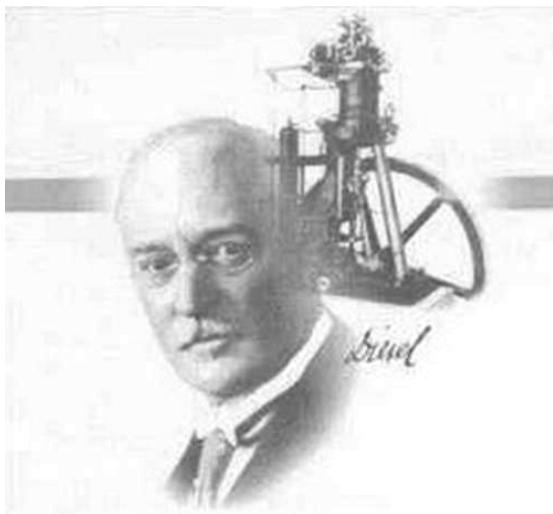


Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Волжская государственная академия водного транспорта

Ю.И. Матвеев, О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ДИЗЕЛЯ

Памяти Рудольфа Дизеля посвящается



Нижний Новгород
Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ»
2011

Рецензент – доцент В.Я. Аладышкин

Матвеев, Ю.И.

История возникновения двигателя Дизеля. Памяти Рудольфа Дизеля посвящается / Ю.И. Матвеев, О.Е. Андрусенко, С.Е. Андрусенко. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – ... с.

Представлена история возникновения двигателя Рудольфа Дизеля – дизель-мотора, ставшего родоначальником современных дизелей – двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия. Рассмотрен вклад России в совершенствование дизелей и лидирующее положение России во внедрении и распространении дизельного двигателя в основных отраслях промышленности.

В тексте приведены краткие сведения о специалистах, внесших существенный вклад в развитие двигателей внутреннего сгорания.

В приложении приведены: копия немецкого патента Рудольфа Дизеля; краткие исторические сведения о событиях и изобретениях, относящиеся ко времени жизни и деятельности Рудольфа Дизеля; источники информации, из которых были заимствованы иллюстрации.

В библиографии, кроме списка использованной литературы, приведен также перечень трудов Рудольфа Дизеля, опубликованных биографий Рудольфа Дизеля в изложении различных авторов, трудов по дизелестроению.

Книга может быть использована в качестве дополнительного учебного материала преподавателями и студентами высших и средних специальных учебных заведений, изучающих дисциплину «Двигатели внутреннего сгорания».

Предисловие

Когда мы говорим слово «дизель», то имеем в виду, прежде всего, особый тип двигателя внутреннего сгорания. Слово «дизель» поэтому для многих уже давно стало нарицательным. И сейчас мы уже практически не отождествляем это понятие с именем его изобретателя. Тем не менее, в истории двигателестроения действительно был такой человек – немецкий изобретатель Рудольф Дизель, создатель этого двигателя.

В настоящее время мало кто знает удивительную судьбу этого человека. С тех пор, как мы начали писать слово «дизель» с маленькой буквы, мы совсем перестали вспоминать, что за ней стоит непростая судьба великого Инженера.

И уж тем более, мало кто представляет, какую роль сыграла Россия в судьбе самого изобретателя и созданного им двигателя.

Немец по происхождению, родившийся во Франции, Рудольф Дизель, как и его изобретение, оказались тесно связаны с Россией. Именно Россия и русские инженеры обеспечили двигателю Дизеля великое будущее и именно России Дизель обязан тем, что его двигатель стал всемирно известен и широко применим – его даже называли «русским двигателем».

Следует также пояснить, почему авторы в названии книги сделали упор именно на термине «возникновение двигателя», а не «истории создания двигателя». Это название сложилось по нескольким причинам.

Во-первых, авторы посчитали необходимым дать не просто описание самого изобретения и трудный процесс его воплощения в реальный двигатель, и это была бы история создания двигателя. Но мы постарались показать, что двигатель возник не на пустом месте, и его появлению предшествовала вся история развития двигателей внутреннего сгорания и теплотехники, начиная с теплового цикла великого Карно и кончая последними достижениями предшественников Дизеля.

Во-вторых, трудности получения работоспособного двигателя, связанные с отказом Дизеля от первоначальных своих намерений, и

позиция самого Дизеля в отношении ограниченной области его применения в мелком кустарном производстве могли навсегда оставить его, как и многие предшествующие двигатели, только в памяти историков двигателестроения. Здесь уместно отметить, что двигатель, создаваемый по результатам теоретических исследований Дизеля, и двигатель, возникший в результате длительных экспериментальных работ Дизеля, существенно отличаются друг от друга за исключением единственного основного признака – самовоспламенения топлива в цилиндре двигателя. Дальнейшая судьба двигателя тесно связана с широкими возможностями его применения именно за счет этого признака, а также возможностью использования дешевых топлив, что в итоге сделало его достоянием всего промышленного прогресса.

И, в-третьих, без участия русских инженеров судьба двигателя в первоначальных его идеях была обречена на постепенное умирание. Русские инженеры сумели увидеть широкие возможности использования двигателя, обеспечив двигателю уже более чем столетнюю историю. Двигатель Дизеля работах русских инженеров возник заново.

Следует также напомнить и то, что свой последний труд по рациональному двигателю сам Дизель назвал «История возникновения двигателя Дизеля» [3, стр. 809 в переводе Г.Г. Калиша и С.И. Алексева].

Именно такая позиция авторов способствовала появлению названия книги «История возникновения двигателя Дизеля», которое отражает весь огромный путь, проделанный Дизелем и его двигателем – от идеи до воплощения в металле и широкого использования. Это как раз оказалось тем, что обеспечило двигателю Дизеля великое будущее, а самому Дизелю – славу Гения.

Эта книга является второй из планируемых авторами к изданию трех книг, посвященных дизельному двигателю.

Первая книга, но третья по ее историческому месту, «Развитие и распространение дизелей в России. К 100-летию русской привилегии Г.В. Тринклера на дизельный двигатель», вышла в издательстве ФГОУ ВПО «ВГАВТ» в 2010 году тиражом 200 экз.

