

М.И. Баранов

**АНТОЛОГИЯ ВЫДАЮЩИХСЯ ДОСТИЖЕНИЙ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ.
ЧАСТЬ 14: ИЗОБРЕТЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Наведено короткий нарис з всесвітньої історії винаходу двигунів різного виду, що з'явилися енергетичним "серцем" для всіх транспортних засобів на нашій планеті.

Приведен краткий очерк из всемирной истории изобретения двигателей различного вида, явившихся энергетическим "сердцем" для всех транспортных средств на нашей планете.

ВВЕДЕНИЕ

Движение, как известно, это "жизнь". Оно (движение) является "жизнью" не только для биологических объектов, но и для большинства технических объектов. Как привести в движение различного вида физическое тело, тот или иной технический объект? Как придать подобному движущемуся телу (объекту) или его части наибольшее ускорение и наивысшую скорость? Как преобразовать один вид движения технического объекта в другой? Как уменьшить при этом паразитные потери энергии и повысить коэффициент полезного действия (КПД) для движущегося объекта? Вот тот перечень основных вопросов, возникавших сотни лет тому назад и возникающих поныне перед учеными-механиками, инженерами и конструкторами, занимающихся разработкой и созданием новой техники. Из всемирной истории развития техники всем нам хорошо известно, что "рождение" подобных объектов в техносфере землян определяется потребностями человеческого общества. Главными из них в нашем мире были и остаются: 1) неуклонное прогрессивное развитие разных отраслей промышленности всех стран для удовлетворения все возрастающих человеческих потребностей; 2) защита государственных и частных интересов, включающих территориальную целостность стран, экономическую выгоду и интеллектуальную собственность. Начиная с древних времен (например, с периода проживания и деятельности в 287-212 гг. до н.э. великого древнегреческого ученого-механика Архимеда), продолжая в средневековье (например, в период проживания и работы в 1452-1519 гг. великого итальянского ученого-мыслителя и изобретателя Леонардо да Винчи и в период жизни и активной творческой деятельности в 1642-1727 гг. великого английского ученого-механика Исаака Ньютона) и заканчивая современным временем, выдающиеся представители рода человеческого постоянно "бились" и "бьются" над совершенствованием и дальнейшим развитием технических объектов военного и общегражданского назначения [1-3]. Для всех этих объектов, перемещающихся по земле (под землей), по воде (под водой), в воздухе и безвоздушном пространстве (космосе) характерным является то, что все они в своем составе содержат энергетическое "сердце" – двигатель того или иного вида, приводящий в нужное движение их части или эти объекты в целом. На взгляд автора, интересной для читателя и актуальной в области истории техники представляется научно-историческая задача по рассмотрению эволюции (это слово происходит от латинского слова "evolutio" – "процесс развития" [4]) становления, непрерывного совершенствования и прогрессивного развития в технической сфере двигателей различных видов и типов.

1. ИЗОБРЕТЕНИЕ ПАРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Исторически известно, что еще великий флорентинец Леонардо да Винчи описал пушку, выстреливающую снарядами при помощи сил только от огня и воды [5]. Он предполагал, что медный ствол пушки с ядром, размещенный своим одним концом в условиях горячей печи, сможет выбросить снаряд, если в отсек сильно разогретого ствола за ядром впрыснуть воду. Леонардо да Винчи полагал, что вода при высокой температуре испарится очень быстро и, став паром и практически аналогом пороха, вытолкнет из такого ствола ядро с большой скоростью. Несмотря на заманчивость такой технической идеи и неоднократные попытки европейских военных инженеров (даже в 19-м столетии), создать подобную боевую пушку не удалось никому. Тем не менее, в 1681 году французский ученый Дени Папен решил создать машину для откачки подземных (грунтовых) вод из шахт, применив при этом в качестве движущей силы вначале порох, а позже и водяной пар [5]. Так на свет появилась паровая атмосферная машина, уже прогрессивно содержащая цилиндрический поршень. Основным недостатком машины Д. Папена заключался в том, что пар готовился внутри ее цилиндра. В усовершенствование этой машины большой вклад внесли английские изобретатели Томас Севери, в насосе которого (патент от 1698 года на первую в мире паровую машину) приготовление пара происходило вне его цилиндра в отдельном котле, и Томас Ньюкомен, который в 1705 году изобрел паровую насос с цилиндром и поршнем, а также известный российский изобретатель-самоучка и механик Иван Иванович Ползунов, создавший к 1766 году новую на то время паровую машину [1, 5]. Далее в 1768 году патент на первый паровой двигатель с конденсатором (охладителем пара) получает выдающийся английский механик Джеймс Уатт (1736-1819 гг.). Шли годы и в 1784 году Дж. Уатт, работая над усовершенствованием машины Т. Ньюкомена, построил универсальный **паровой двигатель**, пригодный для широкого промышленного использования в ткацкой и машиностроительной технике (рис. 1). В данном двигателе Дж. Уаттом был применен так называемый кривошипно-шатунный механизм, преобразовывающий возвратно-поступательное движение поршня рабочего цилиндра, обусловленное водяным паром, во вращательное движение колеса [5, 6]. Применив этот двигатель, Дж. Уатт для потребностей металлообработки создал первый паровой молот. Следует заметить, что после этих изобретений Дж. Уатта мировое развитие тепловых машин пошло стремительными темпами. Укажем, что серьезные изменения в тепловые машины Дж. Уатта были вне-

© М.И. Баранов

сены лишь в середине 19-го столетия английским изобретателем Д Несмитом (1808-1890 гг.) [1, 5]. К 1843 году он создал кузнечный молот, в котором паровая машина и ударник были объединены в один механизм (рис. 2) [1, 6].

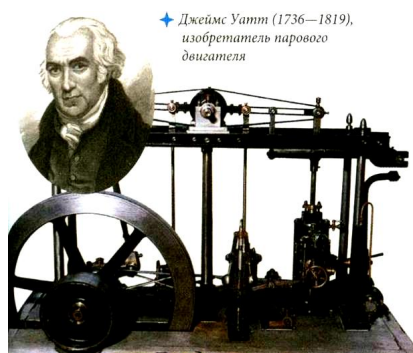


Рис. 1. Первый паровой двигатель выдающегося английского механика и изобретателя Джеймса Уатта [1]

Отметим, что паровой молот Д Несмита произвел, образно говоря, техническую "революцию" в области машиностроения. Этот вид кузнечного оборудования с использованием парового двигателя в 19-ом веке получил широкое внедрение по всему миру [1, 6].

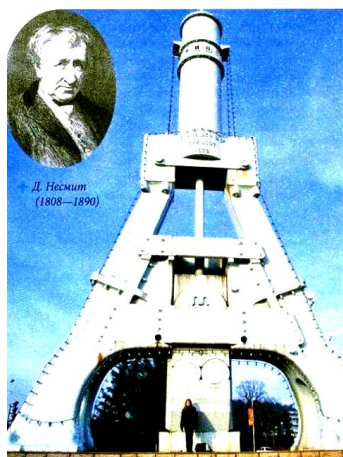


Рис. 2. Мощный паровой молот разработки конца 19-го века известного английского изобретателя Джеймса Несмита [1]

Поэтому можно обоснованно считать, что исторически все машины практически пришли к нам из горной, текстильной и металлообрабатывающей индустрий, использующих силу горячего водяного пара.

2. ИЗОБРЕТЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Поскольку возможности *парового двигателя* были ограниченными, а его энергетические показатели не высокими (при низком КПД, не превышающем 10 %, он был к тому же еще и громоздким), то изобретатели всего мира продолжали поиски более эффективных двигателей, использующих иные, чем горячий пар источники энергии. История создания двигателя внутреннего сгорания (ДВС) уходит своими корнями к началу 19-го столетия [7]. В 1801 году французский инженер Филипп Лебон (1769-1804 гг.) получил патент на конструкцию *газового двигателя*, работающего на сгорании в камере открытого им светильного газа и который можно считать плавным переходом от

парового двигателя к ДВС [8]. Реализовать ему самому этот переход, к нашему большому сожалению, не удалось из-за своей трагической гибели в 1804 году. Необходимо отметить, что в газовом двигателе Ф. Лебона уже имелись камера смешивания и два компрессора (один для подачи в эту камеру сжиженного воздуха, а другой – для подачи в нее сжиженного светильного газа от газогенератора) [8]. После указанного смешивания этих газов образовавшаяся газоздушная смесь поступала в рабочий цилиндр двигателя, где вспыхивала и выделяла энергию, приводящую его поршень в движение. Далее, в 1860 году бельгийский механик Жан Этьен Ленуар (1822-1900 гг.) построил оригинальный газовый двигатель, в котором воспламенение в его рабочей камере горючей смеси происходило при помощи электрической искры [7, 9]. Так на свет впервые появился первый двухтактный **двигатель внутреннего сгорания** (рис. 3), который был прост в эксплуатации, имел небольшие габаритные размеры и вес. Однако, из-за своего низкого КПД (не более 5 % [9]) он не получил широкого коммерческого успеха и технического применения. В истории техники Ж.Э. Ленуар оказался лишь одним из тех людей, кто приближал прогресс на нашей планете и не получал при этом, как правило, ни славы, ни денег [9].



Рис. 3. Первый двухтактный ДВС известного бельгийского изобретателя Жан Этьен Ленуара (модель 1862 года) [9]

В дальнейшем за усовершенствование этого типа ДВС (двигателя Ленуара) взялся известный немецкий инженер Николаус Август Отто (1832-1891 гг.), который вскоре довел его КПД до 15 %. Этот показатель превосходил КПД самых лучших паровых машин того времени. В 1866 году Н.А. Отто получил патент на двухтактный ДВС, работающий на светильном газе (рис. 4) [10, 11]. Главная техническая находка ("изюминка") Н.А. Отто заключалась в том, что в конструкции этого двухтактного газового двигателя с кривошипно-шатунным механизмом химическая энергия сгоревшего в его цилиндре газообразного топлива использовалась с наибольшей на то время полнотой. В 1867 году этот двухтактный двигатель получил золотую медаль на парижской Всемирной ярмарке [11].

Но самым революционным шагом в мировом двигателестроении стало очередное изобретение окрыленного первым успехом Н.А. Отто четырёхтактного цикла работы двигателя ("цикла Отто": впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск), сделанное им в 1876 году и которое и поныне лежит в основе работы подавляющего большинства ДВС [11]. Благодаря этому циклу двигатель Отто стал в пять раз экономичнее двигателя Ленуара [10]. К 1897 году двигателестроительной компанией "Отто и Ко" было выпущено до 42 тысяч таких ДВС разной мощности (рис. 5). Более массовое производство запатентованного Н.А. Отто четырёхтактного ДВС сдержи-

валось отсутствием на то время в промышленно развитых странах необходимых мощностей для производства светильного газа.

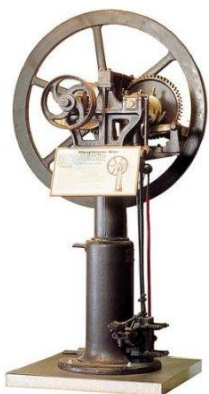


Рис. 4. Музейный экспонат первого двухтактного ДВС известного немецкого изобретателя-механика Н.А. Отто [11]

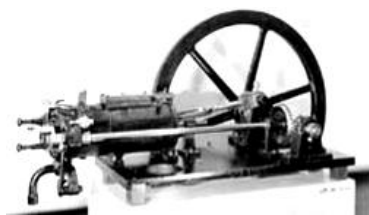


Рис. 5. Музейный экспонат первого четырехтактного ДВС известного немецкого инженера-механика Н.А. Отто [11]

В этой связи в мире активно искали новые виды горючего для ДВС. Некоторые изобретатели пытались применить в качестве газа для ДВС пары жидкого топлива. Еще в 1872 году американский инженер Дж. Брайтон пытался использовать в этом качестве керосин. Однако керосин плохо испарялся и тогда Дж. Брайтон перешёл к более лёгкому нефтепродукту – бензину [10]. Для того, чтобы ДВС на жидком топливе мог успешно конкурировать с газовым двигателем, необходимо было создать специальное устройство для испарения бензина, получения горючей смеси из этого топлива и воздуха и ее подачи в камеру ДВС.

Дальнейший прогресс в мировом двигателестроении был связан с такими весьма известными в современном автомобильном мире именами немецких инженеров-механиков как Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах (рис. 6), прославившимися созданием в конце 19-го века работоспособного бензинового ДВС [10].



Рис. 6. Известные немецкие изобретатели в области двигателестроения Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах [10]

Следует указать, что процесс испарения жидкого топлива в первых бензиновых двигателях указанных немецких изобретателей оставлял желать лучшего. Их одноцилиндровый бензиновый ДВС от 1885 года, со-

державший вертикально установленный в рабочем цилиндре поршень и рядом расположенный упрощенный смеситель-дозатор в его топливной системе, был компактным, легким и одновременно достаточно мощным для того, чтобы двигать пассажирский экипаж. Считается, что именно этот ДВС является прототипом современного **бензинового двигателя** с вертикальными рабочими цилиндрами и топливом, вводимым в его камеру сгорания уже через карбюратор [9].

Заметим, что карбюратором (это слово происходит от французского слова "carbureteur" – "смеситель-дозатор" [4]) называется устройство, предназначенное для внешнего смесеобразования горючей смеси (из топлива и воздуха) в топливной системе ДВС, работающего на легком жидком топливе (например, на бензине, керосине и др. видах топлива). Изобретение карбюратора стало важным этапом в двигателестроении. Создателем его считается венгерский инженер Донатан Банки [10]. Только в 1893 году он получил патент на карбюратор с жиклёром, который стал прообразом для всех карбюраторов. На рис. 7 приведен внешний вид современного карбюратора. Укажем, что Д. Банки в своем патенте предлагал не испарять бензин, а подавать его в рабочий цилиндр в распыленном жиклёром состоянии. Испарение же по его идее должно протекать в самом цилиндре под действием температуры и давления. Распыливание струи бензина происходило в потоке воздуха, причём количество всасываемого топлива было пропорционально секунднему расходу воздуха. Отметим, что в бензиновых карбюраторных ДВС нормальная горючая смесь обычно состоит по массе примерно из 15 частей воздуха и 1 части паров бензина. Двигатель может работать как на обеднённой горючей смеси (пропорция «воздух-топливо» равна 18:1), так и обогащенной смеси (указанная пропорция составляет 12:1) [10, 11].



Рис. 7. Общий вид современного карбюратора для ДВС [10]

Слишком "богатая" или слишком "бедная" топливная смесь вызывает резкое уменьшение скорости ее сгорания в камере ДВС и поэтому такая горючая смесь не может обеспечить нормального протекания процесса ее сгорания. Укажем, что кроме карбюраторного метода смесеобразования для ДВС существует и другой способ подготовки горючей смеси, основанный на впрыске бензина во впускной коллектор или непосредственно в рабочие цилиндры двигателя при помощи распыляющих форсунок (инжектора) [9].

Подытоживая в этом разделе, можно констатировать, что изобретение ДВС было выдающимся событием в истории человечества. Главную заслугу в его изобретении нужно разделить между несколькими людьми: Ж.Э. Ленуаром, Н.А. Отто и Г. Даймлером. Причем, из всех этих людей инженер-механик Н.А. Отто сделал самый значительный вклад (рис. 8) [10].



