

## БЕСКОМПРЕССОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТРИНКЛЕРА

*Е.И. Андрусенко, к.т.н., начальник отдела  
ОАО РУМО;*

*Ю.И. Матвеев, д.т.н., зав. кафедрой  
ФГОУ ВПО Волжская государственная академия водного транспорта*

31 марта 2008 г. исполнилось 100 лет с даты оформления Русской Привилегии на бескомпрессорный двигатель конструкции Густава Васильевича Тринклера, закрепившей приоритет в создании современного дизельного двигателя за Россией. Этот двигатель, построенный сначала в России в 1902 г., а затем в Германии в 1904 г., стал первым бескомпрессорным двигателем, реализующим принцип работы всех современных дизельных двигателей.

Тринклер Густав Васильевич — один из ведущих российских специалистов по тепловым двигателям внутреннего сгорания, работавший в области создания тепловых двигателей на заводе «Красное Сормово», доктор технических наук, профессор, долгое время возглавлявший кафедры двигателей внутреннего сгорания Горьковского политехнического института и Горьковского института инженеров водного транспорта.

Первую патентную заявку на нефтяной двигатель повышенного сжатия (с воспламенением от сжатия) Г. В. Тринклер подал 7 января 1897 г., но патента не получил из-за отмеченного внешнего сходства с некоторыми существующими двигателями. Тем не менее в 1897 г. на Путиловском заводе в Санкт-Петербурге (ныне Кировский завод) при содействии директора завода Николая Ивановича Данилевского начались работы над созданием двигателя с воспламенением от сжатия конструкции Г.В. Тринклера.

4 марта 1899 г. Тринклером была подана заявка на устройство распыливающего аппарата для двигателя, работающего от сжатия. Однако рассмотрение заявки затянулось на пять лет, и русский патент на конструкцию двигателя с рабочим циклом по смешанному подводу тепла был получен лишь 30 апреля 1904 г. за № 8766. Через несколько лет Тринклеру был выдан еще один, дополнительный, русский патент № 13193



от 31 марта 1908 г. на бескомпрессорный двигатель, работающий от сжатия с подводом теплоты по смешанному циклу [1]. Это окончательно закрепило приоритет в создании современного двигателя с воспламенением от сжатия за Россией. И хотя датой рождения дизельного двигателя по патенту Рудольфа Дизеля считается 1897 г., именно с 1908 г. начинается история современного двигателя, получившего название «дизельный двигатель».



**Тринклер Густав Васильевич  
(1876–1957)**

Первый двигатель Тринклера мощностью 10 л. с. при 160 об/мин диаметром цилиндра 205 мм и ходом поршня 350 мм был спроектирован в конструкторском бюро Путиловского завода в 1898 г. Расчетное среднее эффективное давление должно было составлять 4,87 кг/см<sup>2</sup>. В течение 1898 г. двигатель был построен, и в январе 1900 г. начались его испытания.

Двигатель был спроектирован с горизонтальным ходом поршня в отличие от вертикального двигателя Рудольфа Дизеля. Горизонтальная конструкция двигателя придавала ему ряд эксплуатационных преимуществ перед вертикальным, более сложным по уходу и ремонту, требовавшим более высокого помещения (в частности, для выемки вверх поршня при снятой цилиндровой крышке). Это казалось вполне целесообразным, так как обслуживание и монтаж горизонтальной машины проще, чем вертикальной, притом что все двигатели того времени (стационарного назначения) были горизонтальные. Кроме того, у гори-

горизонтальных двигателей поршень вынимался из рабочего цилиндра в сторону коленчатого вала без необходимости разборки цилиндрической крышки; коленчатый вал горизонтальных двигателей тоже значительно доступнее, чем у вертикальных.

Нефтяной двигатель Тринклера бескомпрессорного типа был оснащен особым приспособлением — распыливающим устройством, камера которого составляла часть камеры сгорания. Нефть в этом двигателе не впрыскивалась в конце такта сжатия, а действием распыливающего устройства в головке цилиндра перемешивалась в распыленном виде с воздухом в камере сгорания. Кроме того, обычная для дизелей того времени «закрытая» форсунка была заменена «открытой». Это принципиально отличало данный двигатель от двигателей Дизеля.