Последняя, с названием «История моторов», третья по счету книга и первая по ее историческому месту, будет посвящена развитию двигателей внутреннего сгорания, начиная со времени изобре-

тения первого двигателя внутреннего сгорания Лемуаром и кончая началом XX века, когда все наиболее важные вопросы конструирования и расчетов двигателей внутреннего сгорания, были уже решены. Выход последней книги планируется на 2012 год.

Авторы надеются, что до окончания всей работы, мнения и отзывы читателей и специалистов помогут исправить имеющиеся недочеты и, может быть, внести конкретные изменения в дальнейшее повествование по «истории моторов».

Введение

Теоретических и конструктивных предпосылок для нового типа двигателя внутреннего сгорания было достаточно. Только и оставалось явиться уму, который бы, по справедливому замечанию Гельвеция, закончил работу многих и получил бы славу и имя гения.

Этим умом оказался Рудольф Дизель.

Лев Гумилевский [6, стр. 30]

История возникновения двигателя Рудольфа Дизеля представляется очень интересной со всех точек зрения – не только теоретической и технической, но и с точки зрения биографии самого изобретателя.

Появлению двигателя Дизеля и теплового цикла двигателя, названного его именем, предшествовал целый ряд работ, которые всем были известны, но только целенаправленная деятельность и талант Дизеля смогли создать новый тип двигателя.

Заслуга Дизеля состоит в том, что он не только обобщил прежний опыт, но и с большим трудом, упорством и талантом гениального конструктора смог реализовать идеи, давно носившиеся в воздухе, и создать высокоэкономичный мотор. Создание этого двигателя казалось до того закономерным, что до некоторого времени не только оппоненты Дизеля, но и он сам не видел в этом событии рождение нового типа двигателя.

Следует отметить также и то, что Дизель не просто изобретатель, который методом проб и ошибок дошел до рождения нового двигателя. Этому способствовало его огромное желание реализовать те знания, которые он получил, обучаясь у признанных профессоров лучших технических школ Германии, и добиться исполнения своего замысла – максимального использования в двигателе внутреннего сгорания теплоты сгоревшего топлива. Этому способствовала также решимость в изменении своих первоначальных ут-

верждений и выработке новых решений. Гибкость ума Дизеля, его целеустремленность заслуживает большого уважения и признательности его таланта.

Появившиеся в последнее время публикации, приуроченные к 150-летию изобретателя в 2008 году и 100-летию самому двигателю в 1997 году, изобилуют не только многочисленными повторами, но и грубыми ошибками биографического и технического характера, а также отсутствием сведений о людях, которые окружали Дизеля, работали вместе с ним, помогали продвижению его идей и реализации их на практике. Это объясняется тем, что книг о Рудольфе Дизеле биографического характера очень мало, а переведенных трудов самого Дизеля уже практически не найти.

В предлагаемой работе собраны сведения, которые относятся к жизни и деятельности Дизеля и которые имеют не только техническую, но и историческую достоверность. Авторский коллектив по мере возможности не обошел стороной и вопрос биографических справок о тех людях, которые оказывались причастными к созданию двигателей внутреннего сгорания и деятельности самого Рудольфа Дизеля.

Нужно заметить, что весьма трудным моментом этой работы было именно заполнение биографических пробелов. Сведения о деятельности и частной жизни интересующих нас людей оказались слишком скудными, а порой и просто отсутствовали. Конечно, за давностью лет полные справки привести невозможно, тем не менее, даже скудные сведения могут дать представление о деятельности этих людей и подтолкнуть пытливые умы к дальнейшим поискам и уточнениям.

В приложении приведена копия главного патента Рудольфа Дизеля в качестве исторической иллюстрации к предлагаемому содержанию книги.

В настоящей работе важные технические характеристики двигателей приведены в старых единицах измерения, т. е. тех единицах измерения, которыми пользовались во время создания первых двигателей. К таким единицам относятся эффективная лошадиная сила (э.л.с.), введенная еще Джеймсом Уаттом, индикаторная лошадиная сила (и.л.с.), расходы топлива на эффективную лошадиную силу в час (г/эсч) и индикаторную лошадиную силу в час (г/исч), ну и, конечно, давление в атмосферах абсолютных (абс.

атм), избыточных (изб. атм) и как сила, действующая на единицу площади поверхности (кг/см^2) и т. д. Это сделано с той целью, чтобы не нарушать ни значений мощности, ни соотношения числовых параметров на графиках и диаграммах, и не затруднять возможность сравнения их технических характеристик.

Книга предназначена для преподавателей и студентов средних специальных и высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания», и может быть использована в качестве дополнительного учебного пособия. Книга может быть также полезна инженерно-техническим работникам, работающим в области двигателестроения.

Авторский коллектив книги благодарит профессорско-преподавательский коллектив кафедры судовых энергетических установок Волжской государственной академии водного транспорта г. Нижнего Новгорода за ценные замечания, рекомендации и пожелания и выражает особую благодарность за редактирование книги доценту кафедры Аладышкину Вадиму Яковлевичу.

Мы выражаем также благодарность начальнику отдела перспективных дизелей акционерного общества «РУМО», к.т.н. Андрусенко Евгению Ивановичу за консультирование по вопросам истории развития теории двигателей внутреннего сгорания и их конструкций.

Глава 1. Рождение и становление идеи

Изобретатель двигателя, названного его именем, родился в Париже 18 марта 1858 года в семье немецких эмигрантов Теодора и Элис Дизелей (рис. 1) и был одним из трех детей. И хотя свою родословную семья вела из крохотного тюрингского городка Пёснек (Roessneck), однако на свет автор мотора появился в Париже, что зафиксировано в книге учета префектуры VI округа, где дословно записано: «Рудольф Дизель Кретьен (Кристиан) Шарль рожден в квартире своих родителей в доме 38 по улице Нотр-Дам де Назарет 18 марта 1858 года». Семья в бедности не прозябала – отец, по профессии переплетчик, после знакомства со своей женой – дочкой известных торговцев, смог организовать собственное производство кожгалантереи.