Рис. 8. Основные создатели первых в мире работоспособных ДВС – бельгийский инженер Ж.Э. Лемуар (слева) и немецкий механик-изобретатель Н.А. Отто (справа) [10, 11]

Двигатель Ж.Э. Лемуара (рис. 3) по сути своей не был ни достаточно мощным, ни достаточно эффективным для того, чтобы приводить, например, автомобиль в движение. Двигатель же Н.А. Отто (рис. 4, 5) обеспечивал все необходимые для этого технические параметры. Поэтому именно немецкий инженер-механик Н.А. Отто является одним из истинных создателей ДВС, в котором химическая энергия используемого в нем жидкого или газообразного углеводородного топлива, сгорающего в рабочей камере высокого давления этого вида тепловой машины, преобразуется в механическую работу быстро вращающегося металлического коленчатого вала двигателя. На рис. 9 представлен общий вид современного мощного ДВС.



Рис. 9. Внешний вид современного поршневого ДВС [12]

Из рис. 3-5 и 9 и данных из [6-12] видно, что как далеко по конструкции и своим техническим характеристикам "ушли" вперед современные ДВС различного типа (например, бензиновые карбюраторные, бензиновые инжекторные, дизельные, газовые, газодизельные и роторно-поршневые [10]) в сравнении с первыми конструкциями двигателей этого вида. Причем, "ушли" в технологии изготовления, эффективности и мощности ДВС, но не по своим неизменным до наших дней рабочим тактам ("циклу Отто"), которые так изменили нас и весь наш мир (рис. 10).

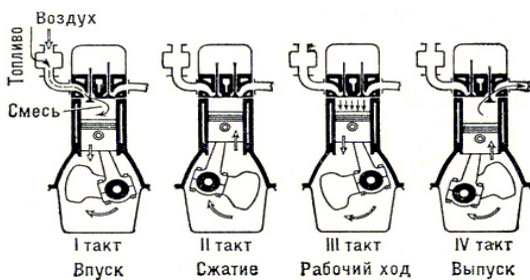


Рис. 10. Схематическое изображение рабочего цикла современного четырехтактного карбюраторного ДВС [12]

Если первые ДВС имели мощность не более 5 л.с. (до 3,7 кВт), то в настоящее время максимальная

мощность четырехтактного карбюраторного ДВС уже составляет до 800 л.с. (до 590 кВт) [12]. Современные авиационные поршневые двигатели с непосредственным впрыском авиабензина и искровым зажиганием их горючей смеси развивают мощность до 1500 л.с. (до 1100 кВт). Заметим, что в конце сгорания горючей смеси давление в рабочем цилиндре карбюраторного ДВС может достигать до 60 атм, а температура – до 2200 °С [12]. Кроме того, рабочий цикл современного карбюраторного ДВС, осуществляемый за 4-е хода поршня диаметром не более 150 мм (при его большем диаметре возрастает склонность к детонации горючей смеси [10]), может быть осуществлен при большой частоте вращения коленчатого вала двигателя (от 3000 до 7000 об/мин). Что касается ДВС гоночных автомобилей и мотоциклов, то их валы могут развивать скорость вращения в 15000 об/мин и более [12].

Важным практическим применением ДВС является их использование, прежде всего, для приведения в движение разных автомобилей. Следует особо подчеркнуть, что энергетическим "сердцем" 99,9 % всех современных автомобилей при их общем количестве в сотни миллионов штук, несмотря на сильное влияние электрификации во многих промышленных отраслях и на автотехнику, по-прежнему остается ДВС [12].

3. ИЗОБРЕТЕНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Хотя этот вид двигателя и относится к ДВС, однако учитывая его важность, прогрессивность и широкую распространенность в современном обществе, будет разумным и целесообразным выделить нам краткую историю его создания в отдельный раздел. Изобретателем этого типа двигателя оказался выдающийся немецкий инженер-механик Рудольф Дизель (1858-1913 гг.) [13]. Для всех нас, работающих в технической сфере, и по сей день, интересны мысли Р. Дизеля по поводу изобретательской деятельности инженера [13]: *"Изобретение никогда не было лишь продуктом творческого воображения: оно представляет собой результат борьбы между отвлеченной мыслью и материальным миром. Изобретателем истории техники считает не того, кто с той или иной степенью определенности высказывал раньше подобные же мысли и идеи, а того, кто осуществил свою идею, мелькнувшую, может быть, в уме множества других людей"*. Этот творческий человек с широким кругозором и отмеченным выше философским миропониманием технической сферы в конце 19-го столетия предложил новый принцип построения ДВС, базирующийся на законах классической физики. В двигателе Дизеля (*дизельном двигателе*) сильно сжимаемая воспламеняющаяся смесь жидкого углеводородного топлива с воздухом, содержащим по массе в своем составе до 21 % кислорода (окислителя топлива), вспыхивает без инициирующей электрической искры. Напомним, что, например, в современном карбюраторном бензиновом ДВС для инициирования процесса сгорания топлива в рабочем цилиндре двигателя применяется электрическая искра от ввинчиваемой в головку рабочего цилиндра свечи, на коаксиальные металлические электроды которой в определенный момент времени рабочего цикла подается высокое импульсное электрическое напряжение величиной до 15 кВ [12]. Для работающего дизельного двигателя необходимости в подобной электрической ис-

кре нет. Связано это с тем, что при сильном сжатии поршнем цилиндра мелкодисперсной горючей смеси в дизельном ДВС резко повышается ее температура, которая оказывается достаточной для самовоспламенения этой смеси. Принцип построения ДВС, предложенный и запатентованный им в 1892 году (рис. 11), позволил упростить работу ДВС, повысить надежность его функционирования и создать в будущем мощные ДВС для таких транспортных средств как тепловозов, речных и морских надводных и подводных кораблей [12].



Рис. 11. Патент № 67207 Германии, выданный 23.02.1893 г. выдающемуся немецкому инженеру-механику Р. Дизелю на названный в его честь дизельный двигатель [13]

Начинал в конце 19-го века выдающийся немецкий инженер-механик Р. Дизель свои воплощенные в "металл" оригинальные технические разработки с одноцилиндровых ДВС малой мощности (рис. 12) [13].

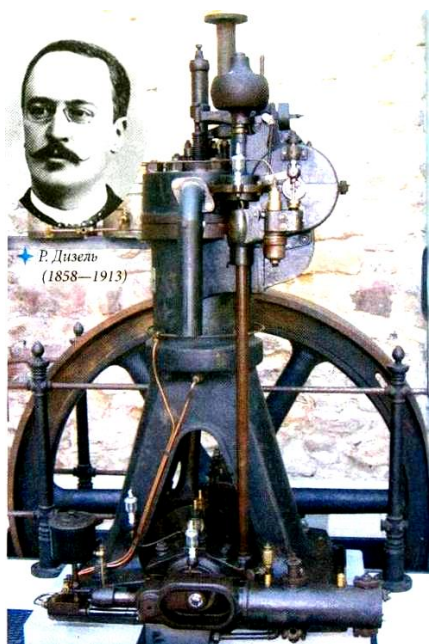


Рис. 12. Первый стационарный одноцилиндровый дизельный двигатель типа DM-12 мощностью 12 л.с. (около 9 кВт) разработки 19-го столетия выдающегося немецкого изобретателя Р. Дизеля (Германия, г. Аугсбург, 1893 год) [13]

В 1897 году Р. Дизелем (рис. 13) был создан двигатель с вертикальным цилиндром мощностью 20 л.с. (около 15 кВт), имевший термический КПД, равный около 29 %. Расход топлива (керосина) в нем составлял до 260 г на 1 л.с. в час [14]. Этот двигатель являлся самым лучшим силовым агрегатом того времени.