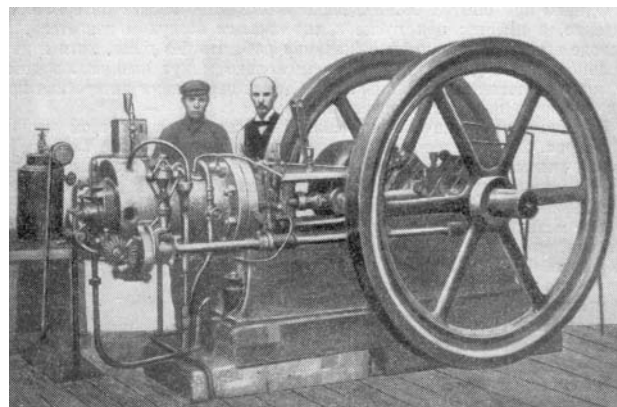
Доводка двигателя продолжалась до 1902 г., причем доводилась в основном конструкция цилиндрической крышки с устройством впрыска топлива, в результате чего не понадобился специальный компрессор, присутствующий в двигателях Дизеля. Машина после доводки имела более высокую степень сжатия по сравнению с ее первым вариантом. Индикаторная диаграмма показала значение среднего индикаторного давления  $7,4 \text{ кг/см}^2$  при механическом КПД, равном  $0,77$  (это весьма правдоподобно, учитывая, что двигатель не был оснащен особым компрессором для подачи топлива). При этом среднее эффективное давление составило  $5,7 \text{ кг/см}^2$  при мощности  $11,72 \text{ э. л. с.}$ , т. е. имело место превышение проектных показателей.

На фотографиях (рис. 1, 2) показан двигатель Г.В. Тринклера, построенный на Путиловском заводе. На рис. 2 представлен общий вид установки с резервуаром пускового сжатого воздуха давлением около 30 атм, шкивами холостого и рабочего хода трансмиссии испытательного стенда, выхлопной трубой.

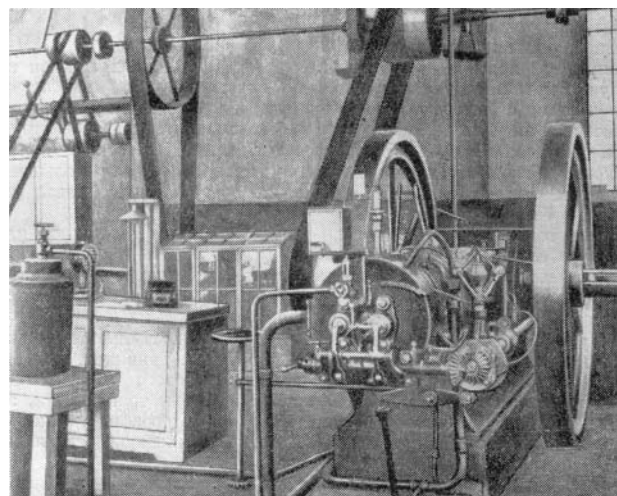
Фотографии представляют особый исторический интерес, поскольку этот двигатель был первым в мире двигателем высокого давления с воспламенением от сжатия, работавшим без компрессора для впрыска топлива.

На двигателе, построенном на русском заводе, была принципиально по-новому решена проблема «воспламенения от сжатия» более простым способом, чем это выполнялось в оригинальных двигателях Дизеля с компрессорным распыливанием топлива.

Весной 1902 г. новый директор Путиловского завода С.И. Смирнов категорически потребовал прекращения опытных работ по новому двигателю. Сделано это было под нажимом нефтяного магната Эммануила Нобеля, который ранее купил патент на двигатель Рудольфа Дизеля и



**Рис. 1. Общий вид двигателя (справа за двигателем Г.В. Тринклер)**



**Рис. 2. Общий вид установки двигателя на испытательном стенде Путиловского завода**

после целого комплекса работ по усовершенствованию конструкции, выполненных русскими инженерами под руководством профессора теплотехники Петербургского технологического института Георгия Филипповича Делпа, наладил их серийное производство на принадлежавшем ему механическом заводе «Людвиг Нобель» (в недавнем прошлом завод «Русский дизель») в Санкт-Петербурге. Но в серийное производство был запущен не двигатель, работающий по патенту Дизеля, а его русский доработанный вариант, о чем Г.Ф. Делп в докладе на собрании общества инженеров 26 апреля 1900 г. с гордостью заявил: «Русские инженеры показали свою техническую зрелость. Мы обеспечили двигателю Дизеля великое будущее».

