

Р – ЗНАЧИТ “РАКЕТА”

Недавно в нашу редакцию пришло письмо со смешным заголовком: “А мы тут ракету собираем...” И несколько приложенных к письму фотографий. На фотографиях действительно была ракета, самая что ни на есть настоящая, в полтора человеческого роста, с реактивным двигателем, стабилизаторами, тормозным парашютом. И мы отправились знакомиться с московскими ракетостроителями...

Текст: Тим Скоренко

Ракетомодельный спорт существовал еще во времена СССР. В далеких 1920-х энтузиасты строили ракеты с твердотопливными двигателями, но подобные опыты были довольно примитивны – хотя бы потому, что “взрослое” ракетостроение находилось в зачаточной стадии. Разработки Циолковского, Цандера, Королева не могли послужить основой – они и сами были всего лишь “эмбрионами” настоящей космонавтики. Но в 1960-х ракетомодельный спорт получил

несуточное распространение ввиду прекрасной идеологической почвы: первый искусственный спутник Земли, первый человек в космосе...

В современной России с серьезным ракетомоделизмом дела обстоят плохо. Конечно, небольшую любительскую ракету, способную подняться на 100–150 м, можно приобрести или построить самостоятельно. В рамках фестивалей науки проводятся и запуски подобных ракет, но вот большего законодатель

ВЗЛЕТ

Чертежей ракеты практически нет: все расчеты сделаны на свободно распространяемом в сети софте, а итоговая конструкция получена методом проб и ошибок.



ство не позволяет. А вот, к примеру, в США существует Национальная ассоциация ракетомоделизма, в год проходит до 50 соревнований и фестивалей, и создаваемые энтузиастами ракеты поднимаются на высоту более 100 км. В определенных для этого местах можно запускать ракеты высотой до нескольких метров, трехступенчатые и даже с полезным грузом на борту (например, фотокамерой для съемки ближнего космоса).

К чему мы ведем? К тому, что команда московских ракетостроителей во главе с Антоном Фастенковым поставила себе цель не просто строить ракеты, а добиться полной легализации этого хобби и наладить производство любительских ракетных двигателей для российских моделлистов.

Технический обзор

“Я с детства хотел заниматься каким-нибудь техническим творчеством, но как-то не сложилось, поступил на юрфак”, – улыбается Антон. В принципе, юридическое образование сейчас ему только на руку: преодоление бюрократических препон – не менее сложное занятие, нежели создание ракет. В какой-то момент Антон оборудовал мастерскую, обзавелся станками и начал строить первую ракету. Подтянулись и другие энтузиасты – Алексей Юдин, Сергей Каличкин, Александр Дерябин. И пошло-поехало.

Что из себя представляет сегодняшняя разработка московской команды? Это ракета высотой 2,2 м, диаметром 10 см. Корпус ее выполнен из дюраля, хвостовые стабилизаторы и голов-

ной обтекатель – из стеклопластика. Двигатель – гибридный прямой схемы (твердое горючее / жидкий окислитель), горючее – зачерненный парафин, окислитель – обогащенная кислородом газовая смесь.

В ракетомоделизме используются химические ракетные двигатели – твердотопливные, жидкостные или гибридные (топливо твердое, окислитель жидкий – или наоборот). Каждая схема имеет свои преимущества и недостатки. Например, в ЖРД удобно регулировать тягу в широких пределах путем регулировки подачи компонентов, зато такой агрегат требует серьезного технического подхода в плане подбора материалов:



Что такое ракета

Ракета московских энтузиастов имеет очень простую конструкцию. Тем шире поле для дальнейших экспериментов и усовершенствований.

- 1) электроника системы спасения
- 2) вышибной заряд
- 3) гильза парашюта
- 4) парашют
- 5) штуцер для заправки окислителя
- 6) заправочный вентиль
- 7) верхняя крышка бака
- 8) окислитель
- 9) блок инжекторной головки и зажигания
- 10) силовая теплозащита камеры сгорания
- 11) горючее
- 12) графитовое сопло

“Есть подозрение, что мы сделали какое-то изобретение в сфере гибридных реактивных двигателей, – говорит Антон, – но пока не уверены, так что патентовать рановато...”