Рис. 1. Родители Рудольфа Дизеля – Элис и Теодор Дизели

Об инженерной профессии в семье Дизелей никто никогда не помышлял. Несколько поколений предков творца чудо-мотора были книготорговцами и переплетчиками. Хотя родители к механике никакого отношения и не имели, Рудольфа с самого раннего детства приводили в священный трепет различные машины. Его родители чувствовали себя парижанами и жили как другие французы — по воскресеньям катались на лодке и завтракали на траве, а в будние дни и сами вкалывали, и посылали сына колесить по Парижу, чтобы развезти книги. Но самым любимым местом «паломничества» и своего рода детским университетом стал парижский Музей искусств и ремесел, куда Рудольф с завидным постоянством просил родителей сводить на очередную экскурсию.

Никто и не вспоминал, что переплетчик Теодор Дизель — немец. Но в 1870 г. началась франко-прусская война, и сразу, же из парижского «гамена» Теодор Дизель превратился в «боша» (немецкую свинью).

Дизелям пришлось перебраться в Англию.



Рис. 2. Двенадцатилетний Рудольф Дизель

Что же касается Рудольфа, то сразу по приезде в Англию его отправили к родственникам в Аугсбург — на историческую родину. *«Мы обязаны предоставить Рудольфу возможность продолжать образование, — говорил Теодор Дизель жене. — Здесь мы не можем ничего для него сделать. Средств нет, надежд на возвращение во Францию пока тоже нет. В Аугсбурге у нас есть родственники. Брат Рудольф, такой же переплетчик, как и я, возьмет его на содержание. Рудольф будет ему помогать. Профессор Барникель, твой брат, займется воспитанием и образованием Рудольфа. Надо отправить Рудольфа в Германию».*

Так, в 13 лет он оказывается лишенным той материальной поддержки, которую дает семья.

Ранняя самостоятельность дисциплинирует Дизеля, в нем начинает проявляться настоящее немецкое усердие. Рудольф понимал, что жизненный путь теперь придется прокладывать ему самому, поэтому дисциплина и упорство стали его принципами. Работоспособность юноши была феноменальной, а упорство в достижении цели ошеломляло знакомых.

В период с осени 1873 по весну 1875 года Дизель обучается в Политехнической школе в Аугсбурге [6, стр. 54 – 55].

Весной 1875 г. Аугсбургскую школу инспектирует директор Мюнхенской Высшей технической школы Баварии профессор Карл Макс фон Бауерфейнд (Karl Max von Bauernfeind). Рудольф Дизель был представлен ему как выдающийся ученик выпускного класса. Профессор сам пожелал произвести испытание даровитейшего юноши и задал ему несколько вопросов.

Вот как описывает эту встречу Лев Гумилевский в своей книге о Рудольфе Дизеле [6, стр. 55].

«Ответы юноши были точны, ясны, безукоризненны. Профессор был очарован. Он вышел из рамок программы и спросил:

– Какая же область техники более всего интересует вас?

– Машиностроение, – ответил Рудольф.

– Перед этой областью развертываются сейчас огромные перспективы, – с удовлетворением отметил профессор. – Слышали ли вы о попытках создать вместо паровой машины двигатель внутреннего сгорания, способный заменить паровой?

– Мне известны немного работы Отто в этом направлении.

– Думаете ли вы, что осуществление такого двигателя возможно?

– Инженер все может, – ответил Рудольф, высказывая свое заветное убеждение.

Профессор Бауерфейнд с некоторым неудовольствием встретил эту горячность юноши и, поморщившись, сухо поправил:

– С божьей помощью, следовало добавить, молодой человек.

– Я всегда ее подразумеваю, – поспешил исправить свой ответ и Рудольф, – я не упомянул об этом для того, чтобы не загромаждать ответов повторением слишком известных истин.

– Прекрасно, – сказал экзаменатор, – прекрасно и это, и, объявив вслед за тем, что он утверждает за Дизелем стипендию в пятьсот гульденов, поздравил его с зачислением в Мюнхенскую высшую техническую школу».



Рис. 3. Дизель – студент Мюнхенской высшей технической школы

И так профессор Бауерфейнд зачисляет в 1875 году Дизеля на курсы своей школы с назначением персональной стипендии. Эта стипендия и частные уроки Дизеля позволяют ему практически через год перевести родителей, отца и мать, из Парижа, куда позже переехали родители из туманного Альбиона, на их родину в Германию.

Через год Дизель сопровождает в летние каникулы семейство профессора по его просьбе на отдых во Францию, в Париж, где Дизель вырос и где он с самой

лучшей стороны зарекомендовал себя не только знанием французского и английского, но и знанием самой Франции. Дизель свободно разговаривал на французском, английском и родном немецком языках, хотя все детские годы, провел во Франции. В Париже после долгой разлуки он навестил родителей, перебравшихся туда после разгрома Коммуны в мае 1871 года.

В Мюнхенской Высшей технической школе его учителями были профессор теплотехники, изобретатель холодильных машин Карл фон Линде и профессор по машиностроению Мориц Шретер.

Линде был не только ученый, но инженер – практик. Он занимал кафедру механики. Работая по теории машин для охлаждения, он практически применил свои огромные знания, создав машину для приготовления искусственного льда. Он являлся для своих учеников воплощением холодного, спокойного и блестящего ума, одинаково стойкого в вопросах теории и практики.

Профессор Шретер, читавший в Мюнхенской школе машиноведение, был наоборот, воплощенным в живую человеческую личность вдохновением. Все в нем свидетельствовало о страстной отзывчивости и внутреннем неиссякаемом огне. С нисходящей с лица

улыбкой, с быстрыми движениями и веселыми глазами, этот невысокий, стремительный, живой человек действовал на своих слушателей пламенностью своих речей, творческим воображением, неожиданными сравнениями и фантастичностью идей.

Именно в Мюнхене в 1878 году Рудольф Дизель определяет направление своей деятельности. На одной из лекций своего учителя и покровителя Карла фон Линде (рис. 4) он узнает о термодинамическом цикле великого Сади Карно.