Эммануил Нобель видел в двигателе Тринклера сильного конкурента двигателю, созданному на его заводе, и начал вытеснять изобретателя с Путиловского завода. С угрожающим письмом Нобель обратился лично к Тринклеру, с требованием «...прекратить занятия новым нефтяным двигателем...», поскольку лишь он «...является единым владельцем патентов Дизеля» [1].

Тринклер прекращает свои работы на Путиловском заводе и уезжает за границу.

С июля 1902 г. Тринклер вошел в договорные отношения с машиностроительным заводом «Братьев Кертинг» в Ганновере, где и продолжил свои работы над бескомпрессорным двигателем, в дальнейшем ставшим известным под названием «Тринклер-мотор».

Первый опытный «Тринклер-мотор» на заводе Кертинга был также спроектирован горизонтальным мощностью 10–12 э. л. с. с учетом использования возможно большего количества деталей серийных газовых двигателей Кертинга, прежде всего рамы, подшипников, регулятора скорости и прочих.

Двигатель был построен в течение 1902 г., и в конце января 1903 г. начались работы по его доводке. Проектная мощность двигателя была легко достигнута, расход топлива был доведен до 221 г/л .с.ч. Однако новая конструкция потребовала изменений из-за дефектов в крышке цилиндра. В это время Тринклеру в помощь был придан инженер Литценмейер, работавший ранее конструктором двигателей Дизеля. Литценмейером была предложена новая конструкция крышки цилиндра, которая, тем не менее, не прошла испытания — двигатель с крышкой Литценмейера с трудом выдавал мощность 8–9 э. л. с. и в результате было потеряно около полугода. В 1904 г. на двигателе была установлена крышка цилиндра конструкции Тринклера (рис. 3), которая показала очень хорошие результаты.

В этой конструкции крышка цилиндра имела распыливающий поршень  $H$ , который должен был до конца периода сжатия оставаться без движения, несмотря на то что давление газов (газовый толкатель) стремится выдвинуть его наружу (пат. № 13193, выдан 31 марта 1908 г.). Этому преждевременному движению поршенька препятствует упор  $N_1$ , который удерживает рычаг  $NO$ , связанный со штоком  $I$  поршенька  $H$ . Как только кулачок  $O_1$ , сидящий на распределительном валу  $I_1$ , начинает действовать на ролик  $P_1$  и

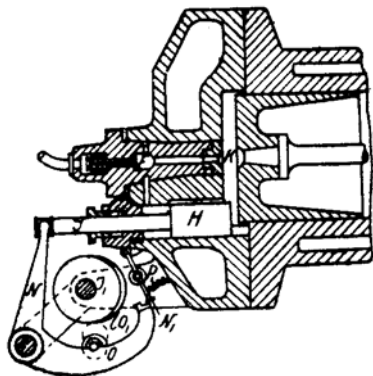


Рис. 3. Конструкция крышки цилиндра с распыливающим устройством

отодвигает упор вправо, поршень  $H$  под действием давления газов в цилиндре перемещается влево и производит распыливание топлива, находящегося в камере  $F$ , через сопло  $K$ .

Дирекция завода решила, что пришло время выпуска двигателя на рынок и чтобы иметь заключение по данной машине авторитетного специалиста, пригласила известного берлинского теплотехника профессора Евгения Майера, который испытал двигатель при помощи тормоза Прони в течение 7 и 8 октября 1904 г. по 9–10 часов в день. 9 октября Майер произвел полный осмотр разобранной машины и уехал, взяв с собой для проверки индикатор, которым снимались диаграммы рабочего процесса во время работы двигателя.

На рис. 4 приведена диаграмма, снятая во время испытаний двигателя профессором Майером [2]. Эта диаграмма показывает, что давление газов при вспышке топлива повышается на 8 атм — с 28 до 36 атм, а затем сгорание идет по изобаре. Таким образом, на диаграмме зафиксированы типичные признаки рабочего процесса со «смешанным подводом тепла».