Рис. 13. Создатель первого в мире одноцилиндрового дизельного двигателя, выдающийся немецкий ученый, доктор-инженер и изобретатель Рудольф Дизель [14]

Отметим, что сейчас топливо в *дизельном двигателе* впрыскивается в его рабочий цилиндр под высоким давлением (как правило, при его уровне от 100 до 300 атм) через форсунку в строго определенный момент, соответствующий недоходу поршня до своей верхней мертвой точки (рис. 10). Горючая смесь образуется непосредственно в его цилиндре по мере впрыска дизельного топлива. Поэтому дизель является ДВС с внутренним смесеобразованием. Движение поршня внутри цилиндра вызывает нагрев и последующее воспламенение топливоздушной смеси (коэффициент сжатия при этом в цилиндре может достигать до 21). КПД современного дизельного двигателя достигает до 35 % (при использовании в нем турбонаддува он доходит до 44 %) [13]. Дизельные двигатели являются низкооборотными и характеризуются высоким значением вращающего момента на коленчатом валу двигателя. Дополнительным преимуществом дизельного двигателя является то, что, в отличие от двигателей с принудительным зажиганием их горючей смеси, он при работе не нуждается в электрическом поджиге своей горючей смеси (в автомобильных дизельных двигателях бортовая электрическая система используется только на этапе его первоначального запуска) и, как следствие этого, он менее "боится" попадания в него воды. Заметим, что первые образцы дизельного двигателя в мастерской Р. Дизеля работали на угольной пыли. Позже из-за высоких абразивных свойств как самой этой пыли, так и золы, получающейся при сгорании в рабочем цилиндре угольной пыли, перешли на использование в дизелях тяжелых нефтяных фракций [14]. В 1900 году на Всемирной торгово-промышленной выставке в г. Париже двигатель Дизеля получил Гран-при. С 1908 года Р. Дизель приступил к созданию дизельного двигателя, пригодного для работы в составе автомобиля. Первые попытки такой разработки оказались безуспешными. Трагическая гибель Р. Дизеля на море, произошедшая 29 сентября 1913 года, прервала все его эти работы.

Дальнейшей работой над дизельным мотором занялся инженер Проспер Леранж, работавший на немецком заводе "Benz & Cie". В 1909 году он получил патент на дизельный двигатель с предкамерой [14]. В 20-е годы 20-го века немецкий инженер Роберт

Бош усовершенствовал для дизеля встроенный топливный насос высокого давления, который широко применяется и в наше время. Эти усовершенствования и открыли "дорогу" *дизельному двигателю* на автомобильный рынок. Первый грузовик, оснащенный дизельным двигателем, был выпущен в Германии в 1923 году. Это был 5-ти тонный "Benz 5K3", в котором был установлен 4-х цилиндровый дизельный двигатель с предкамерой объемом 8,8 л [14]. Он развивал мощность до 50 л.с. (около 37 кВт) при скорости вращения вала в 1000 об/мин. Дизельные двигатели получили сейчас широкое распространение в мире и, в первую очередь, на железной дороге и в судостроении. Например, локомотивы (тепловозы), использующие дизельный двигатель, являются основным видом транспорта на неэлектрифицированных участках железной дороги. Они конкурируют с электровозами за счёт своей автономности, перевоза при этом, к примеру, в Российской Федерации до 40 % грузов и пассажиров и выполняют до 98 % маневровой работы на дороге [14]. Сейчас редкая модель ДВС представляется на коммерческом рынке двигателей без дизельной модификации. Архивно-исторические данные свидетельствуют о том, что создатель этого силового агрегата Рудольф Дизель шел к своему техническому открытию весьма тернистым путем, упорно преодолевая постоянные трудности и недоверие окружающих. Кстати, разработанная им инженерная теория ДВС стала основой для создания современных двигателей с воспламенением смеси от сжатия – *дизелей* [14].

На рис. 14 представлены внешние виды современных дизельных двигателей, широко используемых в качестве силовых агрегатов автомобилей и судов.



Рис. 14. Внешние виды автомобильного (слева без турбонаддува) и судового (справа с турбонаддувом) мощных дизельных двигателей разработки конца 20-го столетия [14, 15]

Для связи времен и поколений отечественных дизелестроителей укажем, что в конце 2011 года в НТУ "ХПИ" прошло торжественное собрание научно-технической общественности, посвященное 100-летию дизелестроения в Украине [16]. Вызвано это было тем закономерным фактом, что история дизелестроения нашей страны неразрывно связана с Харьковским практическим технологическим институтом, основанным в 1885 году, и нынешним его правопреемником НТУ "ХПИ". Именно в стенах этого харьковского высшего учебного заведения была основана украинская школа дизелестроения под научным руководством разработчика первых отечественных дизелей и первого заведующего кафедрой ДВС в ХПИ и ХАИ, д.т.н., проф. В.Т. Цветкова. Здесь следует отметить и тот немаловажный факт, что среди прославив-

шихся выпускников-механиков ХПИ в области авиадвигателей и дизелестроения был основатель и генеральный конструктор широко известного во всем мире Запорожского машиностроительного конструкторского бюро "Прогресс" Александр Георгиевич Ивченко. Отметим, что в настоящее время кафедра ДВС НТУ "ХПИ" под руководством ее нынешнего заведующего, проректора этого университета по науке, лауреата Государственной премии Украины в области науки техники, д.т.н., проф. А.П. Марченко успешно продолжает дальнейшее развитие необходимого нашему обществу двигателестроения в Украине [17].

4. ИЗОБРЕТЕНИЕ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Неутомимые изобретатели мира продолжали и продолжают искать альтернативу традиционному ДВС. Одним из них оказался выдающийся немецкий механик-самоучка Феликс Генрих Ванкель (1902-1988 гг.) [15, 18]. Еще в молодости Ф.Г. Ванкель (рис. 15) понял, что все четыре такта работы обычного ДВС (впрыск, сжатие, сгорание и выхлоп) можно осуществить при круговом вращении ротора-поршня. В 1934 году он создал первый опытный образец *роторно-поршневого двигателя* (РПД) и получил на него патент [15]. В это время он сконструировал новые клапаны и камеры сгорания для своего экзотического мотора, создал несколько различных вариантов его исполнения и разработал классификацию кинематических схем различных РПД [18]. Понадобились десятилетия для доводки и производства этого типа ДВС.



Рис. 15. Выдающийся немецкий изобретатель современных ДВС роторно-поршневого типа – Феликс Ванкель с трехвершинным ротором своего оригинального двигателя [15]

Только в 1957 году первый РПД был установлен немецкой компанией "NSU Motorenwerke AG" на автомобиль марки "Prinz" [15]. Испытаний этот РПД типа DKM-54 тогда не выдержал, но доказал свою принципиальную работоспособность, открыл направления для своей дальнейшей доработки и продемонстрировал колоссальный потенциал "роторников". В чем же заключается принципиальное отличие РПД от обычного ДВС? В том, что в РПД применен вращающийся ротор (поршень), размещенный внутри цилиндра, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде (рис. 16) [15, 18]. Установленный на валу треугольный ротор жестко соединён с зубчатым колесом, которое входит в зацепление с неподвижной шестерней. Ротор с зубчатым колесом как бы обкатывается вокруг этой шестерни. Его (ротора) треугольные грани при этом скользят по внутренней эпитрохоидальной поверхности цилиндра и отсекают переменные объёмы камер сжатия и расширения смеси в рабочем цилиндре РПД.



