

«Стирлинг» – самый яркий экспонат выставки в Норфолке

Побывав в конце сентября 2006 г. на лодочной выставке в Норфолке, что в штате Коннектикут, в двух часах езды к северу от Нью-Йорка, я решил провести эксперимент – выдержать какое-то время и посмотреть, что же останется в памяти от выставочного калейдоскопа.

Часто краски тускнеют достаточно быстро, и без записей и фото уже трудно что-либо выделить, но на этот раз заноза засела глубоко.

Все знают о двигателях внутреннего сгорания (ДВС), а вот о двигателях внешнего сгорания известно меньше. В 70-е гг., когда я учился в МВТУ им Н. Э. Баумана, у нас на факультете энергомашиностроения была установка голландской фирмы «Филипс», в которой была воплощена идея шотландского священника Роберта Стирлинга и его брата Джеймса, запатентовавших еще в 1816 г. тепловой двигатель с замкнутым контуром и реверсивным теплообменником*. К сожалению, голландцам, потратившим десятилетия и миллионы, так и не удалось создать коммерчески тиражируемый двигатель внешнего сгорания. Они утешились тем, что «стирлинг» – по сути обратимая машина: если крутить ее за вал, то она разделяет воздух комнатной температуры на горячую и холодную части, причем холодная может быть холодна настолько, что «воздух» в виде жидкого азота с температурой ниже -147° или, если хотите, кислорода ниже -118°C тонкой струйкой стекает по отводной трубке в сосуд Дюара. Такую машину я и видел лет 35 назад. Тогда «стирлинг» как бы осел в дальнем углу моей памяти в надежде на лучшие времена.

Работающие «стирлинг-двигатели» в штучном исполнении строятся для подводных лодок, космоса, научных целей, но в коммерческих количествах – по доступной потребителю цене – произвести «стирлинги» удалось только

* См. «Кия» № 27, ст. Г. Б. Либефорта «Двигатель внешнего сгорания», в которой рассматривались принцип, достоинства и недостатки двигателя Стирлинга.



недавно новозеландской компании «WhisperTech» («WhisperGen»). Я уже упоминал об этом в одном из своих репортажей, но на этот раз в Норфолке была работающая установка (рис. 1).

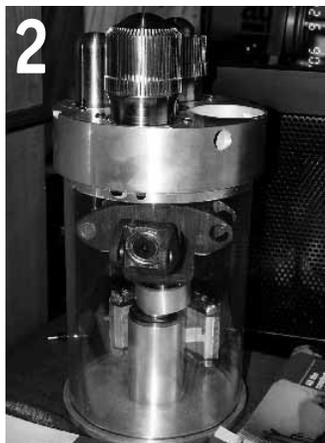
Хотя более или менее детальное описание теории и принципа работы тепловых машин по циклу Стирлинга можно найти в Интернете, нелишне напомнить два основных положения, лежащих в основе концепции этой машины:

1) при нагреве рабочий газ в замкнутом объеме расширяется, двигая поршень и производя работу, а при

охлаждении – сжимается, и поршень двигается в обратном направлении за счет разрежения;

2) затраты энергии на сжатие холодного газа меньше, чем на сжатие того же количества горячего.

В цикле Стирлинга разница между выделенной энергией и потраченной идет на выполнение работы, как и во всех других тепловых двигателях, а КПД «стирлинга» теоретически может достигать 80 %, так как он зависит от разности температур газа горячей и холодной секций.



Итак, теоретический КПД «стирлинга» равен температуре горячего газа минус температура холодного газа, деленная на температуру горячего газа.

Все трудности конструкторов заключаются в том, как и чем охладить рабочий газ после расширения перед сжатием, а также как сделать все узлы долговечными, причем ключевым элементом конструкции является теплообменник, который в течение каждого цикла должен нагреться и охладиться. И, естественно, не следует забывать о компактном дизайне.

Известны три основные схемы однопоршневых «стирлингов», и все они требуют дополнительного поршня-вытеснителя, перегоняющего рабочий газ через теплообменник, причем вытеснитель опережает по фазе рабочий поршень на 90° . Эта особенность весьма важна, так как при таком опережении в определенные моменты газ то сжимается, то расширяется, и один поршень имеет нулевую скорость, в то время как другой — максимальную. И это играет свою роль при теплообмене.

Новозеландцы решились на четырехцилиндровую схему без коленчатого вала, отчасти напоминающую (по механической части) конструкцию гидромотора. По этой схеме цилиндры расположены, как в барабане револьвера, а поступательное движение поршней превращается во вращательное при помощи косой шайбы.

Здесь нужно вспомнить, что в довоенные годы были построены действующие образцы (как за рубежом, так и у нас) низкопрофильных авиационных шестицилиндровых ДВС с косой шайбой. Из-за высоких контактных напряжений в механизме преобразования поступательного движения во вращательное отечественные ДВС не имели необходимых 100 часов ресурса, и эта интересная схема была заброшена (надеюсь, не навсегда).

Теперь возвращаемся к новозелан-

дцам. Они отказались от дополнительных поршней-вытеснителей, а объединили газовадами подпоршневые части каждого цилиндра с надпоршневой частью следующего, смежного, и роль вытеснителей стали выполнять подпоршневые стороны поршней. Верхние части цилиндров, в которых движутся поршни, нагреваются, а нижние — охлаждаются. К поршням жестко прикреплены штоки, которые проходят через уплотнения в днищах цилиндров. Нижние их концы соединены по диагонали парно двухплечевыми коромыслами патентованной конструкции. Это так называемые колеблющиеся коромысла, которые не жестко связаны друг с другом. Каждое плечо коромысел может совершать небольшие колебания в плоскости осей цилиндров, т. е. поршни движутся не по синусоидальному закону, а по более сложному. Образно это можно представить себе так, будто ты идешь в галошах по глине. В какой-то момент галоши отрываются от пятки, потому что присосались к глине, а затем со скоростью снова «салятся» на пятку. Ты идешь равномерно, а галоши то отстают от тебя, то догоняют. Эта особенность важна при теплообмене: из-за тепловой инерции нужно где-то задержаться, а где-то проскочить.