Среднее индикаторное давление по диаграмме составляло  $8,38 \text{ кг/см}^2$ . Если принять механический КПД равным  $0,77$ , то среднее эффективное давление составило  $p_e = 6,4 \text{ кг/см}^2$ . Кроме того, испытания показали, что построенный двигатель был более экономичным, чем построенный на Аугсбургском заводе двигатель Дизеля. Это может быть объяснено тем, что двигатели Дизеля того времени были компрессорными и имели большие механические потери на привод воздушного компрессора, используемого для впрыска топлива в камеру сгорания (рис. 5) [3].

В двигателе Рудольфа Дизеля на такте сжатия топливо насосом  $b$  подавалось под давлением в пространство форсунки  $9$ . В этом пространстве поддерживалось давление воздуха, поступающего из баллона  $I$ . В момент впрыскивания топлива в цилиндр игла форсунки поднималась механизмом привода от распределительного вала, а воздух по каналам и щелям форсунки устремлялся в цилиндр двигателя, увлекая за собой топливо.

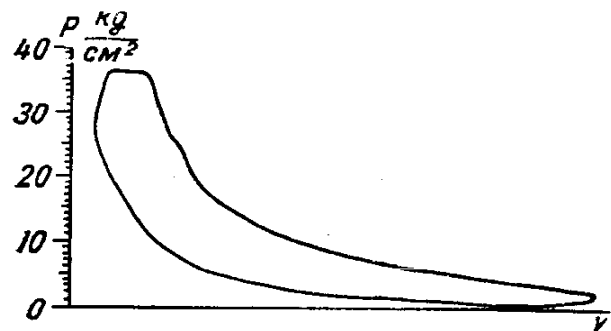


Рис. 4. Индикаторная диаграмма «Тринклер-мотора»

### Характеристики двигателей «Тринклер-мотор», выпускаемых на заводе «Братья Кертинг»

Марка двигателя	NT-19	NT-21	NT-24	NT-25	NT-29	NT-30	NT-32
Номинальная мощность, э. л. с.	12	15	20	25	35	40	50
Диаметр цилиндра, мм	195	210	240	255	290	300	325
Ход поршня, мм	320	350	405	410	480	630	640
Частота вращения, об/мин	220	220	190	210	185	180	180

В двигателе, разработанном Тринклером, механические потери были меньше, так как затраты работы на привод компрессора отсутствовали.

В начале 1905 г. фирма «Кертинг» приступила к выпуску двигателей конструкции Тринклера на рынок. Впоследствии были разработаны и начали строиться двигатели с размерами и характеристиками, приведенными в табл. 1. На рис. 6 представлен поперечный разрез двигателя Тринклера, разработанного на заводе Кертинга. Суждение о внешнем виде 50-сильного двигателя Тринклера, установленного в России в г. Зарайске на сапожной фабрике, можно судить по фотографии, представленной на рис. 7.

До середины 1907 г. Тринклер работает на заводе «Братьев Кертинг» главным конструктором. Бесспорные преимущества «Тринклер-мотора», опробованного и освоенного за рубежом, привлекли наконец внимание и отечественных промышленников, которые начали разработку конструкций собственных двигателей.

С 12 июня 1907 г., Г.В. Тринклер начал работать начальником отдела тепловых двигателей в Нижнем Новгороде на Сормовском машиностроительном заводе, куда он был приглашен в качестве одного из ведущих специалистов по тепловым двигателям. Его работа на Сормовском заводе продолжалась в течение 20 лет до 1928 г.

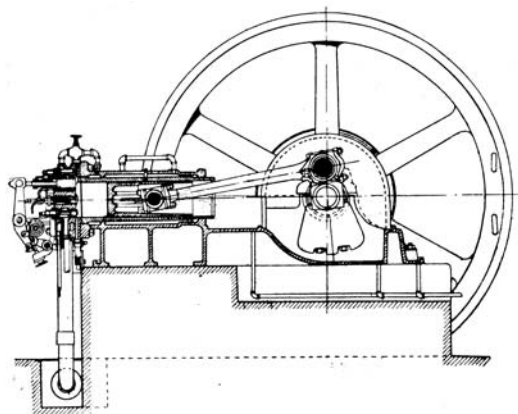


Рис. 6. Поперечный разрез «Тринклер-мотора»

