

## МАСТЕР-КЛАСС / РАКЕТОСТРОЕНИЕ



# Карамельная ракета

**ПОЧТИ ВСЕ РАКЕТОСТРОИТЕЛИ** НАЧИНАЛИ СВОЙ ПУТЬ В КОСМОС С РАКЕТОМОДЕЛЬНЫХ КРУЖКОВ, КУХОНЬ, ДОМАШНИХ МАСТЕРСКИХ В ГАРАЖЕ И САМОДЕЛЬНЫХ РАКЕТ. **ДОБРАЯ ПОЛОВИНА НАШЕЙ РЕДАКЦИИ В ДЕТСТВЕ ДЫРЯВИЛА НЕБО СВОИМИ САМОДЕЛКАМИ, КАК И КОМАНДА ЧАСТНОЙ РОССИЙСКОЙ РАКЕТОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ «ЛИН ИНДАСТРИАЛ».**

Самое главное в ракетостроении, по мнению легендарного конструктора ракетных двигателей академика Валентина Глушко, – именно двигатели. Его фраза «Если есть ракетный двигатель, то к нему хоть забор привяжи – он полетит!», пожалуй, одна из самых цитируемых в отрасли. Чтобы вы не повторяли все наши ошибки молодости, главный конструктор по системам управления «Лин Индастриал» Андрей Суворов расскажет, как сделать один из самых доступных, безопасных и эффективных домашних ракетных двигателей, работающих на карамельном топливе. Все начинали с этого.

### ПОГОВОРИМ О КЛАССИКЕ

Классикой ракетомоделисты называют топливо, состоящее по весу из 35% сорбита и 65% калийной селитры, без каких-либо добавок. Это топливо достаточно хорошо изучено, имеет характеристики не хуже, чем у черного пороха, но изготовить его гораздо проще, чем правильный порох.

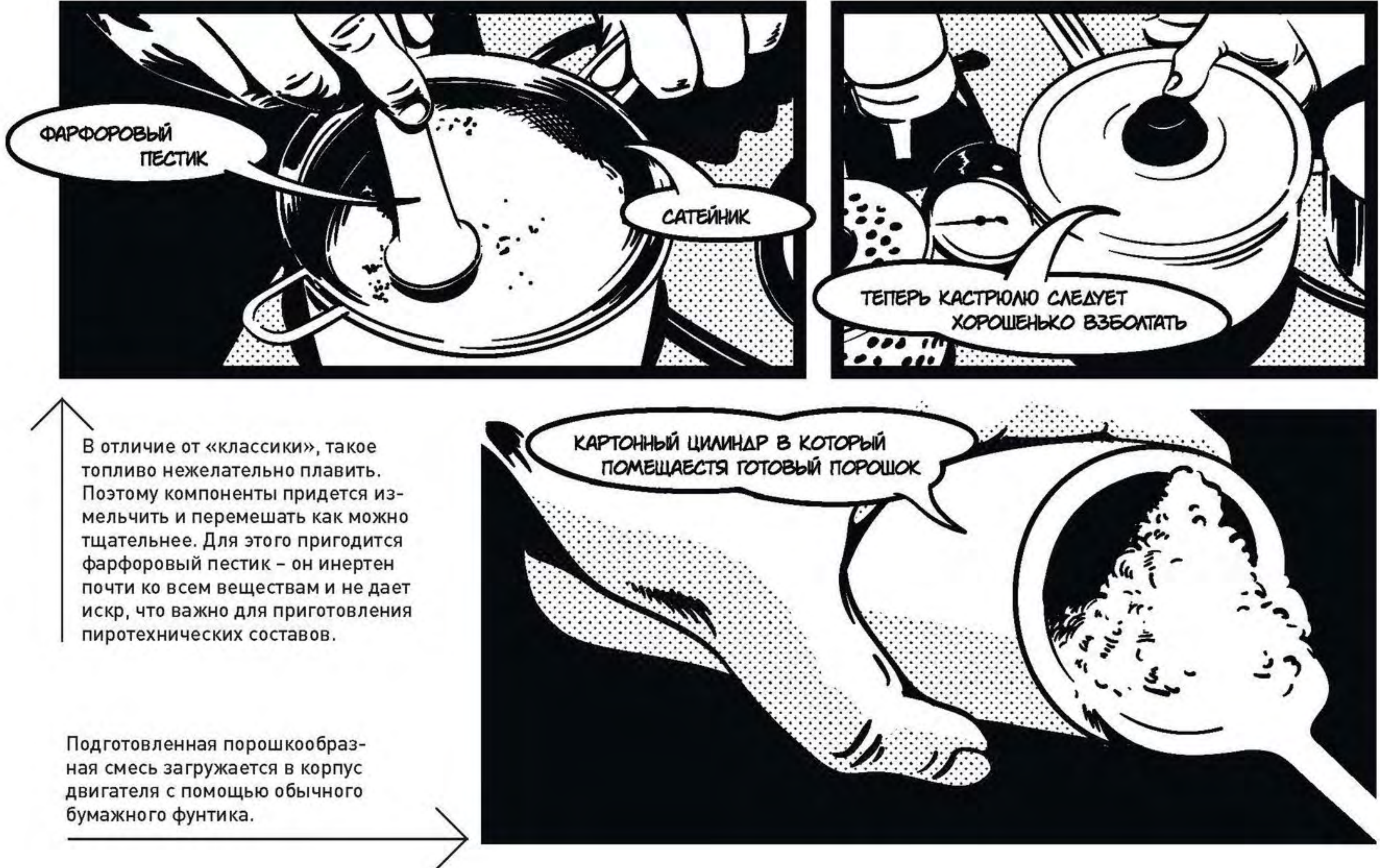
Для классики годится только калийная селитра. Если вы не найдете ее в продаже, придется изготовить самостоятельно из натриевой или аммиачной и сульфата или хлорида калия. Все это легко купить в магазинах,

