

## ДВИГАТЕЛЬ ЛЕНУАРА (к 150-летию изобретения двигателя внутреннего сгорания)

Е.И. Андрусенко, к.т.н., А.П. Калинин  
ОАО «РУМО»

В 1860 г. французским механиком Ленуаром был создан и построен первый коммерчески пригодный двигатель внутреннего сгорания двойного действия, работающий на светильном газе. Несмотря на то что двигатель Ленуара конструктивно почти не отличался от паровой машины Д. Уатта и не имел очевидных преимуществ в эффективном КПД, этот двигатель работал по новому принципу — внутреннего сгорания рабочей смеси.

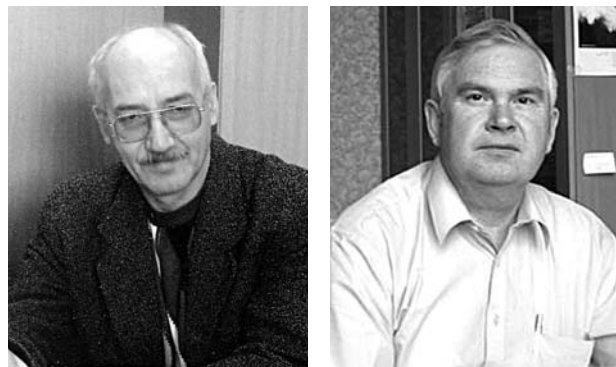
Изобретение Ленуара, которому в этом году исполнилось 150 лет, положило начало бурному развитию поршневых ДВС, эффективность которых пока недостижима ни для одной тепловой машины.

История развития двигателей внутреннего сгорания начинается в 1860 г. с появлением газового двигателя Ленуара (Lenoir) и это событие было обусловлено вполне реальными экономическими причинами.

Развитие промышленности до второй половины XIX века было связано с использованием в качестве источника механической энергии паровых машин.

Паровая машина с ее паровыми котлами, механизмами, преобразующими энергию пара в механическую энергию, соединенная механическим приводом с исполнительным механизмом, низким коэффициентом использования теплотворной способности топлива и беспощадно пожиравшая ограниченные запасы высококачественных минеральных топлив, уже не соответствовала быстро растущему темпу развития промышленного производства. Так, эффективный КПД паровой машины того времени составлял 10–12 % при условии, если ее мощность превышала 1000 л. с. Машина мощностью до 200 л. с. превращает в работу не более 8 % теплотворной способности топлива, а машина в 50 л. с. — не свыше 5 %. С учетом потерь на трение в механизмах паровой машины только 4 % первоначального тепла переходит в механическую работу, остальное тепло «вылетает в трубу» [1].

Промышленность требовала реконструкции энергетической базы и выдвигала задачу вовлечения в производство новых энергетических



источников. Попытки создания двигателя, в котором топливо сжигается в самом цилиндре, предпринимались, уже начиная с конца XVII века, т. е. почти за 200 лет до появления двигателя Ленуара. Некоторые конструкции при этом оставались только на бумаге, некоторые были построены и имели промышленное применение.

Среди первых машин, которые можно отнести к двигателям внутреннего сгорания, следует отметить пороховые вакуум-машины Оттефеля (1678 г.), Гюйгенса (1680 г.) и Папина (1688 г.), а также непосредственно действующую пороховую машину Оттефеля (1682 г.), в которых за счет взрыва пороха избыточное давление газов в камере сгорания совершало полезную работу.

Дальнейшее развитие таких машин было связано с использованием вместо пороха смеси воздуха с газом. Причем использовался не только «чистый» газ, но и продукты испарения легких фракций жидкого или твердого топлива.

В 1791 г. англичанин Джон Барбер получил патент на газовую турбину, в которой сжигался газ, полученный из твердого или жидкого топлива. Образующаяся в результате поджигания струя пламени должна была использоваться для приведения в движение колеса с лопатками.

В 1794 г. англичанин Роберт Стрит получает патент на двигатель, в котором рабочая смесь получается в результате испарения жидкого топлива и смешении его паров с воздухом. Зажигание производилось запальным факелом, а полезная работа совершалась за счет энергии сгоревших газов.

В 1801 г. француз Лебон получил патент на двигатель двойного действия, работающий на

смеси воздуха со светильным газом и поджиганием смеси электрическим запалом.

В 1823 г. англичанин Браун получил патент и построил газовый вакуум-мотор, в котором в качестве движущей силы использовалось атмосферное давление. Это была первая атмосферная газовая машина.