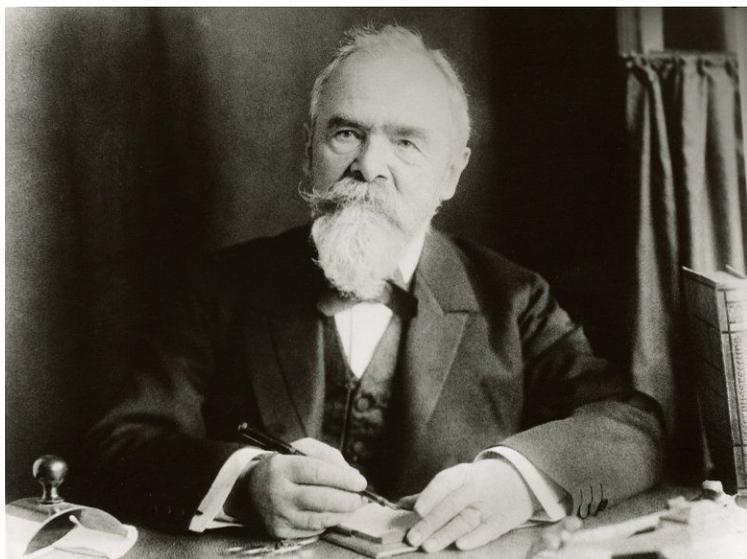


Рис. 4. Профессор теплотехники Мюнхенской Высшей технической школы Карл фон Линде

На лекции по термодинамике фон Линде говорил: «... наши паровые машины имеют коэффициент полезного действия в 10 – 12% при условии, что их мощность не ниже 1000 л.с. Машины до 200 л.с. превращают в работу не более 8% теплотворной способности топлива в полезную работу, а машины в 50 л.с. – не свыше 5%. Лучший современный паровоз превращает в работу только 5% всего тепла горения, а из этих 5% одна пятая теряется на трение механизмов; таким образом, только 4% первоначального

тепла переходит в механическую работу, остальное вылетает в трубу» [6, стр. 14].

В тоже же время, по утверждению профессора Линде, цикл Карно позволял превратить в полезную работу до 70% теплотворной способности потребляемого топлива.

Тогда на полях студенческой тетради Рудольф быстро отметит для памяти: «Изучить возможность применения изотермы на практике». Тогда он еще и не знал, что это станет программой, определившей всю его жизнь.

Маленькой заметкой на полях своей тетради, сделанной на лекции профессора Линде, Рудольф Дизель определил весь свой дальнейший жизненный путь. Это был путь ученого и теоретика, которых, иногда, так презирают некоторые инженеры – практики. Он решил не действовать наобум при помощи гаечного ключа и нескольких непродуманных догадок, как делают многие горячие и молодые изобретатели, а руководствоваться научными данными. В мире для Рудольфа Дизеля существовали одни только истины – математические. Тем не менее, музыка, поэзия и изобразительное искусство также сильно привлекали его, и он находил время и для этих своих увлечений.



Рис. 5. Сади Карно

Николя Леона́р Сади́ Карно́ (фр. *Nicolas Léonard Sadi Carnot*) (1796 – 1832) – французский инженер, физик и математик, один из создателей теории тепловых двигателей (рис. 5). Сын известного политического деятеля и математика Лазара Карно.

Сади Карно получил хорошее домашнее образование. В 1812 году блестяще закончил лицей Карла Великого и поступил в Политехническую школу – лучшее на тот момент учебное заведение Франции. В 1814 году он ее закончил шестым по успеваемости и был направлен в Инженерную школу в городе Мец. После завершения Инженерной школы в 1816 году был распределен в инженерный полк, где провел не-

сколько лет. В 1819 году выиграл конкурс на замещение вакансии в Главном штабе корпуса в Париже и перебрался туда. В Париже Карно продолжил обучение. Посещал лекции в Сорбонне, Коллеж де Франс, Консерватории Искусств и Ремёсел. Там он познакомился с химиком Никола Клеманом, занимавшимся изучением газов. Общение с ним и вызвало у Карно интерес к изучению паровых машин.

И в 1824 году вышла первая и единственная работа Сади Карно — «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» (*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*). Эта работа считается основополагающей в термодинамике. В ней был произведен анализ существующих в то время паровых машин, и были выведены условия, при которых коэффициент полезного действия (КПД) достигает максимального значения (в паровых машинах того времени КПД не превышал 2 %). Помимо этого там же были введены основные понятия термодинамики: идеальная тепловая машина, идеальный цикл — цикл Карно, обратимость и необратимость термодинамических процессов.

Есть некоторые основания считать, что этот труд Карно появился после изучения им работ Дени Папена (1647 – 1712) – первой исторически зарегистрированной попытки осуществления идеи двигателя внутреннего сгорания. Во всяком случае, у историков двигателей внутреннего сгорания упоминается некая книга, название которой гласит [34, стр. 9 – 11]:

«Поучительная история великого неудачника или жизнеописание незадачливого открывателя новых машин и фантаста господина Дени Папена. Сочинил на основании подлинных документов Этьен Дюльби де-ла-Фош (бакалавр). Отпечатано в Париже, 1812».

Более того, упоминается, что на тыльной стороне переплета обнаруженной книги имелась рукописная надпись, в которой говорилось [34, стр. 63]:

«Да, он ступил на правильный путь. – Не его вина в том, что он смог сделать по этому пути только первый, самый первый шаг. Шаг этот был гениален. Французы не поняли его, как не поймут много, чему суждено впоследствии перевернуть все представления о науке строения двигательных машин. Мне обидно за Папена, как, вероятно, кому-нибудь будет обидно за меня. Ах Франция! Как много тебе еще нужно постичь. Сади Николай Карно, капитан инженеров, 22 августа 1827».

В 1828 году Карно оставил военную службу. Он много работал, притом, что в 1830 году произошла очередная французская революция.