БОНУС
НА САЙТЕ



давление достигает нескольких сотен атмосфер. В твердотопливных двигателях регулировка тяги осуществляется путем изменения критического сечения, а это требует механизации соплового блока; тем не менее они широко распространены ввиду общей простоты конструкции (топливный бак служит одновременно и камерой сгорания). Основной недостаток РДТТ в том, что раз стартовавший процесс горения уже остановить нельзя, да и изготовление твердого топлива ракетомоделистом считается небезопасным и неоднозначным с юридической точки зрения процессом. Поэтому более редкий в мировой практике гибридный двигатель

выглядит наиболее приемлемым вариантом для России – особенно в условиях, когда все его элементы изготовлены самостоятельно. По сути, это труба, две заглушки, заправочный штуцер, дренажный клапан и сопло. При наличии

токарного и сверлильного станков его можно сделать за один день.

Из стандартных заготовок в ракете – только покупная дюралева труба, из которой сделан корпус, да тормозной парашют, заказанный в США. Остальное сделано своими руками на токарных и фрезерных станках в собственной мастерской.

Первый гибридный ракетный двигатель в СССР был использован на экспериментальной крылатой ракете, спроектированной в 1933 году Сер-

геем Павловичем Королевым. 17 августа 1933 года она была запущена на полигоне в Нахабино и достигла высоты 400 м. Уже в следующем году усовершенствованный ее вариант достиг высоты в 1,5 км.

Сегодня гораздо меньше организаций занимается гибридными двигателями, чем ЖРД или РДТТ. Из российских госструктур – разве что Исследовательский центр им. М.В. Келдыша. Тем не менее перспективы гибридов велики. Наличие твердого компонента позволяет упростить конструкцию, а жидкого – создать удобный механизм регулировки тяги. Другое преимущество – естественная теплоизоляция стенок камеры сгорания: твердое топливо, находящееся на стенках, изолирует и охлаждает их поверхность. Впоследствии планируется сделать абляционные вставки, то есть элементы контролируемого износа. Абляционный материал будет образовывать слой из низкомолекулярных продуктов на поверхности камеры сгорания; такой слой не дает горячим газам омывать поверхность камеры – это наиболее эффективный способ теплозащиты. По сути, абляционному материалу выгоднее испариться, чем прогреться (в отличие от металла), а тепловая энергия тратится на химическое превращение компонентов. Успешно испытанная в разработанном двигателе, абляционная защита выполнена из обычной эпоксидной смолы ЭД-20 с наполнителем в виде силикатных микросфер.

Парафин в качестве топлива был выбран по причине низкой температуры плавления: для его испарения

ВПЕРЕДИ ПЛАНЕТЫ ВСЕЙ

МИРОВОЙ ЛИДЕР В ОБЛАСТИ РАКЕТОМОДЕЛЬНОГО СПОРТА – СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

- На сегодняшний день в США существует серьезная структура организаций, которые занимаются производством комплектующих, проведением фестивалей и соревнований, разработкой технических узлов и т.д.

Национальная американская ассоциация ракетомоделистов (NAR) существует с 1957 года, издает выходящий дважды в месяц журнал Sport Rocketry и проводит как минимум шесть-семь крупных всеамериканских соревнований в год.

- Например, в марте в Сиэтле прошел большой фестиваль Nacso-2011, а в июне в Калифорнии состоится следующий – NSL-2011.

Для вступления в NAR достаточно связаться с локальной организацией, базирующейся в конкретном штате, или организовать собственное подразделение NAR. В последнем случае ассоциация предоставляет всем членам новоиспеченной секции бесплатную страховку на сумму \$ 1 млн – все-таки это небезопасный спорт, а также кредит на организацию, аренду помещения и закупку оборудования. Карта клубов на официальном сайте NAR поражает воображение: в каждом штате от четырех до шести организаций, все являются официально зарегистрированными и имеют собственную площадку под запуск ракет любой сложности.

- Стоит отличать обычное ракетомоделирование от HPR (High Power Rocketry) – моделирования ракет высокой мощности.