В 1833 г. по патенту англичанина Вельмана Райта был построен двигатель быстрого сгорания двойного действия, снабженный центробежным регулятором содержания газа в рабочей смеси. Вспышка производилась в верхней мертвой точке действующим снаружи пламенем.

В 1838 г. аналогичный двигатель, но с предварительным сжатием газа и воздуха, построил англичанин Вильям Барнет. Зажигание смеси производилось от раскаленной губчатой пластины или пламенем через золотник.

В 1842 г. англичанин Дрейк патентует и строит газовый двигатель с калильной головкой. Это поршневой светильно-газовый двигатель со всасыванием на первой половине хода и качественным регулированием от центробежного регулятора. Зажигание топлива производилось от обогреваемой сжатым газом раскаленной чугунной трубки. Канал, сообщающий ее с рабочим цилиндром, открывался и перекрывался поршнем на середине хода. Позднее двигатель работал и на керосине. (Выставленный в 1847 г. в Филадельфии двигатель развивал при давлении

сгорания в 7 атм, среднем индикаторном давлении 2,5 кг/см<sup>2</sup> и 60 об/мин около 20 л. с.).

В 1842 г. англичанин Христиан Рейтман построил водородный газовый двигатель. В нем смесь из воздуха и водорода сжималась насосом до 2–8 атм, затем электрически воспламенялась, а образующиеся газы использовались в поршневом двигателе (до 1858 г. водородный двигатель работал в Мюнхене, затем был переделан для работы на светильном газе).

В 1854 г. англичане Барзанти и Матточчи (Barsanti & Matteucci) получили патент на атмосферную машину со свободным поршнем. В этой машине с высоким вертикальным цилиндром давление сгорания электрически воспламеняемой светильно-газовой смеси поднимает свободно-движущийся поршень, при этом под поршнем за счет охлаждения и расширения сгоревших газов создается разрежение. Опускающийся под атмосферным давлением поршень приводит в движение посредством имеющейся на штоке поршня зубчатой рейки вал маховика. Второй дисковый поршень, получающий принудительное движение от этого вала, перекрывает впускные и выпускные каналы пространства сжатия и засасывает свежую горючую смесь.

Из всех перечисленных изобретений отметим лишь двигатель со свободным поршнем Барзанти и Матточчи (рис. 1) как самую старую атмосферную газовую машину, которая была действительно построена и пущена в ход в 1857 г. фирмой Джон Коккериль (John Cockerill) в Бельгии [2].

В начале 1860 г. французскому механику Ленуару (рис. 2) удалось создать работоспособную конструкцию первого коммерчески пригодного двигателя внутреннего сгорания, использовавшего в качестве топлива каменноугольный газ.

**Жан Жозеф Этьен Ленуар** родился 12 января 1822 г. Его отец, бельгийский промышленник, умер, когда Этьену было восемь лет. Собравшийся поступать в самый знаменитый технический вуз Франции парижский «Ecole Polytechnique», он был вынужден оставить свою мечту стать инженером и начал работать официантом в небольшом ресторанчике в Париже. Среди посетителей заведения часто встречались владельцы мастерских и механики. Уже тогда молодой человек начал жить проблемами механиков и инженеров, а в его голове уже начал зарождаться смелый план по принципиальному усовершенствованию такой диковинки, как двигатель. Через некоторое время Ленуар поступил в механическое и литейное заведение парижского заводчика Маринони (Marinony). Анализируя инженерный опыт своих предшественников, Ленуар постепенно приблизился к идее создания двигателя внутреннего сгорания на основе схемы

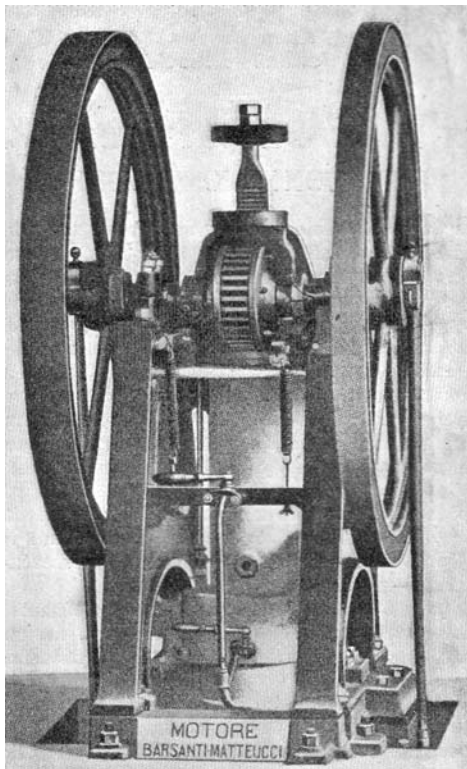


Рис. 1. Атмосферная машина со свободным поршнем Барзанти и Матточчи



Рис. 2. Жан Жозеф Этьен Лемуар (1822–1900)

паровой машины двойного действия.