Рис. 16. Внешний вид роторно-поршневого двигателя Ванкеля с разобраным овальным цилиндром этого ДВС [15]

Подобная конструкция РПД с искровым зажиганием позволяет осуществить 4-х тактный цикл без применения специального механизма газораспределения в цилиндре. Герметизация камер в этом двигателе обеспечивается радиальными и торцевыми уплотнительными пластинами, прижимаемыми к цилиндру центробежными силами, давлением газа и ленточными пружинами. Смесеобразование, зажигание, смазка, охлаждение и запуск в РПД принципиально такие же, как и у обычного поршневого ДВС [15, 18]. Таким образом, функцию поршня в РПД выполняет трехвершинный ротор, преобразующий силу давления газов от сгорания горючей смеси во вращательное движение эксцентрикового вала. Движение ротора относительно статора (наружного корпуса цилиндра) обеспечивается парой шестерен, одна из которых закреплена на роторе, а вторая на боковой крышке статора (цилиндра). За полный оборот трехвершинного ротора в каждой из камер двигателя совершается полный четырехтактный цикл. Газообмен регулируется вершиной ротора при прохождении ее через впускное и выпускное окна. Крутящий момент в РПД получается в результате действия газовых сил через трехгранный ротор на эксцентрик вала. Повышенный интерес к РПД в 70-х годах прошлого века был вызван их следующими существенными потенциальными преимуществами по сравнению с обычными поршневыми двигателями сравнимого класса по мощности [18]: 1) меньшим на 35-40 % общим количеством деталей; 2) меньшим удельным весом при одинаковых материалах и соответственно габаритным объемом; 3) меньшей стоимостью; 4) плавностью работы в результате отсутствия возвратно-поступательно движущихся частей; 5) возможностью потребления низкооктанового бензина; 6) более низким уровнем шумов и вибраций. Отметим, что автомобилестроительным компаниям США, Японии и ряда европейских стран в результате длительно проделанной ими огромной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы удалось решить многие сложные технические задачи на пути создания работоспособного надежного РПД и выйти в настоящее время на этап промышленного производства этого типа двигателей [15, 18]. При этом нам не следует забывать и об основных недостатках РПД [18]: 1) неэффективный процесс сгорания горючей смеси в камере цилиндра и связанный с этим повышенный расход топлива и уровень токсичности отработанных газов; 2) высокий расход масла для смазки его трущихся частей; 3) невоз-

можность его выпуска на производственных площадях, предназначенных для производства традиционных ДВС; 4) переход на выпуск РПД требует замены подавляющего большинства технологического оборудования в цехах.

5. ИЗОБРЕТЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Считается, что первый работоспособный образец *электрического двигателя* (ЭД) с круговым вращением вала якоря появился в 1834 году. Его создателем является известный российский электротехник Борис Якоби (1801-1874 гг.) [3, 19, 20]. В 1860 году итальянским изобретателем Антонио Пачинотти (1841-1912 гг.) был построен ЭД постоянного электрического тока с коллектором [19, 20]. Принцип работы ЭД заключается во взаимодействии магнитных полей его якоря и статора, содержащих распределенные вдоль их круговых периметров электромагниты (рис. 17).

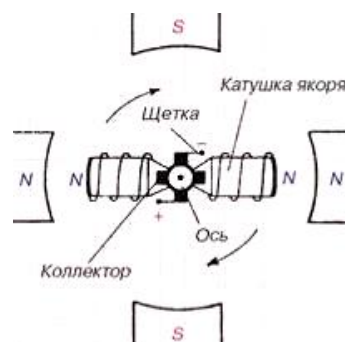


Рис. 17. Упрощенная схема построения и работы ЭД [21]

При подведении электрического тока через графитовые щетки и коллектор к многовитковым катушкам круглого якоря, размещенного на подшипниках внутри статора ЭД, электродинамическое взаимодействие образующихся магнитных полей катушек якоря и ранее существовавшего магнитного поля электромагнитов статора вызывает появление вращающегося момента на валу якоря. Отключение электрического тока катушек якоря ЭД приводит к остановке якоря и соответственно вала двигателя. Укажем, что 1867 год ознаменовался открытием принципа самовозбуждения в электрических машинах, сделанным видным немецким электротехником и изобретателем Вернером Сименсом (1816-1892 гг.). Это дало возможность заменить в ЭД стальные магниты на электромагниты. В 1869 году двигатель Пачинотти был усовершенствован французским изобретателем Зенобом Граммом (1826-1901 гг.), который создал кольцевой якорь из шихтованного железа (из плотно прилегающих друг к другу тонких металлических пластин) [3, 19]. Позже в 1873 году немецкий электротехник Фридрих Хефнер-Альтенек (1845-1904 гг.) данный якорь заменил на барабанный, существенно упростивший конструкцию ЭД и заметно увеличивший его мощность [3, 19]. Важный физико-технический прорыв в области электрических машин был совершен гениальным хорватско-американским электротехником Николой Тесла (1856-1943 гг.), открывшим в 1888 году явление вращающегося магнитного поля [3, 19]. Это привело к созданию им серии многофазных (в большей части двухфазных) электродвигателей. В 1890 году выдающимся немецко-российским электротехником Михаилом Доливо-Добровольским (1862-1919 гг.) был изоб-

ретен трехфазный асинхронный ЭД переменного тока, содержащий короткозамкнутую обмотку якоря и распределенные по статору фазные обмотки [19, 20]. Поэтому можно обоснованно говорить о том, что к концу 19-го века в мире появились первые промышленные образцы ЭД. С появлением в 1870 году надежного источника постоянного электрического тока в виде кислотной аккумуляторной батареи их (электродвигатели) сразу стали устанавливать на боевые подводные лодки во многих странах [21]. Далее ЭД нашли широкое применение в машиностроительной и металлообрабатывающей отраслях промышленности, авиационной, ракетной и бытовой технике и на транспорте. На рис. 18 приведен общий вид современного ЭД типа FIMET.

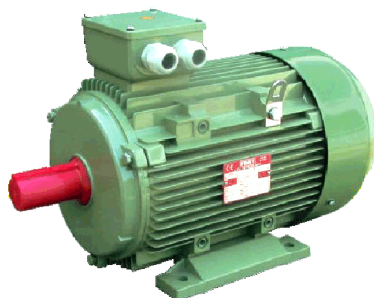


Рис. 18. Внешний вид современного общепромышленного электродвигателя типа FIMET мощностью до 11 кВт [22]

Нам следует констатировать, что одним из важных достижений в области науки и техники конца 19-го века стало изобретение *электродвигателя*, преобразующего электрическую энергию постоянного или переменного тока якоря и статора в механическую энергию быстро вращающегося (до нескольких тысяч оборотов в минуту) металлического вала ЭД. Сейчас это удобное и экономичное электротехническое устройство различной мощности стало важнейшим элементом во всех сферах человеческой деятельности, начиная с производства и заканчивая бытом людей.

6. ИЗОБРЕТЕНИЕ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Газотурбинный двигатель (ГТД) или как его еще иначе называют *турбореактивный двигатель* (ТРД) является тепловым двигателем, в котором газ сжимается и нагревается, а затем энергия сжатого и разогретого газа преобразуется в механическую работу на осевом валу газовой турбины [23]. В отличие от поршневого двигателя, в ГТД все газодинамические процессы происходят в потоке быстро движущихся газов. Сжатый атмосферный воздух из компрессора высокого давления поступает в камеру сгорания ГТД (рис. 19), в которую подается топливо. Сгорая, это топливо образует большое количество газообразных продуктов сгорания, вращающих под высоким давлением турбину ГТД и вырывающихся из его сопла.

В качестве топлива ГТД (рис. 20) могут использоваться любые горючие вещества, которые можно диспергировать: бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, природный газ, судовое топливо, спирт и измельченный уголь. ГТД (ТРД) имеют самую большую удельную мощность среди ДВС (до 6 кВт/кг) [23].