Секретные изыскания домашнего

пиротехника, или чего не сделаешь

ради лишних метров в секунду

В слетавшей ракете использовалось улучшенное топливо на базе сорбита. Но ради улучшения энергетики (удельного импульса) нитрат калия был заменен перхлоратом калия. Такая замена потребовала введения еще двух компонентов – катализатора, стабилизирующего горение, и активированного угля, задерживающего тепловое излучение.



В отличие от «классики», такое топливо нежелательно плавить. Поэтому компоненты придется измельчить и перемешать как можно тщательнее. Для этого пригодится фарфоровый пестик – он инертен почти ко всем веществам и не дает искр, что важно для приготовления пиротехнических составов.

Подготовленная порошкообразная смесь загружается в корпус двигателя с помощью обычного бумажного фунтика.

торгующих минеральными удобрениями. Раньше в фотомагазинах продавали еще поташ (карбонат калия), он тоже годится для получения калийной селитры из аммиачной. При смешивании горячих насыщенных растворов натриевой селитры и хлорида калия калийная селитра сразу выпадет в осадок. Самодельную селитру придется очистить перекристаллизацией, для этого ее нужно растворить в небольшом количестве горячей кипяченой воды, профильтровать через вату и поставить раствор в холодильник. Затем слить раствор, селитру высушить на батарее, а потом и в духовке при примерно 150°C один-два часа. Тут главное – соблюдение температурного режима. При более высокой температуре селитра расплавится и станет непригодна к дальнейшему процессу.

Сорбит (заменитель сахара) продается и в аптеках, и в продуктовых супермаркетах. Температура плавления чистого сорбита – 125°C, и по этой температуре его можно отличить от моногидрата сорбита, который иногда продается тоже под видом сорбита. Моногидрат плавится при 84°C и для топлива не годится.

Несмотря на несерьезное название, карамельное ракетное топливо – это в первую очередь ракетное топливо, и обращаться с ним надо уважительно. Первое и главное правило техники безопасности – ни в коем случае не готовьте карамель на открытом огне! Только электроплитка с закрытым нагревателем и регулятором температуры. Если нет подходящей электроплитки, можно воспользоваться обычным утюгом, только нужно сделать подставку, удерживающую его в перевернутом положении, подошвой вверх. Положение регулятора «три точки» отлично подходит для изготовления карамели.

Не следует отмеривать компоненты на глазок или по объему – только на весах. На вид кучки в 35 г сорбита и 65 г калийной селитры по объему почти одинаковы. И это нам на руку, так как легче смешивать топливо. Если селитра крупная, ее придется растолочь в ступке или смолоть в кофемолке. Но не перестарайтесь: кристаллики должны быть как у мелкой соли – если смолоть селитру в пыль, с топливом будет трудно работать, так как оно станет слишком вязким. 20 секунд – то что надо.

Теперь можно смешать порошки селитры и сорбита и выложить слоем не больше сантиметра толщиной на сковороду. Желательно мешать смесь непрерывно. Для перемешивания удобно использовать деревянную палочку от эскимо. Постепенно сорбит начнет плавиться, через некоторое время, по мере перемешивания, порошок превратится в однородную субстанцию, похожую на жидкую манную кашу. В расплавленном сорбите часть селитры растворяется, поэтому готовое топливо остается достаточно жидким и при 95°C. Перегреть топливо не следует, потому что при 140°C растворимость селитры скачком увеличивается и так же, скачком, увеличивается вязкость этого состава.