Первый опытный образец двигателя приятно удивил Лемуара и его спонсора Маринони своей бесшумностью. Однако он быстро нагревался и требовал охлаждения.

Из-за юридических проблем машина Лемуара бы-

ла опечатана, но именно это подтолкнуло его к созданию собственной фирмы «Лемуар и Ко». Умело используя технические решения своих предшественников и сочетая их с опытной проверкой, Лемуар впервые построил не только работоспособный, но и коммерчески пригодный газовый двигатель внутреннего сгорания. В 1860 г. он получил патент на свое изобретение и вскоре мотор Лемуара мощностью 4 л. с. начали производить французские фирмы «Маринони», «Лефевр», «Готье» и немецкая фирма «Кун».

В статье фабриканта Лефевра (M. Lefevre, Paris) от 1864 г. имеются, например, следующие сведения, поясняющие эти заимствования: «В двигателе Лемуара применен поршень по патенту Стрита (Street); двигатель двойного действия работает без промежуточной передачи, как и двигатель Лебона (Lebon); вспышка в нем про-

изводится электрической искрой, как и в двигателе Риваз (Rivaz); он может работать на легколетучих топливах, как это было предложено Герскин–Хазаром (Herskine–Hazard); пожалуй, можно даже у Тальбота (Talbot) найти идею дискового распределения. Зато в двигателе Лемуара газ и воздух засасываются самим поршнем, без их предварительного смешения, всегда опасного и связанного с применением насосов; в этом и заключается запатентованная особенность двигателя, которую нельзя отрицать» [2].

Кроме того, и сам двигатель в конструктивном и компоновочном решении повторял конструкции паровых машин того времени. В нем нашли применение такие элементы паровых машин, как маховик, центробежный регулятор скорости и др. На рис. 3 показана конструкция горизонтальной паровой машины, ставшей на долгие годы образцом для проектирования двигателей внутреннего сгорания.

Паровая машина, усовершенствованная англичанином Джеймсом Уаттом, — это тепловой поршневой универсальный с точки зрения использования двигатель, в котором потенциальная энергия водяного пара, поступающего из парового котла, преобразуется в механическую работу вращения вала посредством возвратно-поступательного движения поршня и кривошипно-шатунного механизма. Поршень образует в цилиндре паровой машины одну или две полости переменного объема, в которых совершаются процессы сжатия и расширения. Пар впускался по обе стороны поршня, причем клапаны, впускающие пар, закрывались и производили прекращение впуска, или отсечку пара, когда поршень успевал пройти только некоторую долю полного хода, после чего на всем остальном протяжении пар расширялся, производя постепенно уменьшающееся давление на поршень.

Работа поршня 1 посредством штока 2, ползуна 3, шатуна 4 и кривошипа 5 передавалась главному валу 6, несущему маховик 7, который служил для снижения неравномерности вращения вала. Эксцентрик на главном валу с помощью тяги приводил в движение золотник 8, управляющий впуском пара в полостях цилиндра. Пар из цилиндра выпускался в атмосферу или поступал в конденсатор. Для поддержания постоянного числа оборотов вала при изменяющейся нагрузке паровые машины снабжались центробежным регулятором 9, автоматически изменяющим сечение впускного клапана (дрессельное регулирование), или момент отсечки наполнения (количественное регулирование).

Энергичная реклама двигателя Лемуаром сделала свое дело и быстро оповестила мир о создании двигателя внутреннего сгорания.