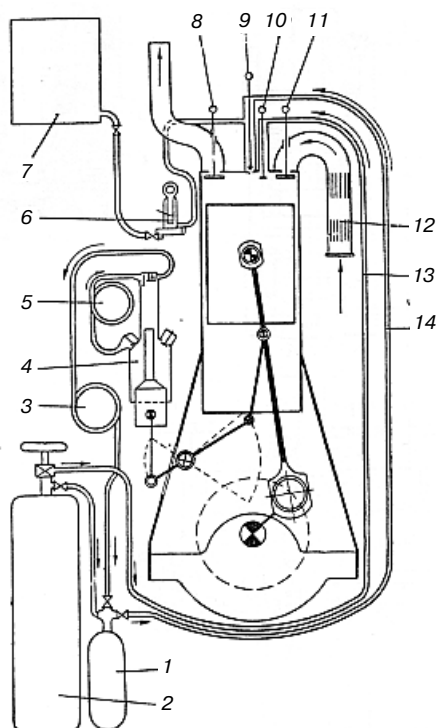


Рис. 5. Схема компрессорного двигателя:

1 — баллон рабочего воздуха; 2 — баллон пускового воздуха; 3, 5 — охладители воздуха; 4 — компрессор; 5 — втулка плунжера; 6 — топливный насос; 7 — топливный бак; 8 — выпускной клапан; 9 — форсунка; 10 — пусковой клапан; 11 — впускной клапан; 12 — фильтр-глушитель; 13, 14 — воздухопроводы

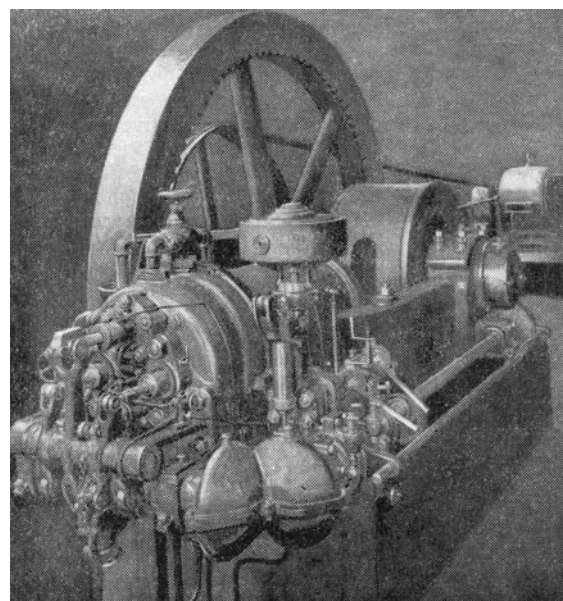


Рис. 7. Общий вид двигателя, установленного в Зарайске

Здесь он занимался постройкой двухтактных двигателей и доработкой двигателей Литценмейера и Бронса, лицензию на производство которых завод приобрел в 1907 г. Двигатель Литценмейера по принципу действия был аналогичен двигателю Тринклера и Дизеля. От двигателя Тринклера «...Литценмейер взял открытую внутрь рабочего цилиндра форсунку и введение нефти в форсунку при всасывающем ходе рабочего

поршня. От Дизеля он взял воздушный компрессор, который хотя и является печальной необходимостью, усложняющей двигатель Дизеля, но действуют хорошо, и многочисленные двигатели Дизеля показали, что компрессоры отказа не дают ...» [4]. Этот двигатель строился в основном для стационарной энергетики.

Четырехтактный керосиновый двигатель Бронса был сконструирован с запальным зажиганием (капсюлем) по принципу работы двигателя английского изобретателя Аккройд-Стюарта и получил широкое распространение на рыболовных судах. Этот двигатель фактически стал первым двигателем предкамерного типа. При доводке этого двигателя на Сормовском заводе при участии Тринклера и сотрудника механического цеха Федора Алексеевича Елистратова была предложена новая конструкция капсюля, которая решила проблемы работы двигателя Бронса на сырой нефти. Таким образом, Сормовскому заводу принадлежит первенство создания предкамерного двигателя для работы на тяжелых сортах топлива [2].