Начиная с определенных баллистических и мощностных характеристик создаваемые американскими любителями ракеты попадают в зону влияния другой неизвестной организации – Национальной ассоциации пожарной охраны (National Fire Protection Association, NFPA). Среди уставных документов последней есть специальный кодекс 1127, регулирующий правила подготовки и запуска ракет высокой мощности (обычные ракеты регулируются “младшим” законом 1122).

- Ракета попадает в категорию HPR при следующих условиях:

в ней используется двигатель, имеющий суммарный импульс более 160 Нс (двигатели класса “Н” и выше) или несколько двигателей, чей суммарный импульс достигает 320 Нс; двигатель развивает более 80 Н тяги; топливный бак вмещает более 62,5 г топлива; ракета весит более 1,5 кг.

- Ракета московских умельцев – именно категории HPR.



энергии много не нужно, что позволяет в три раза уменьшить габариты камеры сгорания. По теплотворным же свойствам он близок к жидкому керосину – стандартному ракетному горючему. Оба компонента топливной пары – и окислитель, и горючее – инертны, то есть опасность самовозгорания отсутствует, что является важным моментом в сфере любительского ракетостроения. Сопло ракеты – графитовое. Это не идеальный вариант, но на данном этапе он вполне приемлем.

Соединением топлива и окислителя “ведает” безопасный пиротехнический клапан, также разработанный и сделанный собственными руками. Алгоритм его работы прост: оператор подает на слабый вышибной заряд пироклапана напряжение, и окислитель начинает поступать в камеру сгорания, где происходит воспламенение компонентов. Планируется установить на ракете электронику, регистрирующую параметры ее полета и позволяющую

обработать данные после испытаний. Помимо прочего, на ракете установлена электроника системы спасения (для надежности дублированная). Основная плата изготовлена по заказу в Екатеринбурге (она записывает высоту и время полета), а дублирующая куплена в США. Система спасения позволяет выпустить по очереди два парашюта: малый в апогее полета ракеты и большой на заданном расстоянии от земной поверхности.

Планы на будущее

Планов на будущее много, очень много. Первая их часть – техническая. “Будем пробовать другие топлива, – говорит Алексей Юдин, – потому что парафин механически не слишком прочен, да и скорость абляции у него велика: выгорает очень быстро, для нашей ракеты – 7 мм/с, шашка ‘уходит’ за несколько секунд”. Эксперименты с топливом подразумевают, в частности, использование безопасного окислителя с большим содержанием

кислорода. Вообще, совершенству нет пределов: можно улучшать аэродинамику, применять активные способы снижения лобового сопротивления, аэродинамические иглы, жидкостно-воздушные обтекатели...

В этом же году ребята хотят провести стендовые огневые испытания жидкостного ракетного двигателя с небольшой тягой. Планируется применение пакета из четырех таких двигателей на демонстрационной летающей платформе, которая будет способна взлетать и зависать в соответствии с программой.

Вторая “группа” планов – это развитие любительского ракетостроения в России. Законодательной базы практически нет; ее предстоит сформировать – ракетомоделизм не подходит ни под категорию “пиротехника”, ни под космическую деятельность. Тем не менее занятие это сопряжено с риском, и потому необходимо строго придерживаться имеющихся норм закона и техники безопасности. Отсутствие

Ракетомоделирование в США



Б

В

А. Ракеты с нестандартными двигателями (класса О с импульсом 40 960 Нс и выше) требуют индивидуального разрешения на запуск, но энтузиастов это не останавливает.

Б. Энтузиасты вокруг ракеты Sledgehammer с двигателем М-класса (импульс 10 240 Нс).

В. 23 июля 2010 года. Запуск любительской ракеты Mavericks Clotho Research Rocket. Скорость: 2,8 М, масса – 500 кг, высота – 5,7 м, высота пусковой установки – 18 м. Высота подъема на двигателе класса Р – 45 км, на двигателях класса Q – 120 км.

законодательного регулирования не подразумевает вседозволенности. Пуски необходимо страховать, согласовывать с Федеральным агентством воздушного транспорта и осуществлять в специально отведенных для этого местах. Но не каждый энтузиаст готов ринуться в бюрократические дебри. Поэтому команда готовит документы для регистрации Национальной ассоциации ракетной техники, которая будет заниматься согласованием и организацией ракетомодельных пусков по всей России, организовывать страхование и, главное, заботиться об общественной безопасности любительского ракетостроения.