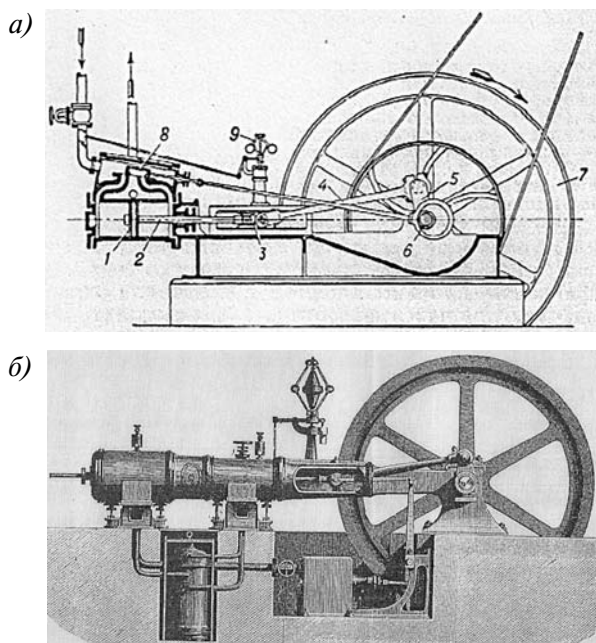


Рис. 3. Схема (а) и общий вид (б) паровой машины двойного действия

Опытный период ввода двигателя в эксплуатацию был весьма коротким — уже через 8 месяцев после выдачи основного французского патента (от 24 января 1860 г.) в одной французской мастерской работал одноцилиндрый двигатель Лемуара с диаметром цилиндра 75 мм и ходом поршня 140 мм.

На половине длины цилиндра через его стенку проходила запальная свеча, между платиновыми острями которой непрерывно проскакивала искра; она освобождалась поршнем на половине хода и производила, таким образом, запал смеси поочередно, то в передней, то в задней полости цилиндра. Всасывание и выпуск управлялись двумя расположенными вдоль цилиндра с двух сторон плоскими золотниками обычного типа, работавшими от эксцентриков.

Два следующих опытных двигателя были больших размеров, с рубашками для охлаждения цилиндра и крышки. В остальном они не имели новых технических решений, так же как и первый двигатель, и были сделаны, очевидно, по образцу известных паровых машин.

Самостоятельное конструктивное развитие двигателя Лемуара начинается лишь с того момента, когда строить его начали крупные фирмы, купившие лицензию. Наиболее продуманную конструкцию предложил Маринони, по чертежам которого строились двигатели Лемуара во Франции и Германии. В Германии в начале 1861 г. фирма «Кун» (G. Kuhn) в Штутгарте выполнила по чертежам Маринони небольшой пробный двигатель и пустила его в работу, затем прекратила его постройку, так как результаты получились неудовлетворительными. На рис. 4 приведены чертежи двигателя Лемуара германского производства, а на рис. 5 — общий вид установки с двигателем Лемуара. При частоте вращения коленчатого вала 100 об/мин эффективный крутящий момент двигателя достигал 50–60 кгм (0,67–0,80 л. с.). Приведенные рисунки подтверждают, что двигатель конструктивно повторяет существовавшие в то время паровые машины (см. рис. 3).

В изображенном на рис. 4 положении поршня золотник *a* в левой полости цилиндра открывает щель для засасывания газовой смеси, а в правой полости золотник *b* открывает щель для выпуска продуктов сгорания. Впускной золотник *a* приводится в движение от коленчатого вала; выхлопной золотник *b* работает от обычного

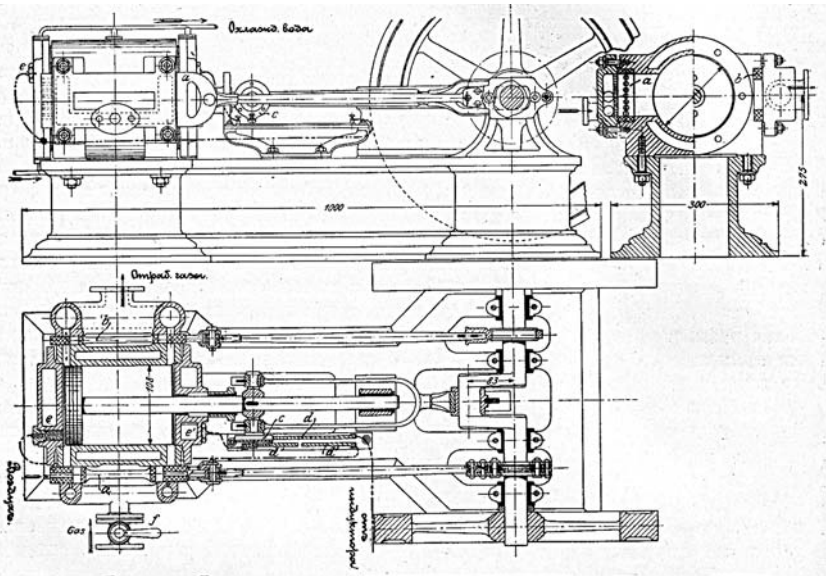


Рис. 4. Горизонтальный газовый двигатель двойного действия Лемуара. Построен в 1861 г. заводом Куна в Штутгарте (Германия)