В работе «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» он рассматривал вопрос о «получении движения из тепла» в самой общей форме. Эта проблема имела огромное практическое значение в связи с промышленным переворотом и распространением тепловых двигателей. В своей работе Карно впервые обратил внимание на то, что только при переходе тепла от тела более нагретого к телу более холодному можно получить полезную работу; и, наоборот, чтобы привести тепло от холодного тела более нагретому, необходимо затратить работу. Эту правильно подмеченную физическую закономерность Карно вывел, анализируя идеальный круговой процесс, который теперь носит его имя – цикл Карно.

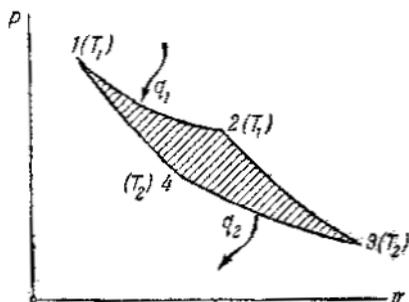


Рис. 6. Цикл Карно

Цикл Карно – идеальный круговой процесс (рис. 6), с которым сопоставляют все теоретические циклы, совершающиеся при одних и тех же температурах теплоотдатчиков и теплоприемников. Изменение состояния рабочего тела в цикле Карно происходит бесконечно медленно при следующих условиях. Подвод теплоты при температуре T_1 к рабочему агенту в количестве q_1 осуществляется так, что он расширяется изотермически по кривой 1–2. Далее рабочий агент расширяется

по адиабате 2–3, т. е. без подвода теплоты, а за счет уменьшения внутренней энергии агента. Передача части теплоты в количестве q_2 теплоприемнику с температурой T_2 (в соответствие со вторым законом термодинамики), происходит изотермически. В цикле Карно по кривой 3–4 происходит изотермическое сжатие. Цикл завершается адиабатой 4–1, т. е. после точки 4 сжатие будет происходить с увеличением внутренней энергии агента. КПД цикла определяется из выражения

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Никакой другой термодинамический цикл, работающий в тех же температурных пределах, что и цикл Карно, не может иметь больший по величине термический КПД. Поэтому в цикле Карно при заданных условиях может быть превращено в механическую энергию максимальное количество теплоты.

Однако причинную связь указанных явлений Карно трактовал неправильно. Он придерживался неверного, но широко распространенного в то время взгляда, рассматривавшего теплоту как некую невесомую жидкость (теплород). Так как, согласно этим взглядам, теплород не может ни уничтожаться, не возникать, а переходить от одного тела к другому, то Карно полагал, что количество теплоты, которое вещество отдает во время кругового процесса окружающим телам, должно быть равным количеству теплоты, получаемому извне; выигрыш же работы получается потому, что имеет место нисходящее течение теплоты от более высокой температуры к более низкой, подобно тому, как производится работа при падении жидкости с более высокого уровня на более низкий. Карно высказал положение, что только разность температур обуславливает движущую силу (работу), которую можно получить при посредстве теплоты; при этом природа работающего вещества в тепловой машине не играет никакой роли. Это последнее положение теоремы Карно находится в согласии и с современными представлениями. Теорема Карно гласит: величина термического коэффициента полезного действия циклов с двумя источниками тепла, горячим и холодным, не зависит от свойств рабочего тела и определяется исключительно значениями температур источников.

Впоследствии Карно изменил свои представления о природе теплоты. Из опубликованных в 1878 году его черновиков видно, что Карно в последние годы

своей жизни отказался от теории теплорода, признавал взаимную превратимость теплоты и механической работы, приблизительно определил механический эквивалент теплоты и высказал в общей форме закон сохранения энергии. Таким образом, Карно можно считать одним из основателей термодинамики.

В течение 10 лет работа Карно оставалась незамеченной. Только в 1834 году она была по достоинству оценена французским физиком Б. Клапейроном, повторившим рассуждения Карно и облегшим его идеи в доступную математическую форму. Позже идеи Карно были переработаны английским ученым У. Томсоном и немецким ученым Р. Клаузиусом, которые, связав их с представлением о теплоте как о движении молекул, выдвинутым еще М.В. Ломоносовым, развили положения новой науки – термодинамики.

Умер Карно в 1832 году от холеры, и поэтому, по существующим в то время правилам, все его имущество, в том числе и бумаги, было сожжено. Таким образом, его научное наследие было утрачено. Уцелела только одна записная книжка – в ней было сформулировано Первое начало термодинамики.

В 1878 году курс Высшей технической школы был окончен. Профессор Линде оставлял Рудольфа своим ассистентом. На лето он рекомендовал ему отправиться в Швейцарию на Винтертурский машиностроительный завод братьев Зульцер в качестве практиканта для ознакомления с машиностроительным производством.

Администрация образцового завода братьев Зульцер, неотступно контролировавшая каждый шаг своих рабочих, нисколько не интересовалась тем, что делалось за стенами заводских зданий. Огромная масса рабочего населения Винтертура находилась в тягчайших условиях жизни: теснота в жилищах, скученность и грязь, вынужденное пренебрежение к простейшим требованиям гигиены, плохое питание после изнурительного рабочего дня – все это считалось неизбежным в быту рабочих. За время своего пребывания в Винтертуре Рудольф Дизель мог прекрасно ознакомиться с бытом зульцеровских рабочих, с которым и он сталкивался в стенах завода. Стесненный в средствах, практикант жил в семье рабочего-котельщика, прибегавшего к сдаче каморок, чтобы прокормиться с женой и детьми; Рудольф здесь жил, как все рабочие, и очень скоро узнал и вкус хлеба после десятичасовой работы у болторезного станка, и крепость сна, и блаженство отдыха.

Практиканство на заводе продолжалось всего лишь несколько летних месяцев. Но Рудольфу суждено было за это время подвергнуться всем случайностям полуголодного существования, оставшегося в его памяти на всю жизнь.

Находясь на практике в Швейцарии, во время прогулок по берегам Эйлаха молодой ученый имел возможность свободно думать о заданной себе задаче. Он перечитывал все, что могло ему в этом помочь. Конечно, знаменитые «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развить эту силу» – единственное сочинение Карно, гениального основоположника термодинамики, были любимейшей книгой Рудольфа. Это сочинение, почти незамеченное современниками Карно в 1794 году, теперь только было оценено в полной мере.

