая сердечники статора до 1550°C. Мощная система радиаторов из стальных трубок в алюминиевом корпусе успевает снизить температуру рельса до 750° за 45 с. Исходя из заданной мощности в 180 мВт нагрев космического рейлгана будет еще более серьезным, потребуется крайне производительная система охлаждения.

ГИПЕРЗВУКОВОЙ ХОЛОДИЛЬНИК

Британский инженер **Ричард Уорвилл** из компании Reaction Engines собирается положить на лопатки концепцию гиперзвуковой установки NASA. Его гибридный турбореактивно-ракетный двигатель SABRE для будущего космолана **Skylon** будет работать в одиночку от взлета до посадки. В пределах атмосферы SABRE функционирует как ТРД, выводя Skylon на скорость 5,5 Маха. На таких скоростях поступающий в двигатель воздух мгновенно нагревается до 1500°C, но затем в течение 0,3 с охлаждается на специальном радиаторе до 150°. Это позволяет использовать для его предварительного сжатия и последующей подачи в камеру сгорания обычный турбокомпрессор. Выше, где внешнего кислорода уже недостаточно, двигатель переключается в режим закрытого цикла и работает на бортовом запасе сжиженного кислорода и водорода, развивая тягу в 300 т и выстреливая Skylon на скорости до 25 Махов.

Главная проблема для NASA заключается в аккумуляторах, способных накопить, а затем в считанные минуты выдать ошеломляющий по силе импульс. В EMALS эту роль играют роторные генераторы с двумя парами маховиков массой 36,3 т. Атомная силовая установка авианосца нового класса Gerald R. Ford будет раскручивать маховики шести бортовых генераторов до 6400 об/мин за 42 с. Какой тип аккумуляторов будет применяться в EHLV, пока не сообщается.

Дать Маху!

Допустим, инженерам NASA удастся решить все проблемы со сверхмощным рейлганом. Но после того как орбитальный самолет оторвется от разгонной платформы, ему придется карабкаться в стратосферу самому. Будущий гиперзвуковой летательный аппарат будет оснащаться комбинированной силовой установкой, включающей в себя обычный турбореактивный двигатель со скоростным пределом в 4 Маха и гибрид прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД, или рамджета) с гиперзвуковым ПВРД (ГПВРД, или скрамджетом). Вдобавок он получит ракетные двигатели для выхода на орбиту и маневрирования.

ТРД обеспечит эффективный разгон машины на сравнительно низких высотах до скорости в 4 Маха. Больше ему не под силу. Режим ПВРД используется для выхода на гиперзвук, за чертой которого он начинает “захлебываться” воздухом. Поэтому при полете на скорости 5 Махов и более будет солировать скрамджет. Кстати, первые образцы таких агрегатов были созданы еще в середине 1980-х советскими конструкторами из ЦИАМ им. Л.И. Баранова для гиперзвуковой летательной лаборатории “Холод”, но в смутное время этот проект оказался никому не нужен. Американцы же занимались данной проблемой с начала 1990-х, и прошлой весной скрамджет производства Pratt & Whitney Rocketdyne на носителе Boeing X-51 Waverider с твердотопливным ракетным ускорителем совершил 200-секундный самостоятельный полет на скорости около 5 Махов.

Коренное отличие скрамджета от простого “прямоточника” – сверхзвуковая скорость сго-

СИСТЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА – главный и самый сложный компонент SABRE. Радиатор состоит из десятков тысяч тонкостенных трубок толщиной с человеческий волос с циркулирующим внутри жидким гелием.

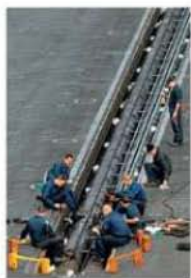


рания топливоздушнoй смеси. Теоретически он способен перепрыгнуть планку в 25 Махов. Благодаря особой геометрии корпуса воздух сжимается поступательным движением самолета и ускоряется в нем еще сильнее. В ПВРД же происходит замедление воздуха, и смесь сгорает на дозвуковой скорости.

По большому счету скрамджет – это не совсем двигатель. Он изначально интегрируется в фюзеляж летательного аппарата, а все его элементы (в первую очередь воздухозаборник и сопло) выполняются из ультражаропрочных материалов. Более того, он фактически диктует конструкторам требуемый силуэт корпуса.

Революция по графику

В программу EHLV вовлечены практически все основные подразделения NASA. Центры им. Лэнгли, Гленна и Эймса будут заниматься разработкой и испытаниями гиперзвуковых летательных аппаратов. Центры им. Кеннеди, Годдарда, Драйдена и Маршалла сосредоточатся на конструкции катапульты. Кроме того, в Центре им. Кеннеди будет построен испытательный стенд длиной более 3 км. Место под него уже определили: рельс будет проложен неподале-



ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СИСТЕМА

старта EMALS для перспективных авианосцев, пришедшая на смену традиционным паровым катапультам, экономит место, требует меньших затрат энергии, менее прихотлива в обслуживании.

ку от стартового комплекса Launch Pad 39A. По мнению Стэна Старра, Центр Кеннеди, построенный под миссию Apollo, а затем реконструированный для Shuttle, и в будущем останется главными воротами NASA в космос.

В течение ближайшего года NASA планирует определиться с приоритетными технологиями, и уже в 2012–2013 годах начнутся дозвуковые запуски упрощенной трехметровой модели космоплана. В 2015–2016 годах в небо полетит модель длиной 10 м и массой 4 т, оснащенная ТРД. На этом этапе предстоит отработать технику электромагнитного старта на скоростях свыше 1 Маха и ускорение до 4 Махов. До конца десятилетия будет создана 12-тонная гиперзвуковая модель аппарата, оснащенная механизмом отделения орбитального модуля, с начальной скоростью отрыва от платформы рельсотрона до 1–5 Махов и ускорением в полете до 6 Махов. К 2021 году NASA обещает построить стартовый комплекс и с помощью гиперзвукового летательного аппарата доставить на орбиту спутник. Точные размеры, грузоподъемность и другие параметры машины будут определены не позднее чем за три года до завершения программы.