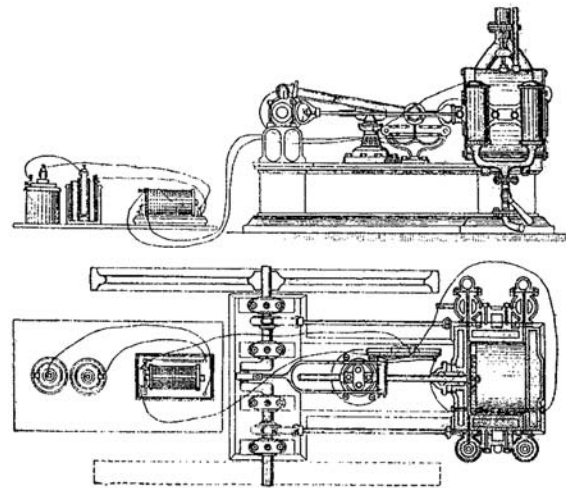


Рис. 5. Общий вид установки с двигателем Лемуара [3]

эксцентрика. На половине хода поршня золотник *a* закрывает щель для впуска смеси в левую полость; после чего скользящий контакт *c*, закрепленный на передней стороне кривокопфа, замыкает электрическую цепь между шинами *d* и *d'*.

С этого момента в запальнике *e* проскакивают искры до тех пор, пока контакт *c* при обратном движении не соскользнет опять с шины *d'* и не включит через шину *d''* правую запальную свечу *e'*. Воспламененная смесь вспыхивает, создавая давление примерно в 4–5 избыточных атмосфер; в момент перехода через мертвую точку продукты сгорания выпускаются с конечным давлением около 0,5 избыточных атмосфер. Одновременно с открытием левого выхлопного канала происходит закрытие правого золотником *b*; затем в очищенный поршнем от продуктов сгорания

правой полости цилиндра повторяются описанные выше процессы всасывания и сгорания.

Частота вращения в изображенном двигателе, как у всех двигателей Лемуара первых лет, регулировалось вручную перестановкой газового крана  $f$ ; автоматическое изменение количества поступающего газа от центробежного регулятора Маринони удалось осуществить лишь позднее, после долгих попыток. Для индицирования запального тока служил индуктор Румкорфа, для возбуждения которого применялись два больших элемента Бунзена. Элементы через каждые 3 или 4 дня требовали нового заполнения серной или соляной кислотой.

Цилиндр и крышка требовали весьма интенсивного охлаждения; большей частью нагретая вода выпускалась без дальнейшего использования, но иногда Лемуар применял испарительное охлаждение с обратной конденсацией и циркуляцией воды. Особенно сильно от высокой температуры сгорания и отходящих газов страдал выхлопной золотник — деталь, вызывающая наибольшие сомнения. При самой богатой по составу смеси или при максимальной нагрузке температура отработавших газов достигала  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и часто трение в золотниках, несмотря на интенсивную смазку, становилось столь значительным, что двигатель останавливался. Каждое изменение в поступлении смазки имело следствием заметное изменение числа оборотов. В крупных моделях к моменту начала выпуска через выпускной золотник в цилиндр впрыскивалось небольшое количество воды для понижения температуры отходящих газов до их прохода через золотник.

В более поздние годы двигатель Лемуара выполнялся мощностью примерно 12 э. л. с.; указанные в рекламе стосильные двигатели, газовые локомотивы и локомобили, пожарные насосы и т. п. остались существовать только на бумаге. Появившиеся летом 1860 г. первые сообщения о новом двигателе были проникнуты сильными преувеличениями и почти всегда заканчивались предсказанием полного вытеснения паровых машин, что поддерживалось желанием строителей и продавцов двигателя, долгое время препятствовавших точным наблюдениям. Они объявили наугад расход газа в  $0,45\text{--}0,50\text{ м}^3$  (450–500 л) на эффективную лошадиную силу и исходя из этого подсчитали чрезвычайно заманчивую стоимость эксплуатации. Казалось, что применению пара пришел конец.