Широта взгляда на предмет исследования, необычайно ясный язык, несмотря на сложность вопросов, делали это небольшое сочинение изумительным проявлением человеческого гения, смотревшего на сто лет вперед и предсказавшего достижения техники далекого будущего. Не ограничиваясь критикой паровых машин, Карно развивал уже вопрос о применении атмосферного воздуха для теплового двигателя. Этот вопрос поднимался некоторыми учеными и раньше, но лишь ему удалось поставить его теоретически, дав решение, поразительное по силе проникновения. Рассуждая о применении атмосферного воздуха, гениальный основатель теории тепловых двигателей совершенно ясно формулировал преимущества той машины, которая на глазах у современников Дизеля была уже осуществлена в виде двигателей внутреннего сгорания. Карно видел уже в свое время все выгоды, получаемые двигателем при устранивании парового котла и замене пара воздухом.

«Водяной пар, – писал Карно, – может быть образован только в котле, в то время как атмосферный воздух можно нагревать непосредственным сгоранием, происходящим в нем. Этим была бы избегнута не только большая потеря в количестве тепла, но и в его градусах ...» [27, стр. 59].

Намечая конструктивные принципы такого двигателя, Карно говорил: *«Чтобы дать воздуху возможность сильно расширяться и расширением вызвать большое изменение температуры, надо взять его сперва при достаточно высоком давлении. Его следовало бы сжать пневматическим насосом или каким-либо другим способом, раньше, чем нагревать»* [27, стр. 59].

Далее Карно писал о принципах, которые должны быть положены в основу конструкции такого двигателя: *«Нам, казалось бы, более выгодным, действовать не как господина Ньепсы, а сперва*

сжать воздух насосом, затем пропустить его через вполне замкнутую топку, вводя туда маленькими порциями топливо при помощи приспособления, легко осуществимого. Затем заставить воздух выполнить работу в цилиндре с поршнем или в любом другом расширяющемся сосуде, и, наконец, выбросить его в атмосферу» [27, стр. 60].

Жозеф Нисефор Ньепс (Joseph Nicéphore Niépce) (1765 — 1833) — французский изобретатель, наиболее известен как первооткрыватель фотографии.

Родился в городе Шалон-сюр-Саон (Chalon-sur-Saône) в Бургундии в аристократической семье. Его отец и дед по матери были адвокатами. В Шалоне семья располагала большим имуществом. Жозеф учился в колледжах Шалона, Труа и Анжера с 1780 по 1788 ораторскому искусству. Хотя учеба готовила его к церковной карьере, он в 1792 предпочёл поменять направленность, вступив в революционную армию. В 1795 он поселился в Ницце и женился на Агнессе Рамеру. Через 6 лет он возвращается в родной город к своей матери и братьям. Здесь он начинает заниматься своими исследованиями вместе со своим братом Клодом.

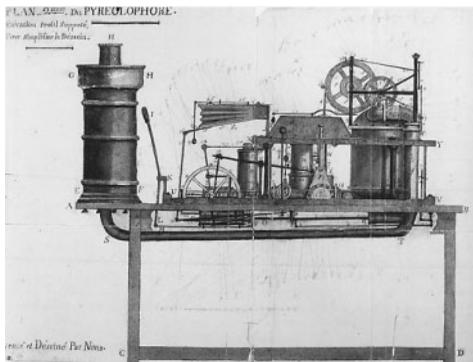


Рис. 7. Жозеф Нисефор Ньепс и тепловая машина *pireolophor* – «пирэолофор».

Первым изобретением в 1806 г. был пирэолофор-мотор (*ругеолорфог* – в переводе с греческого название означало «влекомая огненным ветром»), работающий на твердом топливе. Это была одной из первых попыток развить движущую силу огня посредством атмосферного воздуха в замкнутом цилиндре – двигателе внутреннего сгорания.

Вот как описывает Карно его устройство: «... *атмосферный воздух наполнял при обычной плотности цилиндр с поршнем. Кроме того, туда вводился очень горючий материал в виде мелкого порошка, который несколько времени оставался в воздухе взвешенным; наконец, туда вводился огонь. Воспламенение производило*

дит почти такой же эффект, как если бы внутри цилиндра находилась смесь воздуха и горючего газа, например, воздуха и углеводорода; происходит род взрыва, внезапное расширение упругой жидкости; это расширение используется, его заставляют целиком действовать на поршень. Последний получает движение некоторой амплитуды, и таким образом развивается движущая сила. После этого ничто не препятствует переменить воздух и возобновить операцию, подобную первой.

Эта машина, весьма замечательная и интересная, особенно новизной принципа, грешит в одном основном пункте. Вещество, употребляемое в качестве топлива (порошок лycopодия, употребляемый для получения пламени в театрах), так дорого, что этим уничтожается вся выгода. К несчастью, трудно найти топливо, более подходящее по цене, так как оно должно быть в виде тонкого порошка, вспышка которого происходила бы легко, быстро распространялась и оставляла бы после себя мало или совсем бы не оставляла золы ... Главные трудности, встречаемые в этого рода операциях: заключить топку в помещении достаточной крепости и поддерживать при этом горение в должном состоянии, поддерживать различные части аппарата при умеренной температуре и мешать быстрой порче цилиндра и поршня; мы не думаем, чтобы эти трудности были непреодолимы» [27, стр. 60].

В том же году братья оснастили своим двигателем трехметровую лодку, весом 450 кг. Лодка ходила вверх по речке Сене со скоростью вдвое больше скорости течения.

В 1816 начал работать над получением фотографического изображения. Изначально использовалась серебряная соль, которая чернеет при контакте с дневным светом. Ньепс смог получить негатив, однако при высвобождении серебряной соли из камеры снимок весь зачернел. В дальнейшем Ньепс пытался использовать медную, или известняковую пластинку покрытую асфальтом.