В нашей стране первый бескомпрессорный двигатель, отличающийся по конструкции от двигателя Тринклера, был построен и испытан на заводе «Русский дизель» только в 1927 году [5, 6]. Вертикальный, одноцилиндровый, двухтактный бескомпрессорный двигатель с диаметром цилиндра 275 мм и ходом поршня 350 мм развивал мощность 50 л. с. при частоте вращения 300 об/мин. Двигатель работал по смешанному циклу, т. е. часть топлива сгорала при постоянном объеме, а остальная часть — при постоянном давлении.

В начале XX столетия на отечественных дизельных заводах выпускались двигатели различных фирм и конструкций, представленные в табл. 2 [5].

Таким образом, двигатель Тринклера, построенный и испытанный в 1902 г. в России, а позже в 1904 г. в Германии, стал первым беском-

прессорным двигателем, работающим по смешанному циклу с подводом теплоты вначале по изохорному и далее по изобарному процессам. Термодинамический цикл, реализованный в двигателе Тринклера и называемый иногда циклом Сабатэ, также был результатом работы этого выдающегося конструктора-двигателиста. В действительности рабочий цикл, называемый циклом Сабатэ, ничего общего с двигателем Тринклера и циклом смешанным подводом тепла не имел. Сабатэ в 1908 г. заявил в России и получил патент № 19115 не на цикл, а на конструкцию распылителя, который впрыскивает топливо в рабочий цилиндр в два последовательных отрезка времени с целью осуществить цикл смешанного подвода теплоты. Кроме того, заявка на изобретение была подана Сабатэ 31 мая 1908 г., а испытания двигателя Тринклера с опубликованием индикаторных диаграмм, снятых профессором Е. Майером, были завершены в 1904 г., т. е. на четыре года раньше заявки, поданной Сабатэ. И наконец, в таком авторитетном издании, как «Вестник высшей школы» № 4 за 1949 г., было помещено письмо профессора В.Ю. Гиттиса, отвергающее термины цикл Дизеля–Сабатэ и подтверждающее приоритет Г.В. Тринклера в реализации рабочего цикла со смешанным подводом теплоты.

Характеризуя результаты своей деятельности по созданию бескомпрессорного двигателя, работающего от сжатия, Тринклер писал: «Если бы, допустим, я стал спорить с владельцем патентов Дизеля, и мне заявили бы, что моя машина тождественна с машиной Дизеля, то я мог бы возразить, что у меня нечто совсем другое. Дизель вбрызгивает в цилиндр снаружи нефть вместе с сжатым воздухом, а я ввожу нефть отдельно. Когда начинается сжатие, то у меня нефть уже находится внутри цилиндра, но она выделена в особую камеру распылителя и раньше времени воспламениться не может; нефть не вбрызгивается снаружи, а разбрызгивается внутри камеры сгорания» [7].

Таблица 2

Конструкции двигателей, выпускаемых на отечественных заводах

Дизелестроительная фирма	Конструкция двигателя	Двух- или четырехтактный
Завод «Русский Дизель» (бывший «Л. Нобель»), Ленинград	Собственной конструкции; также фирм «Sulzer» и MAN	Простого действия двух- и четырехтактные
Коломенский завод, г. Коломна	Фирмы MAN	Простого действия двух- и четырехтактные
Завод «Красное Сормово» (бывший Сормовский машиностроительный завод), г. Горький	Фирмы MAN, двигатели Литценмейера и Бронса	Двухтактные простого действия. Четырехтактные
Харьковский паровозостроительный завод, г. Харьков	Собственной конструкции, а также фирмы «Sulzer»	Простого действия двух- и четырехтактные
Николаевский завод им. Марти, г. Николаев	Фирмы «Sulzer»	Простого действия двухтактные
Завод «Двигатель революции» (бывший «Фельзер»), г. Горький	Фирмы MAN	Простого действия четырехтактные
Завод «Красный Пролетарий» (бывший завод «Бромлея»), Москва	Двигатели Литценмейера и фирмы «Deutz»	Простого действия четырехтактные

Ниже перечислены основные отличия бескомпрессорного дизельного двигателя Г.В. Тринклера от «рационального двигателя» Рудольфа Дизеля.

1. В двигателе Дизеля рабочий процесс должен был осуществляться по циклу Карно без теплоотвода в стенки цилиндра. При этом топливо впрыскивалось в конце процесса сжатия, а процесс сгорания предполагался как изотермический на такте расширения, что по патентам Дизеля не требовало охлаждения цилиндров<sup>1</sup>.