Но тут стали поступать результаты испытаний беспристрастными испытателями и не менее неопровержимые счета на газ владельцам двигателей с шестикратным, по сравнению с обещанным, расходом. Всеобщему воодушевлению пришел конец. Как до этого в похвалах, так и теперь

в критике двигателя не знали границ, и вместе с недостатками отрицались и действительно хорошие качества первого газового двигателя. Конечно, это был пожиратель газа и смазочного масла, имевший при значительном колебании нагрузки неравномерность хода и ненадежное образование вспышки. С другой стороны, двигатель был дешевле паровой машины, всегда готов к пуску, его монтаж и обслуживание были несложными. В мелких или работающих с частыми перерывами предприятиях, где расходы на газ не достигают крупной суммы, двигатель Лемуара был весьма пригоден, а в некоторых случаях даже действительно имел преимущества перед паровой машиной. В конце концов его конструкция и общее исполнение, после преодоления «детских» болезней, оказались вполне надежными и заслуживающими доверия. В подтверждение его эффективности говорит и то, что достаточно долго после появления четырехтактного двигателя Отто можно было встретить двигатель Лемуара в регулярной ежедневной эксплуатации, а в отдельных случаях они сохранились в исправности почти до начала XX века.

Эксплуатационные испытания опытного двигателя Лемуара с диаметром цилиндра 108 мм и ходом поршня 167 мм все же были проведены в 1861 г. инженером Максом Эйтом (Max Eyth), работавшим в то время на фирме Куна. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

В опыте 5 при максимальном значении развиваемой двигателем мощности, несмотря на обильную смазку, двигатель остановился уже через 14 мин из-за чрезмерного нагрева и соответствующей перегрузки.

На рис. 6, *a* изображена рабочая диаграмма для этого опыта, а на рис. 6, *b* — для опыта 1 (холостой ход). Имеющееся на диаграмме холостого хода понижение давления между моментом прекращения впуска и вспышкой почти совершенно исчезает при максимальной нагрузке из-за меньшей скорости и большого подогрева свежей смеси. Из-за бедности смеси, большой скорости поршня в момент вспышки и неблагоприятного положения запальной свечи линия сгорания поднимается лишь постепенно, так что двигатель работает спокойно, несмотря на то, что вспышка имеет место на половине хода. Лишь при богатых смесях возникают вредные стуки, так как в этом случае сгорание происходит быстрее, а сильно нагруженный двигатель работает медленнее.

Данные табл. 1 подтверждают высокий, почти в шесть раз превышающий, по сравнению с заявленным ранее, расход газа.

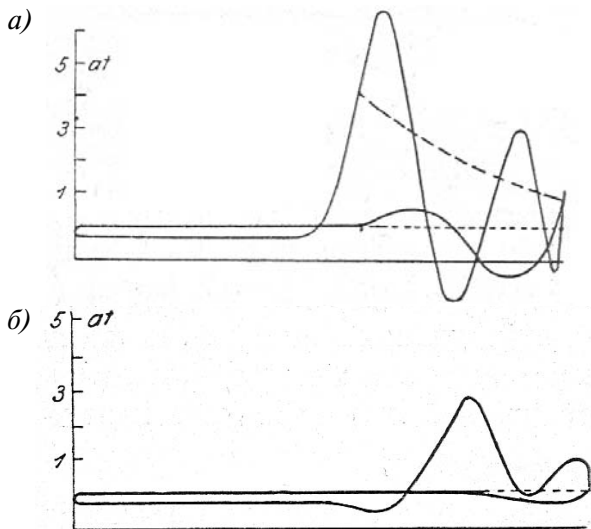
Представленные на рис. 6 индикаторные диаграммы имеют волнообразную линию расшире-

Таблица 1

**Результаты испытаний двигателя Ленуара, проведенные на фирме Куна в 1861 г. Максом Эйтом**

Номера опыта	1	2	3	4	5
Частота вращения, об/мин	130	105	100	105	100
Крутящий момент, кгм	хх	22,4	36,4	52,2	60,2
Расход газа, м <sup>3</sup> /э. л. с.	1,2	5,45	4,19	2,82	2,89
Содержание газа в смеси, %	3,6	5,6	7,1	6,8	8,4
Давление сгорания избыточное, атм	2,0	2,5	3,5	4,5	5,0
Среднее эффективное давление $p_e$ , кг/см <sup>2</sup>	—	—	—	1,02	1,19
Эффективный КПД $\eta_e$ , %	—	2,3	3,0	4,45	4,35

Теплотворная способность топлива принята:  $H_u = 5000$  кал/м<sup>3</sup>



**Рис. 6. Индикаторные диаграммы двигателя Ленуара:**  
 а) диаграмма при максимальном давлении сгорания;  
 б) диаграмма холостого хода

ния. Это объясняется главным образом колебаниями индикатора, вследствие этого давление сгорания на диаграммах преувеличены, а действительный ход кривых должен соответствовать намеченным штриховым линиям.