Для осуществления идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, Дизелю нужны были знания и опыт; предупреждение гениального французского ученого всегда стояло перед глазами: *«Употребление атмосферного воздуха для развития движущей силы тепла на практике представляет огромные трудности, но, может быть, не непреодолимые. Если их удастся победить, то воздух обнаружит большие преимущества перед паром»* [27, стр. 60].

Перед самым отъездом в Мюнхен, где он должен был сдавать выпускные экзамены, Дизель заболел тифом. Тяжелая болезнь вырвала его на несколько недель из жизни; месяцы понадобились для того, чтобы он вернулся к прежнему своему состоянию.

Государственные экзамены были отложены до конца года. Однако даже при этой неблагоприятной обстановке, экзамены были выдержаны Рудольфом блестяще.

В 1879 году по ходатайству профессора Линде Дизель получает скромную должность инженера в Париже на заводе акционерного общества «Холодильник», основанного известным баварским финансистом бароном Хиршем, а в 1880 году Дизель уже был назначен директором завода.



Рис. 8. Рудольф Дизель (слева) – директор завода акционерного общества «Холодильник» в Париже и жена Рудольфа Дизеля – Марта-Луиза (справа), урожденная Флаше из Мюнхена

Годы, проведенные в Париже, ознаменовались не только интенсивной работой Дизеля. В 1883 году он женится на Марте Флаше и у них рождается сын Рудольф. В 1885 году родилась дочь Хеди, а в 1889 году – младший сын Евгений.

Наблюдения за состоянием газов в холодильных машинах при их резком сжатии и расширении привели Дизеля к идее безыскрового воспламенения газовой смеси в цилиндре двигателя. В голову ему приходит мысль о создании абсорбционного двигателя, рабо-

тавшего на аммиаке, а в роли топлива должна была выступать специальная пудра, полученная из каменного угля.

В течение 10 лет на заводе вместе с французским инженером Луи Филиппом Когеном он работает над созданием двигателя принципиально новой конструкции – аммиачного двигателя.

В те времена кабинет Дизеля был завален исчерченными листами: конструктор создавал миниатюрные моторы для прялок и швейных машин, разрабатывал двигатель для транспорта, работающий на аммиаке, пытался изобрести стационарный агрегат на солнечной энергии. Он занимался всем. Время было расписано по минутам: подъем в семь, работа до полудня, потом краткий отдых и снова работа за полночь. Как истинный католик, Дизель надеялся, что рано или поздно Бог воздаст ему за трудолюбие. Он жил верой в то, что небеса пошлют ему спасительную идею.

Что же подвигло Дизеля искать новые решения для создания двигателя?

Связано это было с тем, что усовершенствованные позднее двигатели Ленуара все же не нашли применения: коэффициент полезного действия их колебался от 3 до 5%, мощность их была незначительна, потребляемое топливо дорого, и никакого преимущества перед паровыми машинами они не имели.

Уже существовал двигатель внутреннего сгорания, изобретенный немецким инженером Николаусом Августом Отто. В нем главную задачу выполнял карбюратор, в котором бензин распылялся и смешивался с воздухом. Далее эта смесь подавалась в цилиндр и с помощью искры воспламенялась. Раскаленные газы толкали поршень цилиндра, что рождало вращательное движение вала. Но у двигателя внутреннего сгорания Отто были существенные недостатки: требовался дорогой бензин, он же и создавал постоянную взрывоопасность.

Гений Дизеля вел его от научной критики работы паровых машин, начатой Карно, к поискам новых материалов, которые могли бы заменить водяной пар и стать, таким образом, рабочим телом нового двигателя. Он начал в часы досуга на самостоятельных приборах в заводских лабораториях производить опыты с парами аммиака. Аммиачный двигатель был сконструирован приблизительно в 1886 – 1887 годах. Задача стояла заменить светильный газ в двигателях Отто дешевым топливом.

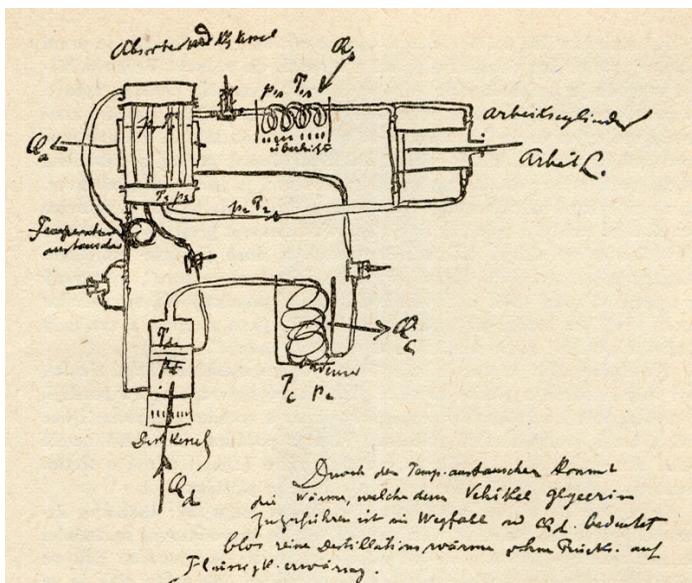


Рис. 9. Автограф Р. Дизеля с проработкой схемы теплового двигателя.

В двигателе Дизеля горючим материалом могло быть что угодно — керосин, мазут, даже угольная пыль. Никакой искры не требовалось — горючее само воспламенялось от сжатия. Гениально просто. Но это кажущаяся простота.

Однако создать в двигателе давление в 50 – 60 атм, нужное для аммиачных паров, практически оказалось настолько затруднительно, что Дизелю никак не удавалось создать конструкцию с КПД выше 10 – 12%, которая могла бы превзойти паровую машину.

Решающим моментом в жизни Дизеля оказалось мартовское утро 1888 г. Пошел дождь. До дому было далеко. Рудольф укрылся от непогоды под сводами местного музея. Взгляд безразлично скользил по витринам и стендам. И вдруг... Внимание Рудольфа привлек один экспонат. Это была зажигалка, изготовленная неизвестным чудаком в 1833 году. По виду она напоминала шприц — тот же стеклянный цилиндр и поршень. Внутри цилиндра поступала небольшая порция горючей смеси. Поршень сжимал воздух

внутри цилиндра, за счет этого внутри создавалась температура, необходимая для воспламенения.