Сами поршни не имеют строительной высоты, так как практически на них действует только осевая сила из-за того, что коромысла качаются от нейтральной точки на небольшой угол вверх и вниз. Все это и радиус, на котором находятся цилиндры, определяют ход поршней. Существующие небольшие радиальные колебания в зазорах между поршнем и цилиндром и штоком и цилиндром компенсируются оригинальными уплотнениями, которые также являются предметами патентования. Смазки в этих парах нет. Кстати, именно уплотнения и определили выбор рабочего газа — азот. Более выгодный с термодинамической точки

зрения гелий, не говоря уже о водороде, невозможно удержать в замкнутых переменных объемах, имеющих подвижные соединения. Коромысла через проставку упираются в упорный подшипник на «ломаном валу», через который «качательная бегущая волна» преобразуется во вращение этого двухпорного вала, на нижнем конце его и находится ротор электрогенератора.

Как упоминалось выше, газовый тракт был решен новозеландцами весьма оригинально. Каждое предыдущее холодное подпоршневое пространство было соединено через теплообменник (ребра его видны в кольцевом отверстии базы на рис. 2–5) с горячим надпоршневым пространством смежного цилиндра газовадом через свою секцию общего теплообменника. Таким образом, рабочий газ циркулирует в четырех изолированных, меняющих свой объем камерах. Горячие зоны цилиндров видны на рис. 6, один целый радиатор-распределитель тепла показан на заднем плане и один в разрезе, надетые на «горячую» часть цилиндров. Третий цилиндр — без радиатора; там же внизу видны отдельно стоящие элементы цилиндропоршневой группы. Центральная форсунка на вершине конуса, постоянно обогревает все четыре горячих радиатора одновременно и может быть заменена на другую, в зависимости от вида топлива. Горячий газ во время рабочего хода толкает поршень вниз, выталкивая из-под поршневого пространства охлажденный газ, который, проходя через теплообменник в горячую зону смежного цилиндра, сам подогревается, но охлаждает эту секцию теплообменника. В это время другое плечо коромысла поднимается, и диагональный поршень выталкивает подогретый газ через свою секцию теплообменника — газ охлаждается, а теплообменник нагревается, и цикл повторяется.

На выставке представленная уста-

новка обогревает воздух и воду, на что потребовалось бы 5.5 кВт и электрическая мощность до 0.8 кВт. Подобная установка для яхты может удовлетворять все потребности в энергии при автономном плавании. Управляет ею электронный блок со встроенным трехступенчатым зарядным устройством. Пиковые нагрузки покрываются с помощью батареи и инвертора.

Есть и второй вариант установки — для отдаленных труднодоступных мест, где нет электрической сети (в горах, на зимовках и т. п.). Она производит уже переменный ток стандар-

тного напряжения. В том, что ее КПД высок, можно убедиться, взявшись за выхлопную трубу — она чуть теплая. На максимальной мощности расход топлива — 0.75 л/ч. Ресурс установки — более 5000 ч, но точно его никто не знает. Большой плюс ее — бесшумность. Единственный минус, который я вижу, это стартовая цена — около 10 тыс. долл., однако уже тысячи обладателей таких агрегатов сделали свой выбор.

Как инженер, хочу снять шляпу перед учеными новозеландского Кентерберийского университета и работ-

никами компании «Виспертех». Практически только им удалось сделать практичный удобоваримый агрегат на базе идей Стирлинга. «Стирлинги» работают в разных точках Земли и медленно, но верно завоевывают позиции. Как пример, электрическая компания в Калифорнии уже заказала американской компании «Энергетические системы Стирлинга» 20 тыс. установок, использующих энергию Солнца, общей мощностью 500 МВт. Все это разместится на площади в 19 км². И это — серьезная альтернатива солнечным батареям.

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

для оптовых покупателей



При покупке
более 200 винтов

скидка **50%**
от розничной стоимости



ООО «1000 размеров» - официальный дистрибьютор Suzuki Marine
г. Владивосток, ул. Космодьянской, 19а
тел. (4232)60-15-15, факс (4232)49-90-72 (+7 часов к московскому времени)
www.suzuki-motors.ru, e-mail: vodnik@1000size.ru

ТЕХНИКА ДЛЯ СПОРТА И ОТДЫХА
техника, запчасти, комплектующие, расходные материалы, аксессуары

www.megazip.ru

электронный каталог запчастей с ценами



ПРОДАЕТСЯ

катер «Стриж», материал — АМГ-5, длина — 7.8 м, ширина — 2.4 м, двигатель — 64СП, дизель, пассажироместимость — 8 чел., отличное состояние, тент.

г. Новосибирск,
тел. 8 913 945-4308,
8 913 767-8848



ПРОДАЕТСЯ

вейкбордический катер-буксировщик «Malibu» 2000 г., в России с 2002 г., оснащенный «тауэром» и круизконтролем «Perfect Pass Pro». Дв. — 325 л.с. Длина — 6.1 м, ширина — 2.3 м. Все в хорошем состоянии. Стоит на учете в ГИМС.

Цена — 28 000 долл.
тел. 8 901 802-6856; fws@mail.ru