Как только последние комочки селитры размешаны, топливо готово – теперь его надо заливать в форму. Идеальная простота! Хорошо бы и двигатель сделать максимально простым, и такой вариант существует – если не требуются рекордные параметры, предпочтительным становится бессопловик. Он состоит только из корпуса и заряда. Несмотря на то что без сопла часть энергии топлива расходуется впустую, за счет экономии веса корпуса и сопла можно залить больше топлива и скомпенсировать потери.

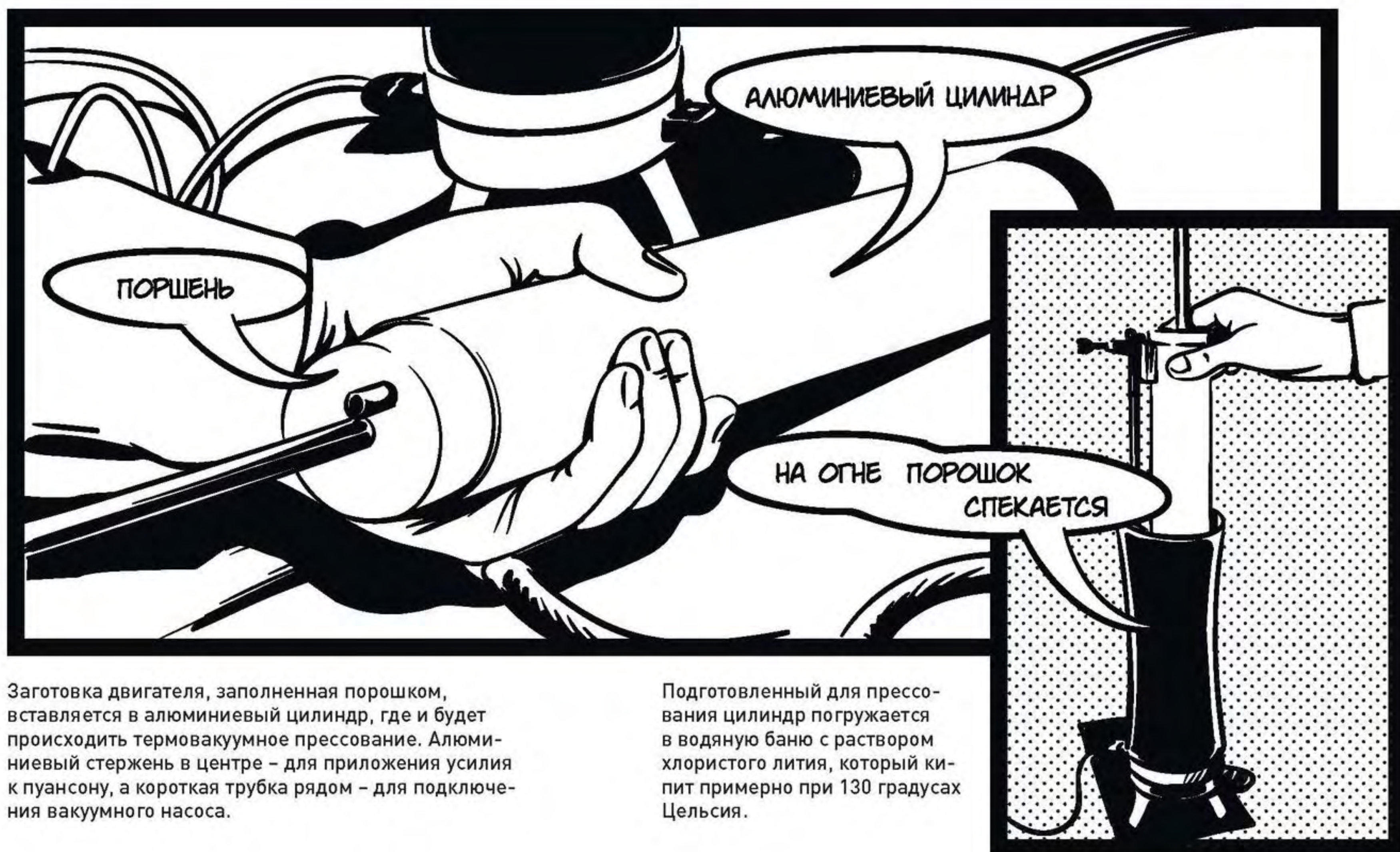
Для корпуса понадобится картонная трубка с толщиной стенок 1–2 мм. Диаметр ее может быть от сантиметра до трех, но для первых опытов лучше брать не самую маленькую, так как с маленькими двигателями неудобно работать – и топливо застывает быстрее, и сложно его упаковать в маленькую трубку. Длина

ее должна быть в 7–15 раз больше диаметра. Можно и в 20, но заливать топливо уже очень неудобно.