Тепловые потери с охлаждающей водой, естественно, очень велики, так как воспламененная без предварительного сжатия смесь заполняет при сгорании половину объема цилиндра и догорает до конца хода.

Таким образом, первые двигатели внутреннего сгорания конструкции Ленуара характеризуются следующими особенностями:

- конструктивно повторяли паровые машины;
- в рабочем процессе двойного действия, так же, как и у паровых машин, для избежания перегрева золотника, использовался впрыск воды в цилиндр двигателя на ходе расширения продуктов сгорания;
- газ и воздух засасывались самим поршнем, без их предварительного смешения, всегда опасного и связанного с применением насосов;

➤ экономичность двигателя без предварительного сжатия рабочей смеси была очень низкой;

➤ частота вращения вала двигателя уменьшалась с увеличением его мощности.

Следует отметить, что в то время двигатель Ленуара, по-видимому, был не единственным.

Есть свидетельства, что француз Гюгон (Hugon) еще за два года до Ленуара построил аналогичный двигатель внутреннего сгорания. На собрании французских гражданских инженеров 1 июня 1860 г. один из участников некто Барро (Barraut) сообщил, что построенный Гюгоном двигатель отличался от двигателя Ленуара лишь тем, что перемешивание газа с воздухом происходило до поступления в цилиндр. Барро далее продолжает: «Двигатель Гюгона, который так тщательно продуман этим искусным конструктором и к которому последний относился как изобретатель, желающий достичь хороших результатов, был горизонтальной машиной; не жалея ни времени, ни средств, Гюгон однако сохраняет свое изобретение в секрете и стремится найти более удачное решение проблемы, удовлетворяющее его требованиям. Его двигатель действительно обладал теми же недостатками, что и отмеченные мною в двигателе Ленуара. Поражает, что Ленуар широко расхваливает используемое им изобретение, которое Гюгон признал неудовлетворительным настолько, что даже не сообщил о нем в печати!» [2].

В своем двигателе Гюгон заменил часто отказывавшийся работать электрический запал надежно действовавшим зажиганием пламенем, для предупреждения чрезмерного нагрева скользящих распределительных органов он понижал температуру отработавших газов, впрыскивая в цилиндр воду. Кроме того, он объединил всасывающий и выхлопной золотники в один, чтобы вызвать теплообмен между горячими отходящими газами и свежей смесью, благотворно отражающийся на работе этой важной детали.

Французы даже называли Гюгона действительным изобретателем и первым строителем двигателя внутреннего сгорания, который, по их мнению, не выпустил свой, существовавший до 1858 г., двигатель лишь из-за практических сомнений.

Конструктивные особенности двигателей Гюгона и Ленуара приведены в табл. 2.

Усовершенствованные позднее двигатели Ленуара все же не нашли широкого распространения, так как их коэффициент полезного действия колебался от 3 до 5 %, мощность была незначительна, потребляемое топливо дорогое, и никакого преимущества перед паровыми машинами они не имели [1]. Тем не менее двигатель Ленуара с успехом демонстрировался на Парижской

### Конструктивные особенности двигателей Гюгона и Ленуара

Гюгон (Hugon) — директор Парижского общества по добыванию светильного газа. Франция. 1858 г.	Ленуар (Lenoir) — механик. Франция. Патент от 24 января 1860 г. Построен в сентябре 1860 г.
1. Газовый двигатель быстрого сгорания для воспламенения сжатого светильного газа	1. Газовый двигатель быстрого сгорания для воспламенения светильного газа
2. Создан на базе паровой машины	2. Создан на базе паровой машины
3. Горизонтальный, двойного действия с запальным пламенем	3. Горизонтальный, двойного действия с электрическим запалом
4. Предварительное смешивание газа с воздухом происходило до поступления в цилиндр	4. Без предварительного смешивания газа и воздуха, всегда опасного и связанного с применением насосов
5. Впрыскивание воды в цилиндр для понижения температуры сгорания и чрезмерного нагрева скользящих органов распределения от высокой температуры продуктов сгорания	5. Впрыскивание небольшого количества воды в конце хода расширения для понижения температуры отходящих газов до их прохода через выпускной золотник распределения