Турбина ГТД реактивного самолета вращается со скоростью до 10^4 об/мин [23]. Чем выше в ГТД температура сгорания его топлива, тем выше КПД такого двига-

теля. Поэтому в ГТД применяются жаропрочные материалы (спецстали, никель, керамика и др.), а его детали в горячей зоне оснащены системами охлаждения и содержат термобарьерные покрытия. На боевых сверхзвуковых самолетах между турбиной и соплом ГТД обычно устанавливается форсажная камера (рис. 21), в которой сжигается дополнительное горючее.

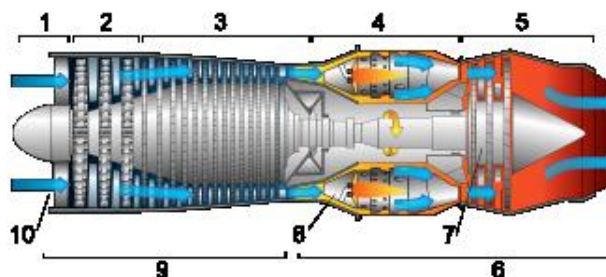


Рис. 19. Схематическое построение газотурбинного двигателя в его продольном разрезе (1 – заборник воздуха; 2 – компрессор низкого давления; 3 – компрессор высокого давления; 4 – камера сгорания; 5 – расширитель рабочего тела в турбине и сопле; 6 – горячая зона; 7 – турбина; 8 – зона входа первичного воздуха в камеру сгорания; 9 – холодная зона; 10 – входное устройство воздухозаборника) [23]



Рис. 20. Внешний вид американского турбореактивного двигателя типа GEJ85 (в продольном разрезе) производства компании "General Electric" (США) [23]



Рис. 21. Форсажная камера американского турбореактивного двигателя типа GEJ79 (вид со стороны сопла двигателя) производства компании "General Electric" (США) [23]

Из данных рис. 21 видно, что в торце форсажной камеры ТРД находится стабилизатор горения диспергированного горючего с установленными на нём топливными форсунками, за которым находится турбина рассматриваемого двигателя. Применение форсажной камеры обеспечивает увеличение тяги в ГТД до 50 %, но расход топлива при этом резко возрастает. Отметим, что ТРД большинства боевых самолетов, летающих на сверхзвуковых скоростях, оборудуются регулируемыми направлением вектора тяги соплами (рис. 22). Укажем и то, что для реактивных самолетов мира 4-го поколения (например, для МиГ-29, Су-27 и F-16) температура сжатого газа перед турбиной ГТД (например, для типа РД-33, АЛ-31Ф и F-404) составляет до 1400 °С, а степень его сжатия достигает 25 [23].



Рис. 22. Внешний вид регулируемого сопла советского форсированного турбореактивного двигателя типа АЛ-21 [23]

С учетом огромных термодинамических нагрузок, действующих на элементы ГТД, рабочие лопатки его турбины, начиная с 4-го поколения, выполняются из охлаждаемых монокристаллических сплавов [23].

7. ИЗОБРЕТЕНИЕ ТУРБОВИНТОВОГО И ТУРБОВЕНТИЛЯТОРНОГО ДВИГАТЕЛЕЙ

В *турбовинтовом двигателе* (ТВД), являющемся одной из разновидностью ГТД, основное тяговое усилие обеспечивает впереди расположенный воздушный многолопастный винт (рис. 23), соединённый через редуктор с осевым валом турбокомпрессора ТВД [23]. ТВД более экономичны на малых скоростях полёта чем ГТД и поэтому они широко используются для самолётов, имеющих большую грузоподъёмность и дальность полёта. При этом крейсерская скорость самолётов гражданской и военной авиации, оснащённых ТВД, составляет от 600 до 800 км/ч [23]. С ростом скорости полёта самолета эффективность воздушного винта в ТВД уменьшается. В этой связи чаще всего ТВД применяется в авиации, обслуживающей местные воздушные перевозки людей и грузов.



Рис. 23. Внешний вид российского натурального образца современного мощного турбовинтового двигателя [23]

Турбовентиляторный реактивный двигатель (ТВРД) является подвидом ТРД с высокой степенью двухконтурности. В ТВРД (рис. 24) компрессор низкого давления преобразуется в вентилятор, отличающийся от подобного компрессора меньшим числом ступеней и большим диаметром. В ТВРД горячая струя газов практически не смешивается с холодной.

Главным достоинством ТВРД является их высокая экономичность. Основные недостатки – большие масса и габариты [23]. Область применения таких двигателей – дальне- и среднемагистральные коммерческие авиалайнеры и военно-транспортная авиация.

8. ИЗОБРЕТЕНИЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ракетный двигатель (РД) является на сегодня практически единственным типом двигателя, хорошо освоенным специалистами ракетно-космической отрасли для вывода полезной нагрузки на орбиту искус-

ственных спутников Земли и применения в условиях безвоздушного космического пространства [24]. Сила тяги в РД (рис. 25) возникает в результате преобразования исходной энергии топлива в кинетическую энергию реактивной струи и самого рабочего тела ракеты. В зависимости от вида энергии, преобразующейся в кинетическую энергию реактивной струи и рабочего тела, различают химические ракетные двигатели, ядерные (термоядерные) ракетные двигатели и электрические ракетные двигатели [24]. Наиболее распространенным химическим РД является *жидкостный ракетный двигатель* (ЖРД), в котором на основе экзотермической химической реакции горючего и окислителя, именуемых вместе топливом, образующиеся продукты их сгорания нагреваются в камере сгорания РД до высоких температур и при своем расширении разгоняются в сверхзвуковом сопле этого РД и далее с огромной скоростью истекают из него.



Рис. 24. Внешний вид американского турбовентиляторного реактивного двигателя типа CFM56-5C производства компании "General Electric" (США) [23]

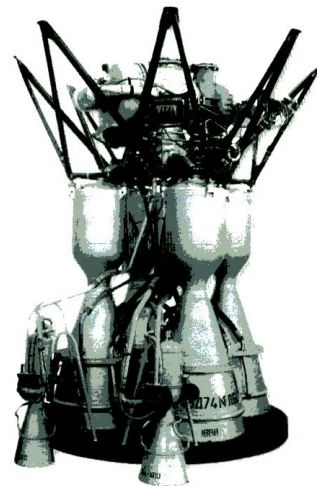


Рис. 25. Советский жидкостной ракетный двигатель типа РД-107 для космического корабля "Восток", вывевшего на околоземную орбиту в 1957 году первый в истории Земли искусственный спутник и в 1961 году первого в мире человека в космос [1, 24]

Создателями первых работоспособных ЖРД оказались выдающиеся немецкие и советские конструктора в лице Вернера фон Брауна и В.П. Глушко (рис. 26) [1, 24]. Следует указать, что созданию совершенных образцов РД предшествовала огромная работа многочисленных коллективов двигателестроителей. Отметим, что в настоящее время для ЖРД мощных

ракетоносителей в качестве горючего используется токсичный гептил, а в виде его окислителя – тетраоксид диазота (N_2O_4) [24]. На рис. 27 запечатлен старт американского многоразового космического корабля "Шаттл", использующего боковые твердотопливные ракетные двигатели (ТТРД) и маршевые ЖРД [24].



Рис. 26. Выдающийся конструктор ракетных двигателей, академик АН СССР Валентин Петрович Глушко [25]

Укажем, что удельный импульс для ЖРД (например, для типа РД-170) достигает 4500 с, а тяга составляет свыше 800 тс [24]. По совокупности этих свойств ЖРД предпочтительны в качестве маршевых двигателей ракетоносителей космических аппаратов.