Еще потребуется стержень для формирования канала в топливе – в двигателях на карамели топливо горит по поверхности канала, а не с торца заряда, у торца не хватает площади. А для центрирования стержня требуется деревянная или пластиковая бобышка, подходящая по диаметру и к картонной трубе, и к центральному стержню. Диаметр канала должен быть примерно втрое меньше внутреннего диаметра трубы.

Вставив бобышку в нижний конец трубы и стержень в нее, в оставшееся пространство заливаем «манную кашу» из селитры и сорбита. Топливо остывает и затвердевает, но не до конца. Из его остатков надо скатать палочку-образец – обычно размером с мужской мизинец. По ней измеряют скорость горения получившегося топлива – для этого ее снимают на видео и по видео засекают время. Конечно, длину палочки надо измерить до поджигания. Нормально изготовленная сорбитовая карамель должна гореть со скоростью от 2,6 до 2,8 мм/с, то есть палочка длиной 5 см сгорит за 17–19 с.

Примерно через шесть часов – пока топливо еще мягкое – нужно вынуть бобышку и стержень. Осталось сделать заглушку из эпоксидной смолы там, где была бобышка: на обнажившуюся поверхность топлива наклеить кружок скотча, чтобы прикрыть канал, и из скотча сделать бортик вокруг картонной трубки, после чего залить туда эпоксидную смолу с отвердителем. Уровень смолы должен быть на 0,5 см выше края трубки, чтобы смола впиталась в торец. Иногда еще делают



Заготовка двигателя, заполненная порошком, вставляется в алюминиевый цилиндр, где и будет происходить термовакуумное прессование. Алюминиевый стержень в центре – для приложения усилия к пуансону, а короткая трубка рядом – для подключения вакуумного насоса.

Подготовленный для прессования цилиндр погружается в водяную баню с раствором хлористого лития, который кипит примерно при 130 градусах Цельсия.

**СКОРОСТЬ БЕЛОЙ СТРУИ ВЫХЛОПА НА ЭТОМ СНИМКЕ НАМНОГО БОЛЬШЕ КИЛОМЕТРА В СЕКУНДУ! К СОЖАЛЕНИЮ, САМА РАКЕТА ПОКА НЕ ТАК БЫСТРА, НО ЗАТО НЕ ОЧЕНЬ СЛОЖНО ИСКАТЬ ЕЕ ПОСЛЕ ПРИЗЕМЛЕНИЯ.**

три-четыре отверстия диаметром 3 мм, в свободной от топлива части трубки, чтобы эпоксидная пробка лучше держалась.

После затвердевания клея двигатель к запуску готов. Для его воспламенения отлично подходят китайские «электрические спички», продающиеся в интернет-магазинах, надо лишь удлинить провода и вставить запал в двигатель до упора, до эпоксидной заглушки – если двигатель загорится в середине, полной тяги он не выдаст.

Но, полетав на «классике», ракетоловитель часто чувствует потребность ее как-то усовершенствовать. Тут и начинается изобретение разных составов и технологий. Волшебное слово «перхлорат» волнует сердца конструкторов-самодельщиков. Но напрямую заменить нитрат калия на перхлорат калия не получится – топливо будет иметь другие характеристики. Без третьего компонента – катализатора – состав демонстрирует пульсирующее горение вплоть до взрыва. А с катализатором плавить топливо опасно, вот и приходится использовать вакуумное прессование с подогревом и прочую экзотику, большинству любителей недоступную.

**ПМ**



После окончания прессования, когда объем, занимаемый топливом, уменьшится почти вдвое, цилиндр с двигателем нужно вынуть из бани и остудить в обычном ведре с водой.

МУРАД ИБАТУЛЛИН

Готовый двигатель выглядит так. Для того чтобы привести его в такой вид, придется отрезать часть картонной трубки (топливо теперь занимает лишь половину), оставив лишь несколько сантиметров для сопла. Сопло в этом двигателе керамическое, держится на шести винтах и герметизируется заливкой эпоксидной смолы.

