

ОТВЕТ АВТОРОВ НА РЕЦЕНЗИЮ

статьи «Гибридный ракетный двигатель на твердом метане»

Авторы выражают благодарность Рецензенту за совершенно правильно понятую им цель публикации: авторы пытаются вывести из искусственно созданной «комы» ракетно-космическую отрасль Украины, подтолкнув ее руководителей к действиям, а специалистов к исследованиям, при отсутствии национальной задачи, в режиме выживания, в Украине тиражируются только военные достижения времен СССР, и не более того: никто не ищет других топлив, не разрабатывает новые двигатели (сумасшедше сложный и дорогущий кислородно-керосиновый ракетный двигатель времен СССР вообще не ЖРД — в камере сгорания подается газ кислород и жидкость, керосин), нет изысканий новых топлив, систем управления, новых схем спутников, спутниковых систем и пр. Мы отстаем от всего мира, даже от Новой Зеландии, где создали РН «Электрон» на сгущенном монотопливе: из керосина и кислорода.

Теперь по сути. Учитывая, что ракетчики живут в закрытом мире, иногда информация о других сферах деятельности им неизвестна. А канонизированные привычные технические решения (о чем правильно пишет и Рецензент) не позволяют отклониться от канонов. Поэтому требуются некоторые пояснения авторов, которые можно найти в приложенном списке использованной литературы после ее подробного изучения.

1. Авторы идут в своих намерениях дальше, чем первые исследователи гибридных двигателей, с очевидными преимуществами ГРД при их мирном применении:

а) авторы справедливо полагают, что от разговора о многократном использовании ракетной техники (дорогие и сравнительно дешевые носители являются одноразовыми, последние ступени носителей уже засорили орбиту Земли, кислородно-керосиновые ускорители «Энергии» в проектно многократном варианте использования не выдержали критики по стоимости) нужно переходить к делу — авторы полагают, что основным критерием достижения многократности

есть снижение температуры в камере сгорания ракетного двигателя для создания более комфортных условий использования материалов конструкции, что и предлагается авторами;

б) авторы считают, что необходимо искать пути создания нехимических двигателей; предложенный вариант является переходным между химическими и нехимическими двигателями, — горение небольшого количества метана в кислороде необходимо для нагрева воды из гидрата метана, с ее переходом в перегретый пар (с добавлением перегретого пара от разложения водорода пероксида, что вообще не требует подвода энергии извне), т. е. предлагается паровая машина в качестве ракетного двигателя, а как известно — пар является идеальным рабочим телом для техники, пар совершил техническую революция в девятнадцатом веке, и, в этом смысле, предложенный двигатель похож на кислородно-водородный (по получаемому рабочему телу — пару).

Вода авторами рассматривается не как балласт, а как рабочее тело. Не как компонент химического топлива.

Так же в экспериментальных ядерных ракетных двигателях водород не горит, а нагревается, охлаждая реактор.

В Украине подобных задач никто перед собой не ставил, поэтому статья может вызвать непонимание конструкторов традиционных типов ракет.

2. Нужно уточнить, что наиболее распространенные кислородно-керосиновые двигатели не достаточно надежные из-за сложности конструкции, очень дорогие, при их создании требуются десятилетия экспериментальной отработки, — в том числе, из-за высокой температуры в камере сгорания (в Германии времен Второй мировой войны для двигателей применялся спирт с более низкой температурой горения: в условиях войны Германия могла получать кислород из воздуха, а спирт с картофельных полей вокруг Берлина, так как была отрезана от другого сырья — после войны победители, не думая, взяли все себе, но спирт заменили на непригодный для использования, с точки зрения авторов, керосин). Кислородный завод требуется не в месте проживания авторов статьи, а на космодроме (не каждая

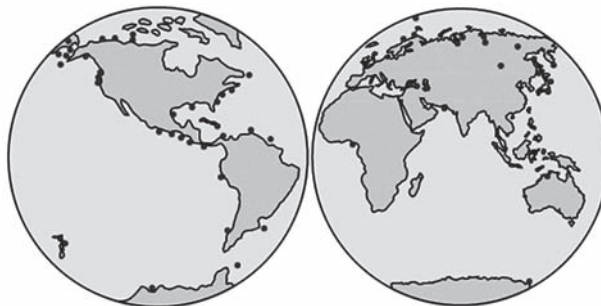
страна его может себе позволить!), — что является абсурдом при неперiodических разовых пусках носителей. Известно, что первые ядерные ракеты С. П. Королева при их перевозке сопровождалась автомобильными кислородными заводами, специально созданными для этой цели в АН СССР. Удобство эксплуатации вообще исключает при малюбюджетном варианте использование криогенной техники.

Это обстоятельство подталкивает авторов к поиску других вариантов.

3. По массовому совершенству ГРД занимает среднее положение между ЖРД и РДТТ — это важное преимущество, проигрывая в скорости истечения газов из сопла двигателя (удельный импульс), мы выигрываем в массовом совершенстве конструкции. И достигаем требуемого параметра конечной скорости движения по формуле Циолковского.

Удельный импульс в статье определен предварительно в виде оценки, — это не желание авторов, так получается из расчетов. Но расчеты требуют подтверждения, о чем мы и пишем. Необходимы исследования, для этого руководитель Национального центра управления и испытаний космических средств ГКА Украины Присяжный Владимир Ильич с участием других авторов статьи 29 сентября 2016 г. подписал соглашение о сотрудничестве с Научно-техническим парком Харбинского института технологий, по которому с привлечением Института морской геологии Циндао (там изучают гидрат метана) и украинских ученых (приглашаем к сотрудничеству всех!) и будут проводиться исследования по теме статьи.