Рис. 27. Старт с космодрома многоразового космического корабля "Шаттл" с тягой ТТРД свыше 1300 тс (США) [24]

На рис. 28 приведен предназначенный для полётов в земной стратосфере новый летательный аппарат (ЛА) США, работающий на скоростях до 5М (до 5500 км/ч) и имеющий прямоточный воздушный РД [25].



Рис. 28. Гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель, установленный на экспериментальном гиперзвуковом летательном аппарате NASA типа X-43 (США) [25]

9. ИЗОБРЕТЕНИЕ ЯДЕРНОГО И ТЕРМОЯДЕРНОГО РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ядерный (ЯРД) или термоядерный (ТЯРД) ракетные двигатели являются разновидностью РД, которые используют энергию деления или синтеза ядер атомов для создания в них реактивной тяги [26]. Они бывают реактивными (нагрев рабочего тела осуществляется в ядерном (термоядерном) реакторе, а вывод перегретого в них газа – через сопло РД) и импульсными (нагрев рабочего тела выполняется за счет ядерных взрывов супермалой мощности) [26]. Поэто-

му традиционный ЯРД (рис. 29) представляет собой компактную конструкцию, состоящую из малогабаритного ядерного реактора, системы подачи рабочего тела-газа (как правило, водорода [26]) и сопла РД.

Согласно [26] существуют различные конструкции ЯРД (твёрдофазные, жидкофазные и газофазные), имеющие различное агрегатное состояние ядерного топлива в активной зоне их реакторов – твёрдое, расплав или высокотемпературный газ (либо плазму). ЯРД активно разрабатывались и испытывались с середины 1950-х годов как в СССР (например, типа РД-0410), так и в США (например, типа NERVA). Подобные исследования ведутся и в настоящее время [26]. Укажем, что основу ЯРД типа РД-0410 с тягой в 3,6 тс составлял ядерный реактор типа ИР-100 с топливными элементами из твердого раствора карбида урана и карбида циркония [26]. Температура его водорода достигала 3000 К при мощности реактора до 170 МВт.

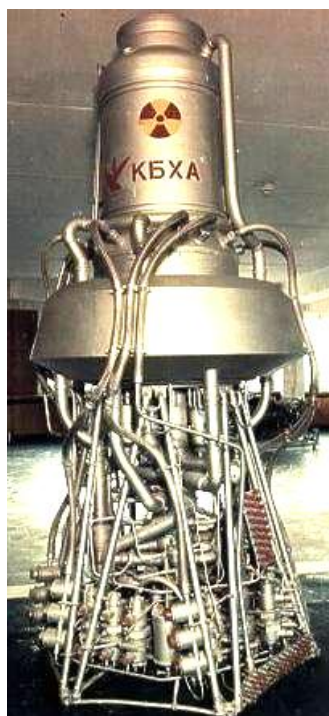


Рис. 29. Первый советский ядерный ракетный двигатель типа РД-0410, примененный в космических аппаратах [26]

10. ИЗОБРЕТЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В **электрических ракетных двигателях (ЭРД)** в качестве источника энергии для создания реактивной тяги используется электроэнергия, преобразуемая в кинетическую энергию не- и заряженных частиц [27]. ЭРД подразделяются на следующие основные виды: электростатические (плазменные и ионные), электротермические (электронагревные и электродуговые) и сильноточные (магнитоплазменные с собственным и внешним магнитным полем). Остановимся в дальнейшем вкратце лишь на плазменных и ионных ЭРД.

Плазменные двигатели. Работа этих ЭРД базируется на ускорении заряженных частиц, находящихся в квазинейтральной плазме. Поэтому рабочим телом здесь служит не сгорающее топливо, как в реактивном двигателе или ДВС, а разогнанный магнитным полем до огромных скоростей поток заряженных ионов [28]. Источником ионов в плазменном двигателе (ПД) служит

газ (как правило, им является аргон или водород). Этот газ подается в отсек ионизации ПД для получения холодной плазмы, которая разогревается в следующем его отсеке посредством ионного циклотронного резонансного нагрева. После такого нагрева высокоэнергетическая плазма подается в магнитное сопло ПД, где она вначале формируется посредством магнитного поля в направленный поток, разгоняется и затем выбрасывается в окружающую среду (рис. 30).

Основным достоинством ПД космического аппарата является его долговременное автономное функционирование в открытом космосе при относительно небольшом расходе рабочего тела [27]. ПД в космосе обеспечивается энергией от аккумуляторов, радиоизотопных генераторов или солнечных батарей космического аппарата. Сейчас такие российские и американские ПД развивают пока слабую тягу (от 30 до 50 мН или от 3 до 5 гс). Поэтому они используются только для корректировки спутниковых орбит вокруг Земли либо для медленного, но длительного ускорения небольших аппаратов непосредственно в космическом пространстве. На рис. 31 приведен общий вид советского ПД, разработанного в 1970-х годах [27].



Рис. 30. Внешний вид реактивной плазменной струи при работе в вакууме плазменного ракетного двигателя [28]



Рис. 31. Электроракетный ПД, созданный в 1971 году в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова (экспонат-установка политехнического музея, Москва) [27, 28]

Первые в мире успешные космические испытания ПД типа "Эол-1" были осуществлены в СССР в 1974 году [28]. В 1994 году ПД типа СПД-100 (при расходимости его плазменного пучка до $\pm 45^\circ$ и КПД в 50 %) был оснащен российский спутник связи "Галс-1" [28]. В качестве другого реального примера приме-

нения ПД в космосе укажем, что этот вид ЭРД типа PPS-1350, разработанный российским ОКБ "Факел", в 2003 году вывел в открытое космическое пространство с околоземной орбиты европейский зонд SMART-1, ставший в 2005 году искусственным спутником Луны [28].

Ионные двигатели. "Пионером" ионных двигателей (ИД) в мире считается американский ученый Г. Кауфман [28]. Работа ИД основывается на ускорении заряженных частиц, присутствующих в их униполярном пучке. В ИД в качестве рабочего тела может использоваться ксенон или ртуть. Принцип работы ИД, построенного по схеме Кауфмана, поясняет рис. 32. В этой схеме вначале используется ионизация рабочего тела (газа) дуговым разрядом, а затем образовавшиеся в ионизаторе ионы разгоняются электростатическим полем в ионно-оптической системе этого двигателя.

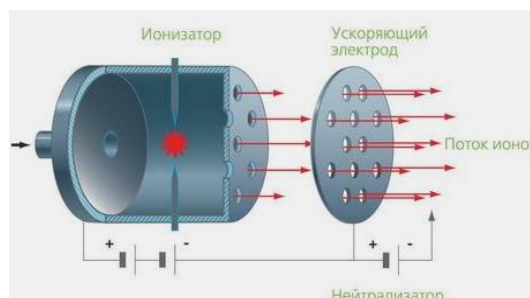


Рис. 32. Упрощенная схема построения и работы ИД [28]

Отметим, что ИД, также как и ПД, имеют на сегодня небольшую реактивную тягу, составляющую от 50 до 100 мН или от 5 до 10 гс [28]. Такой тяги недостаточно для перемещения даже небольшого ЛА в атмосфере Земли. Однако в открытом космосе, в вакууме которого практически отсутствует сопротивление, ИД при длительном разгоне космического аппарата может обеспечить ему достижение значительных скоростей. На рис. 33 представлен внешний вид действующих образцов современных российских ИД [28].

