

Авиационным «паровозам» пора в медицину и на Марс



Самолёт с поршневой паросиловой установкой успешно летал в 1930-х гг.

MAHESH DESHMUKH, WWW.GRABCAD.COM

ИВАН ТРОХИН, ИНЖЕНЕР

Футуристические, как кажется на первый взгляд, разработки специалистов Студенческого конструкторского бюро (СКБ) по направлению «Промтеплоэнергетика» Технологического университета в Королеве имеют шансы показать реальные преимущества в земном протезно-ортопедическом деле и бортовой энергетике космических кораблей для полёта на Марс.

Из школьного курса физики известно, что паровая машина прослыла самым неэффективным тепловым двигателем. Правда, в романе Жюль Верна «Паровой дом» путешественники успешно перемещались на паровой машине-слоне. А что наяву может дать паровая машина сегодня? Учёные и студенты Технологического университета ответили на этот вопрос весьма необычными проектами.

Пар и поршень вместо электрохимии

Сначала речь пойдёт об экзоскелете, что в переводе с греческого означает «внешний скелет». Экзоскелет представляет собой специальное устройство в виде внешнего каркаса-скелета и приводящих частей, которое может служить для восполнения утраченных человеком двигательных функций и расширения амплитуды движений. Для питания такого устройства требуется надёжный, лёгкий и энергетически ёмкий бортовой источник электроэнергии.

Паросиловой источник электропитания экзоскелета в качестве альтернативы дорогим и тяжёлым электрохимическим источникам – аккумуляторным батареям – предлагают известный российский учёный-паротехник, кандидат технических наук Владимир Дубинин и студент отделения биотехнологии и ортопедии Колледжа космического машиностроения и технологий Технологического университета, член упомянутого выше СКБ Денис Думилин.

Развитие экзоскелетов сдерживается, в частности, существенной кратковременностью их функционирования при применении бортовых электрохимических аккумуляторов из-за большой массы последних. А что, если предложить в качестве бортового источника электропитания для экзоскелета применить электромашинный генератор с приводом от паросиловой установки? Выбор такой энергетической установки обусловлен её принципиальной экологической чистотой при работе: в продуктах «сгорания» присутствует только водяной пар (если, разумеется, пока оставить в стороне вопрос о выхлопе из горелки или топки парового котла). Кроме этого, паросиловая установка характеризуется малой шумностью при работе с применением паровой поршневой машины (далее – паровой машины) и по замкнутому циклу. Использование именно паровой машины обусловлено тем, что паровая турбина при весьма малых мощностях имеет очень низкий коэффициент полезного действия (КПД).

В прошлом веке учёные Г. Вуд и Н. Морган провели интересное сравнение поршневых расширительных машин и газовых турбин для бортовых космических энергоустановок. Они ввели понятие «КПД

бесконечного расширения», поскольку планировали осуществлять расширение продуктов сгорания от энергоустановки в вакуум. По их исследованиям КПД турбины всегда меньше, чем КПД поршневой расширительной машины. Учёные рассматривали очень малую по мощности поршневую расширительную машину – всего 3 кВт, а мощность исследуемых ими турбин достигала 100 кВт.



Авиамодельный поршневой микродвигатель.

КПД бесконечного расширения в бортовом паросиловом источнике электропитания экзоскелета не реализуется, поскольку давление в конденсаторе пара отличается от космического вакуума. Однако суть дела это не меняет: поршневая расширительная машина более экономично расходует рабочее тело при своей работе, чем турбина.

Рассчитаем выгоду

КПД паровой машины может составлять, по данным известного в прошлом веке паротехника Вильгельма Шмидта, почти 28,5%. Однако эта величина относится к машине с четырёхкратным расширением пара. Поэтому примем КПД паровой машины на уровне 20% и при однократном расширении пара. Тогда, учитывая, что удельная теплота сгорания керосина соответствует 41667 кДж/кг, из одного килограмма керосина при его сгорании можно получить механическую энергию 8333 кДж. Если мощность на валу паровой машины принять равной одному киловатту, то на одном килограмме керосина паросиловая установка проработает 8333 секунды, или 2,3 часа.

Масса бака для одного литра горячего ориентировочно составляет 100 г. Литровая масса поршневого двигателя составляет 50 кг/л. Литровая мощность паровой машины определяется рабочим давлением пара, величиной отсечки пара и частотой вращения вала. Примем литровую мощность для паровой машины на уровне 200 кВт/л, что в два раза меньше достигнутой величины для авиамодельных поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Такие микродвигатели предельно просты по своим конструкциям и у них низкий КПД.