Еще одно планируемое направление деятельности – производство двигателей для моделей под заказ. В США их можно свободно купить, у нас – нет. После решения правовых вопросов команда готова наладить производство небольших гибридных

двигателей для энтузиастов. И не только двигателей, но и других комплектующих – сопел, прочих элементов.

Из ближайших общественных мероприятий на 2011 год – официальное приглашение команды на МАКС-2011 и “Высокие технологии XXI века”. Команда стахановскими темпами готовит материальную базу. Сейчас двигатель прошел все стендовые испытания, но реальных запусков ракеты еще не было. Теоретически она может подняться на 10 000 м. Но все масштабируемо: большая ракета, большой двигатель, топливо с лучшими энергетическими показателями – и 10 км относительно легко превращаются в 50. Это автоматически влечет за собой не только большие сложности по законодательному урегулированию пусков, но и определенные коммерческие перспективы. Например, на небольших ракетах со стартовой массой 1,5–2 т можно

доставлять на орбиту любительские фотокамеры и телескопы, малые (до 40 кг) спутники. Себестоимость ракеты, даже двухступенчатой, очень низкая. Сегодня малые спутники доставляются на орбиту только “в довесок”, на больших носителях. Разработка команды позволит серьезно удешевить доставку – если проект получит развитие.

Напоследок приведем одну историю. Знаменитый медиум XIX века Дэниэл Дуглас Хоум прославился своими полетами без видимой поддержки. Никто так и не смог открыть его фокуса – Хоум унес его в могилу. Когда он лежал на смертном одре, супруга спросила его: “Дэниэл, ну скажи хоть мне напоследок, почему люди не летают?” Хоум слабо улыбнулся и ответил: “Потому что не хотят”.

Он был не прав. Есть люди, которые хотят летать. Нужно только открыть им небо.

ПМ

Ракетная электроника

Системы спасения и телеметрии в американском ракетомоделировании часто позаимствованы (естественно, с определенной степенью доработки и адаптации) из “взрослого” ракетостроения. На иллюстрации – малая часть электроники ракеты, разработанной энтузиастами из группы RocketMavericks.



Синие платы – системы удаленного запуска и управления. Белый параллелепипед – один из блоков управления настоящего “Аполлона”.

Б. Для ночных запусков в топливо добавляют присадки, придающие реактивной струе эффектные цвета.

ДВИГАТЕЛИ NAR

АССОЦИАЦИЯ NAR ИМЕЕТ ОБШИРНЫЙ СВОД ЗАКОНОВ, ПРАВИЛ И КЛАССИФИКАЦИЙ – КАК ЛЮБАЯ СПОРТИВНАЯ ИЛИ МОДЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

● На сегодняшний день ассоциацией сертифицировано более 160 типов двигателей различных конструкций, разрешенных к использованию для ракетомоделирования.

Двигатели производит целый ряд компаний – Aerotech, Quest, Estes, Animal, Apogee и др., но, конечно, многие любители строят их своими руками. У NAR есть своя сеть магазинов, где продаются все комплектующие для изготовления не то что ракеты, но почти космического корабля, а также учебные заведения, курсы и службы техсервиса.

● Основная классификация ракет происходит по суммарному импульсу двигателя (не по удельному!).

Самый малый класс – Model Rocket Micro или 1/8A – имеет суммарный импульс не более 0,3125 Нс. Самый мощный из разрешенных к использованию без индивидуального согласования – High Power Level 3 (или O) – 40 960 Нс.

● “Внутри” буквенной классификации существует еще подклассификация по средней тяге и по времени между прекращением работы двигателя и срабатыванием системы спасения.

Например, если двигатель обозначен как С6-3, это значит, что он имеет суммарный импульс от 5 до 10 Нс, среднюю тягу 6 Н, а между остановкой двигателя и запуском системы спасения проходит три секунды.

● Для постройки или покупки ракеты типа НРГ с двигателем Н-класса и выше нужно быть совершеннолетним и иметь специальный сертификат, разрешающий подобные приобретения.