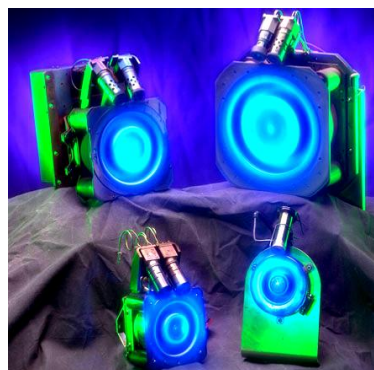


Рис. 33. Внешний вид малогабаритных действующих образцов современных российских ионных ракетных двигателей, используемых в космических исследованиях [28]

На рис. 30 и 33 хорошо видны катодные трубки, направленные в сторону сопла рассматриваемых ЭРД и предназначенные для нейтрализации электростатических зарядов в плазменно-ионных пучках ПД и ИД. На рис. 34 показан общий вид американского ИД типа NSTAT.

На рис. 35 приведен внешний вид реактивной ионной струи от американского ИД типа NSTAT в период его испытания на Земле в вакуумной камере.

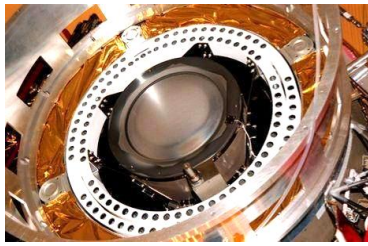


Рис. 34. Внешний вид современного американского ионного ракетного двигателя типа NSTAT, установленного в 1998 году NASA на космический зонд Deep Space 1 (США) [28]

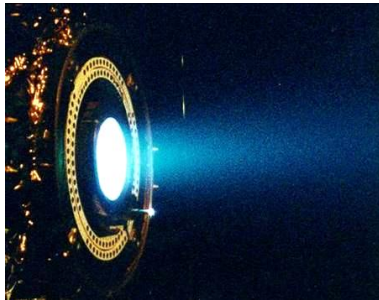


Рис. 35. Предстартовые испытания в вакууме американского ионного ракетного двигателя типа NSTAT, установленного на космическом зонде Deep Space 1 (США, 1998 год) [28]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скляренко В.М., Сядро В.В. Открытия и изобретения. – Харьков: Веста, 2009. – 144 с.
2. Климов А.А. Большая книга знаний. – Харьков: Веста, 2010. – 160 с.
3. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике: Монография в 2-х томах. Том 1. – Харьков: Изд-во "НТМТ", 2011. – 311 с.
4. Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. – М.: Русские словари, 2004. – 957 с.
5. http://www.3dnews.ru/editorial/dvizhimie_parom_istoriya_parovih_mashin.
6. <http://www.engine-market.ua/page/history>
7. <http://www.avto-okey.ru/article9.html>
8. http://ru.wikipedia.org/wiki/Лебон_Филипп
9. http://1interesnoe.info/2011/01/energeticheskie_ustanovki_dvigateli_vnutrennego_sgoraniya.
10. http://ru.wikipedia.org/wiki/История_создания_двигателя_внутреннего_сгорания.
11. http://ru.wikipedia.org/wiki/Отто_Николаус.
12. http://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_внутреннего_сгорания.
13. <http://www.dizelist.ru/index.php/istoriya-sozdaniya-biografiya-izobretatelya/14-biografiya-rudolfa-dizelya>.
14. http://www.avto.ru/review/post_11375.html.
15. http://amastecar.ru/articles/engine_car_48.shtml.
16. Самойленко Д. 100 років дизелебудування // Газета "Політехнік" №23 (2373) від 30 листопада 2011 р., 1 с.
17. Марченко А.П., Товажнянський Л.Л., Шеховцов А.Ф. та інші. Двигуни внутрішнього згорання: Том 1-6. – Харків: Прапор, 2004.
18. http://gizmod.ru/2009/06/23/motor_vankelja.
19. Храмов Ю.А. История физики. – Киев: Феникс, 2006. – 1176 с.
20. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 5: Электротехника // Электротехника і електромеханіка. – 2011. – №6. – С. 3-14.
21. http://www.submarine.itishistory.ru/1_lodka_2.php.
22. <http://www.promelmach.ru/pages/fimet/catalog/1m.pdf>.
23. http://ru.wikipedia.org/wiki/Газотурбинный_двигатель.
24. http://ru.wikipedia.org/wiki/Ракетный_двигатель.
25. <http://vakul.ru/istoriya-aviacii/nachalo-reaktivnogo-veka>.
26. http://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерный_ракетный_двигатель.
27. http://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_ракетный_двигатель.
28. <http://galspace.spb.ru/orbita/ximdv.htm>.

Bibliography (transliterated): 1. Sklyarenko V.M., Syadro V.V. Otkrytiya i izobreteniya. – Har'kov: Vesta, 2009. – 144 s. 2. Klimov A.A. Bol'shaya kniga znaniy. – Har'kov: Vesta, 2010. – 160 s. 3. Baranov M.I. Antologiya vydayushchihся dostizhenij v nauke i tehnikе: Monografiya v 2-h tomah. Tom 1. – Har'kov: Izd-vo "NTMT", 2011. – 311 s. 4. Bol'shoy illyustrirovannyj slovar' inostrannyh slov. - M.: Russkie slovari, 2004. - 957 s. 5. http://www.3dnews.ru/editorial/dvizhimie_parom_istoriya_parovih_mashin. 6. <http://www.engine-market.ua/page/history>. 7. <http://www.avto-okey.ru/article9.html>. 8. http://ru.wikipedia.org/wiki/Лебон_Филипп. 9. http://1interesnoe.info/2011/01/energeticheskie_ustanovki_dvigateli_vnutrennego_sgoraniya. 10. http://ru.wikipedia.org/wiki/История_создания_двигателя_внутреннего_сгорания. 11. http://ru.wikipedia.org/wiki/Отто_Николаус. 12. http://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_внутреннего_сгорания. 13. <http://www.dizelist.ru/index.php/istoriya-sozdaniya-biografiya-izobretatelya/14-biografiya-rudolfa-dizelya>. 14. http://www.avto.ru/review/post_11375.html. 15. http://amastecar.ru/articles/engine_car_48.shtml. 16. Samojlenko D. 100 rokiv dizelebuduvannya // Gazeta "Politehnik" №23 (2373) vid 30 listopada 2011 r., 1 s. 17. Marchenko A.P., Tovazhnyans'kij L.L., Shehovcov A.F. ta inshi. Dviguni vnutrishn'ogo zgorannya: Tom 1-6. – Harkiv: Prapor, 2004. 18. http://gizmod.ru/2009/06/23/motor_vankelja. 19. Hramov Yu.A. Istorija fiziki. – Kiev: Feniks, 2006. – 1176 s. 20. Baranov M.I. Antologiya vydayushchihся dostizhenij v nauke i tehnikе. Chast' 5: "Elektrotehnika // Elektrotehnika i elektromehaniка. – 2011. – №6. – S. 3-14. 21. http://www.submarine.itishistory.ru/1_lodka_2.php. 22. <http://www.promelmach.ru/pages/fimet/catalog/1m.pdf>. 23. http://ru.wikipedia.org/wiki/Gazoturbinnyj_dvigatel. 24. http://ru.wikipedia.org/wiki/Raketnyj_dvigatel. 25. <http://vakul.ru/istoriya-aviacii/nachalo-reaktivnogo-veka>. 26. http://ru.wikipedia.org/wiki/Yadernyj_raketnyj_dvigatel. 27. http://ru.wikipedia.org/wiki/Elektricheskij_raketnyj_dvigatel. 28. <http://galspace.spb.ru/orbita/ximdv.htm>.

Поступила 30.03.2012

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.
НИПК "Молния" НТУ "ХПИ"
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47,
тел. (057) 7076841, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Baranov M.I.

An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 14: Invention of engines.

A brief scientific essay on the history of invention of various-kind engines is presented, they having become the "power heart" of all transportation means on our planet.

Key words – history, invention of engines, transport.