4. В СССР по ГОСТ высококонцентрированный водорода пероксид марки ВП-100 (концентрация 98 %) производился минимум на трех химических заводах. Развал СССР коснулся и их, но не коснулся всего мира. Сначала Роскосмос закупал ВВП в США, сейчас в Европе — ВВП производится во Франции, Германии, Польше (но меньшей концентрации, для проведения экспериментов в Летном институте Варшавы его концентрация доводится до 99.9 %), Китае; Бельгия строит заводы его производства по всему миру — ВВП не включается в каталоги для продажи на рынке: он используется военными



во всем мире (торпеды, подводные лодки, газогенераторы в ракетах и пр.).

Мы живем в открытом мире и привыкли к тому, что в Украине уже ничего не производится, — но есть мировой рынок, а на нем продают ВВП.

5. Что касается гидрида метана. Это очень распространенный в мире минерал — более того, самый распространенный в мире ресурс углеводорода. Изучен досконально — но не ракетчиками, а геологами, разработчиками месторождений, специалистами транспортирования природного газа.

Это объект энергетики. Его залежи давно и успешно эксплуатируются на суше (Сибирь, Аляска, Канада, КНР и др. страны) и в море.

На фото отмечены наиболее крупные разведанные в мире месторождения гидрата метана.

Технологии добычи, переработки, транспортирования гидрата метана созданы и применяются.

В 2106 г. Япония заявила, что отказывается от импорта природного газа и переходит полностью на добычу гидрата метана в Желтом море.

В Украине гидрат метана имеется на шельфе Черного моря. Ученые Днепропетровского горного университета по гранту Германии занимались исследованиями гидрата метана. Они, как и другие специалисты в мире, научились изготавливать искусственный гидрат метана, — на что и ориентируются авторы статьи (рис. 1).

Искусственный гидрат метана уже рассматривается в газодобыче как возможность транспортирования природного газа железной дорогой при низком давлении, — так что эту технологию специально для ракетчиков создавать не надо. Нужно применить то, что давно есть в мире.

6. В условиях перед стартом, с точки зрения авторов, гидрат метана, сформованный в двигателе, следует охлаждать — для предотвращения

разложения при низком давлении и для повышения прочности (выражение вода, «скованная льдом» — как раз к месту). Для этого, как пишется в статье, достаточно применить сухую углекислоту. Но авторы не пишут о том, что она должна быть на борту, — охлаждение секции ракеты с гидратом метана осуществляется в пусковом контейнере, о чем и пишется. То есть, — это наружное оборудование, и низкая температура никак не касается отдельных емкостей и магистралей с водорода пероксидом.

После предварительного разложения, в камеру сгорания попадают уже продукты разложения с температурой примерно 1100 К. У водорода пероксида нет возможности замерзнуть в предлагаемом варианте.

Суммируя, авторы полагают, что предложения Рецензента следует учесть (или не учесть):

- учесть замечания по влиянию паров воды в топливной паре на температуру в камере сгорания РД и удельный импульс — это противоречит задаче, которую поставили перед собой авторы: т. е. необходимость снизить температуру в камере сгорания двигателя, для чего используется вода, предполагается авторами (вода в двигателе не разлагается), учитывать предложение Рецензента не следует;

- обосновать эффективность использования предложенной топливной пары — эффективность оценена предварительно, и с точки зрения авторов — достаточно, полученные предварительные данные показывают эту эффективность, она обусловлена уникальностью сочетания разложения водорода пероксида и гидрата метана, в виде происходящих физических и химических процессов; в выводах определена необходимость проведения экспериментальных исследований для подтверждения и уточнения расчетов — утверждать обратное (т. е. неэффективность) пока нет оснований; в статье указано, что в реальности температура в камере сгорания может опускаться до 1900 К, учитывать предложение Рецензента не следует;

- наиболее рациональную область применения предложенного гибридного РД — в тексте статьи в Выводах указано: «Теоретическая оценка, проведенная авторами, подтверждает возможность создания гибридного ракетного двигателя для первых ступней ракет-носителей» — это и есть область

применения такого ГРД (с точки зрения авторов), другое не предполагается, т. е. либо первые ступени РН, либо одноступенчатые ракеты носители, учитывать предложение Рецензента не следует;

- хотя бы качественно описать совместную сохранность ВПВ и гидрида метана на борту РН — на борту носителя секции с гидратом метана и водорода пероксидом разнесены, охлаждение секции с гидратом метана производится только на земле и только до старта при длительном хранении, на схеме опытной установки (рис. 2) для испытаний это показано, учитывать предложение Рецензента не следует;

- после доработки статью полезно опубликовать с посыланием в реквизитах «Для обсуждения» — полностью согласны с Рецензентом, в данном случае авторы считают, что обсуждение полезно и необходимо, она привлечет внимание специалистов и поможет найти в предложенной идее разумное зерно истины, предложение Рецензента следует учесть.

Задачи, поставленные авторами при проведении исследований:

- определить возможность применения выбранных компонентов в ракетном двигателе;

- оценить возможность хранения гидрата метана при атмосферном давлении и температуре — 351.5 К (обеспечивается кондиционированием хранилища «сухим льдом», твердой двуокисью углерода с возможным повышением давления в камере сгорания до 1—2 кг/см²);

- оценить параметры двигателя (температуру горения топлива в камере сгорания, скорость истечения газов из сопла);

- определить возможный облик лабораторной двигательной установки с опытным гибридным двигателем на выбранных компонентах топлива

авторами полностью выполнены и отражены в статье.

Рецензия на статью содержит качественный анализ материалов, авторы благодарны Рецензенту за проделанную им работу.

Изменять текст, ввиду нами вышеизложенного, авторы не видят необходимости. Просим оставить прежнюю редакцию текста статьи.

*А. С. Левенко, В. И. Присяжный,
О. Л. Паук, А. С. Дрозденко*