В двигателе Тринклера впрыск и начало сгорания топлива осуществляется в конце процесса сжатия воздуха и проходят по изохорному процессу, т. е. при постоянном объеме. Далее сгорание продолжается по изобарному процессу, т. е. при постоянном давлении и наличии теплоотвода от рабочего тела к рубашке охлаждения цилиндра.

2. В двигателе Дизеля топливо подавалось в цилиндр вместе со сжатым воздухом от специального компрессора, приводимого от двигателя. В двигателе Тринклера топливо подавалось в цилиндр специальным устройством, не требовавшим специального компрессора. Следовательно, механический коэффициент полезного действия оказывался выше на величину затрат энергии, требуемой на привод компрессора.

В заключение можно привести текст резолюции конференции по двигателям с воспламенением от сжатия, состоявшейся в Ленинграде 15–17 ноября 1949 г. и посвященной 50-летию промышленного выпуска русскими заводами нефтяных двигателей высокого сжатия, именуемых дизелями. Резолюция подчеркивала: «Русским инженерам и ученым принадлежит честь разработки и первого применения всех основных технических решений, определяющих успех и широкое распространение двигателей с воспламенением от сжатия. Впервые в мире в нашей стране были созданы судовые двигатели этого типа, реверсивные двигатели, двигатели с прямоточной продувкой, двухтактные двигатели с расходящимися поршнями, двигатели компрессоры для работы в качестве генераторов рабочего газа и т. д. ... Современный двигатель с воспламенением от сжатия является совершенно иным, нежели предлагавшийся Р. Дизелем,

<sup>1</sup> *Примечание рецензента.* В действительности все построенные по патенту Р. Дизеля двигатели работали не по рабочему циклу, сформулированному в его патенте, а по циклу со смешанным подводом тепла, что и было предметом постоянной критики его патента многочисленными оппонентами.

но никогда не осуществленный и не осуществимый, «рациональный двигатель» [3].

Вопрос о приоритете русской конструкции двигателя с воспламенением от сжатия окончательно решился почти через полвека после выпуска на рынок двигателей Дизеля. В 1947 г. состоялось расширенное заседание Парижской академии наук, где постановили [8]:

1. Закрепить приоритет за Россией в создании бескомпрессорного двигателя с воспламенением от сжатия (цикл Г.В. Тринклера).

2. Сохранить для всех двигателей, работающих с воспламенением от сжатия название «Дизель-мотор», чтобы отметить научный и технический вклад Рудольфа Дизеля в энергетическое машиностроение.

По словам самого Г.В. Тринклера, признававшего авторитет Р. Дизеля в двигателестроении и его большие заслуги перед человечеством, «...Дизеля нужно прославлять не за создание новой идеи, не за создание теории и тезисов, а за ту энергию, с которой он проводил свои опыты до конца и этим подарил нам необычайно ценный двигатель» [7].

#### Литература

1. <http://eseu.nm.ru/history/trinkler.htm> «Г.В. Тринклер и его бескомпрессорный двигатель высокого сжатия»
2. *Тринклер Г.В.* Двигателестроение за полустолетие. Очерки современника. — 2-е изд. Л. : Речной транспорт, —1958. — 168 с.
3. *Тимошенко Н.Д.* Двигатели внутреннего сгорания. Компоновки и конструкции. Атлас. — Екатеринбург, 2003. — Ч. 1. — 1214 с.
4. *Дизель Р.* О развитии двигателей Дизеля. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания». — С.Петербург, 1910. — С. 113–115.
5. *Дуббель Г.* Двигатели внутреннего сгорания (стационарные и судовые) / Пер. с нем. — М.; Л. : Государственное научно-техническое издательство, 1932. — С. 640.
6. *Румб В.К.* Первые отечественные бескомпрессорные дизели // Двигателестроение. — 2008. — № 1. — С. 46–48.
7. *Тринклер Г.В.* Проблема Дизеля и различные попытки ее разрешения. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания». — С.Петербург, 1910. — С. 137–150.
8. *Зеленцов В.В.* Густав Васильевич Тринклер — основоположник отечественного и мирового дизелестроения. Газета Нижегородского информационного центра. — № 40 от 20 мая 2003 г.