выставке 1862 г., а французский журнал «Иллюстрасьон» предложил публике чертеж и описание омнибуса Ленуара — трехколесного восьмиместного экипажа с газовым двигателем (рис. 7), на котором Ленуар совершал прогулки по Венсенскому лесу вблизи Парижа. Это событие стало историческим моментом — экипаж Ленуара вторгся в мир карет и конных дилижансов — мир, уходящий в прошлое. А в декабре 1872 г. газовый двигатель Ленуара был установлен на дирижабле и его испытания прошли успешно [4].

Двигатель Ленуара побудил многие пытливые умы заняться его усовершенствованием или же добиться лучших результатов иным, самостоятельным путем.

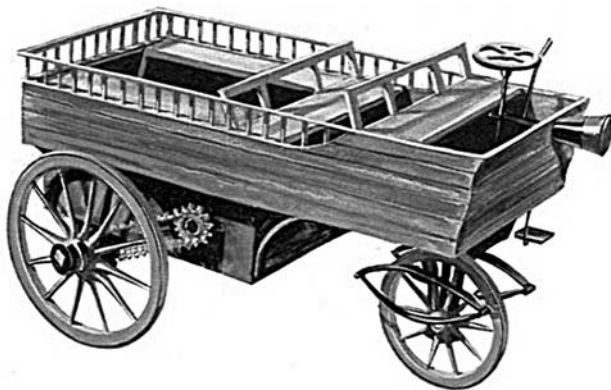


Рис. 7. Трехколесный восьмиместный экипаж Ленуара

В 1860 г. с двигателем ознакомился молодой купец из Кельна Николаус Август Отто (N.A. Otto), создавший в 1864 г. вместе с немецким инженером Евгением Лангеном (Eugen Langen) фирму для производства газовых двигателей. Отто не удалось существенно усовершенствовать двигатель Ленуара и он пошел по пути создания атмосферных машин, проложенному Барзанти-Матточчи (1858 г.). Это привело к созданию в 1867 г. окончательной конструкции газовой атмосферной машины, которая уже смогла быть предана гласности на второй Парижской всемирной выставке.

На этой выставке вместе с машиной Отто-Лангена были выставлены 14 газовых двигателей французского происхождения, работавших по циклу Ленуара и Гюгона. Все выставленные газовые двигатели были подвергнуты испытаниям для точного определения расхода газа. При этом для трех конкурировавших типов двигателей Ленуара, Гюгона и Отто-Лангена были получены следующие соотношения расхода газа — 10:6:4. Такое экономическое превосходство атмосферной машины способствовало получению его строителям высшего отличия — Большого приза.

После этой выставки двигатели Ленуара практически больше не имели коммерческого успеха, а после изобретения Отто-Лангеном четырехтактного двигателя внутреннего сгорания в 1875 г. и получившего всемирное признание на Парижской выставке 1878 г., способствовали полному прекращению его производства. Однако дальнейшие попытки усовершенствования двигателя Ленуара привели к развитию двигателей внутреннего сгорания: разработки четырехтактного цикла работы двигателя французом Бо-де-Роша (1864 г.); созданию двигателя быстрого сгорания Отто; двигателя с воспламенением от сжатия Рудольфа Дизеля, что сделало двигатель внутреннего сгорания настоящим энергетическим чудом XIX и XX веков, обеспечившим бурный рост промышленного производства и всех видов транспорта и энергетики.

Жан Жозеф Этьен Ленуар умер 4 августа 1900 г. Он не был богат и не был знаменит. Он был лишь одним из тех, кто способствовал развитию прогресса, не получив ни славы, ни денег.

#### Литература

1. Гумилевский Л. Рудольф Дизель. — М. : 1935. — 296 с.
2. Гюльднер Г. Двигатели внутреннего сгорания. — М. : МАКИЗ, 1927. — 864 с.
3. Тимошенко Н.Д. Двигатели внутреннего сгорания. Компоновки и конструкции: Атлас. Часть 1. — Екатеринбург. 2003. — 1214 с.
4. Челпанова П. Этьен Ленуар. [Электронный ресурс] [http://www.peoples.ru/technics/designer/etienne\\_lenoir/](http://www.peoples.ru/technics/designer/etienne_lenoir/)