Литровая мощность паровой машины на базе поршневого ДВС может быть выше, чем у самого ДВС, из-за больше-

го наполнения индикаторной диаграммы этой машины. Таким образом, очень консервативная оценка удельной массы нашей воображаемой паровой машины будет составлять около 0,25 кг/кВт. Это означает, что при мощности в один киловатт, масса паровой машины составит 0,25 кг.

По данным известного историка авиации Петра Дузы, парогенератор и радиатор весьма лёгкой авиационной паросиловой установки самолёта первой половины прошлого века весят столько, сколько и сам паровой мотор (высокооборотная паровая машина). Тогда можно предположить, что сухая масса бортовой паросиловой установки на один киловатт её мощности составит 0,5 кг.

Как было показано выше, для работы паровой машины в течение 2,3 часа при мощности в один киловатт, масса керосина вместе с баком составит 1,1 кг. Таким образом, суммарная масса паросиловой установки, заправленной керосином, составит 1,6 кг. Удельная масса современных электромашинных генераторов постоянного тока с постоянными магнитами не превышает 1 кг/кВт. Это означает, что суммарная масса бортового паросилового источника электропитания для экзоскелета не должна превышать 2,4 кг при электрической мощности, равной 0,8 кВт. В данных расчётах нами принята величина КПД электромашинного генератора на уровне 80%.

Новейший японский экзоскелет марки HAL-5 весит порядка 23 кг. Он работает от аккумуляторной батареи, которая закреплена на поясе. Масса этой батареи составляет 10 кг. Время автономной работы экзоскелета с таким электрохимическим бортовым источником электропитания составляет 2,5 часа при максимальной загруженности.

Для сравнения, практически при том же времени автономной работы бортовой паросиловой источник



Звездообразный поршневой авиадвигатель подходит для конверсии в компактный паромотор.

электропитания экзоскелета, работающего с заправленным одним литром керосина баком, будет иметь массу на уровне 2,4 кг, что в четыре раза меньше массы электрохимических аккумуляторов для автономной работы экзоскелета. Если увеличить количество запаса топлива по массе, равной массе электрохимических аккумуляторов, то по расчётам получается разница в

7,6 кг. Если приблизительно в семь раз увеличить запас топлива, то время работы бортового паросилового источника электропитания экзоскелета тоже возрастёт в семь раз и составит уже почти 16 часов.

Критика и оптимизм

Разумеется, что разработка парового экзоскелета не лишена недостатков. В частности, к примеру, бортовой паросиловой источник электропитания, работающий на керосине, какой был нами рассмотрен, взамен электрохимического аккумуляторного источника, вызывает некоторую иронию. Однако разработчикам экзоскелетов стоит обратить внимание на изложенные выше достоинства паросилового источника электропитания. А проблема выбора и сжигания более оптимального и «зелёного» топлива вполне может оказаться принципиально решаемой в современной энергетике.

С «паровозом» – к Марсу!

В классике немого кинематографа начала прошлого века «Путешествие через невозможное» известного режиссёра и мастера изобретательских идей Жоржа Мельеса герои отважились полететь в космос на поезде, который вёл паровой поршневой локомотив – паровоз. Конечно, это была фантастика. А сейчас?

Теперь кратко затронем второй проект. Направление «Промтеплоэнергетика» СКБ в стенах Колледжа космического машиностроения и технологий Технологического университета уникально. Ничего подобного, что создано и развивается под руководством Владимира Дубинина, в вузах нашей страны и мира, наверное, просто нет. Здесь романтику паровых машин отразили даже в проекте поршневой расширительной машины (вместо турбины, предлагаемой учёными РАН) для ядерной энергоустановки марсианского космического корабля, оснащённого электроракетными двигателями. Кстати, на выполнение в СКБ научно-исследовательской работы по этой машине получен университетский грант.

Работа успешно выполнена студентом колледжа, членом отмеченного выше СКБ Юрием Бирюковым под научным руководством Владимира Дубинина. Отчёт по этому научному проекту проходит государственную регистрацию и будет направлен в РАН на рассмотрение учёными. А те, кто тянет в мир поршневой техники и кто неравнодушен к славному прошлому эпохи паровых машин, вновь и вновь приходят к Владимиру Сергеевичу в СКБ по направлению «Промтеплоэнергетика» для реализации новых смелых замыслов.

В статье использованы материалы СКБ по направлению «Промтеплоэнергетика» Технологического университета.