Больше ничего и не требовалось. Идея созрела. Когда в человеке живет бес изобретательства, необходим только толчок. Остальное – из области деталей.

Окончательным поворотным пунктом в жизни Дизеля стала всемирная Парижская выставка 1889 года. В то время как всеобщее внимание привлекла построенная к открытию выставки Эйфелева башня, внимание Дизеля было целиком приковано к моторам, выставленным в павильоне машиностроения. Идея создания теплового двигателя нового типа все сильнее овладела им.

То была эпоха, когда паровые и газовые двигатели из-за низкого коэффициента полезного действия уже не удовлетворяли требованиям развивающейся техники. Необходим был новый, более мощный, экономичный и надежный в эксплуатации двигатель.

Уже было опубликовано множество работ, в которых, казалось, вот-вот появится решение. Мир стоял на пороге открытия новой эры освоения энергии, к этому были все предпосылки. Идея носилась в воздухе, и нужен был только человек, который бы эту задачу решил.

В это время в голове Дизеля и возник остроумный способ осуществления принципиально нового двигателя: воспламенение топлива, введенного в цилиндр двигателя, должно было происходить само по себе в обычном атмосферном воздухе, подвергнутом предварительно такому высокому сжатию, которое доводило бы его температуру далеко за пределы температуры самовоспламенения топлива.

Этот воздух должен был служить и рабочим телом, и химическим реагентом, нужным для сгорания. Тогда Дизель перешел на опыты с обыкновенным атмосферным воздухом.

Оставив мысль об аммиачном моторе, Дизель с новым подъемом и неудержимой страстью принялся за разработку идеи теплового мотора, где атмосферный воздух является и рабочим телом и химическим реагентом.

В своем дневнике Дизель пишет: *«Не могу сказать, когда именно возникла у меня эта мысль. В неустанной погоне за целью, в итоге бесконечных расчетов родилась наконец-то идея, наполнившая меня огромной радостью. Нужно вместо аммиака взять сжатый горячий воздух, впрыснуть в него распыленное топливо и*

расширить его так, чтобы возможно больше тепла использовать для полезной работы».

Но возник вопрос: как и какое топливо использовать? Именно на него и предстояло дать ответ.

А пока нужно было запатентовать принцип работы двигателя: воспламенение горючего за счет нагретого газа. В 1892 г. Дизель получил патент за № 67207 (см. приложение 1), оказавшийся одним из самых дорогостоящих в мире. А затем опубликовал описание двигателя.

«Моя идея, – писал он семье, – настолько опережает все, что создано в данной области до сих пор, что можно смело сказать – я первый в этом новом и наиважнейшем разделе техники на нашем маленьком земном шарике! Я иду впереди лучших умов человечества по обе стороны океана!»

В 1889 году кто-то напомнил профессору фон Линде о застрявшем в Париже ученике, и он немедленно написал ему, приглашая в Берлин и убеждая заняться серьезно его холодильниками. Линде предлагал ему прекрасный по тому времени оклад в тридцать тысяч марок в год. Берлин в данный момент мог быть более полезен Дизелю, чем Париж. Фирма Линде могла ему содействовать больше, чем холодильники Хирше.

Дизель решил принять предложение Линде, но намеревался включить в договор статью о том, что фирма возьмет на себя обязательства оказать ему помощь в создании двигателя, а если он оправдает надежды, то и купить его.

Встреча состоялась в Висбадене в ресторане. Прославленный изобретатель встретил своего ученика по-дружески. Надежда убедить его в том, чтобы он посвятил себя в дальнейшем изучению холодильного дела, однако, не осуществилась. Горячая речь Дизеля, убедительность его теоретических построений заставили Линде смотреть на идею рационального дизель-мотора, как на совершенно реальное изобретение, осуществимое при современном состоянии техники.

«Что же, – сказал Линде, предлагая сигару своему собеседнику, – взятый вами путь, несомненно, правильный путь к цели – достигнуть для получения механической работы такого использования горючего, которое по современному состоянию машиностроения и наших познаний в физике должно быть признано самым со-

вершенным. В содействие же моею вашей работе вы можете не сомневаться ни на минуту».

Договор был подписан в тот же вечер.



Рис. 10. Рудольф Дизель
и Карл фон Линде



Рис. 11. Дизель – член правления Акционерного общества холодильных машин в Берлине

В феврале 1890 года Дизель уже вступил в члены правления Акционерного общества холодильных машин и поселился в Берлине.

Практически с этого момента и начинается реализация замыслов Дизеля по созданию двигателя постепенного сгорания, с воспламенением топлива от высокого сжатия воздушного заряда в цилиндре двигателя.

Глава 2. Теоретические основы «рационального» теплового двигателя Дизеля

Пути первоначального развития двигателей внутреннего сгорания были связаны с именами Ленуара и Отто. В этих двигателях происходило **быстрое сгорание** газообразного или жидкого топлива, имевшее характер взрыва («моментальное» сгорание), с воспламенением топлива от постороннего источника энергии.

Основные идеи Дизеля по созданию «рационального» теплового двигателя внутреннего сгорания были связаны с общими воззрениями на наиболее выгодный цикл тепловых двигателей – цикл Карно [22, стр. 285]. Идея «рационального» двигателя Дизеля – **постепенное сгорание** топлива – была высказана еще Сади Карно, который считал более выгодным сжимать чистый воздух, а не смесь топлива с воздухом, и уже потом вводить в сжатый, и таким образом нагретый воздух топливо небольшими порциями.



Рис. 12. Патент № 67207 от 23 февраля 1893 года и Рудольф Дизель в 1893 г.

Основные тезисы своего «рационального» двигателя Рудольф Дизель изложил в следующих публикациях:

– заявке от 28 февраля 1892 года в патентное бюро Германии на способ действия и устройство нового теплового двигателя (An Rudolf Diesel, Ingenieur, in Berlin. Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen. Patent – Urkunde №67207. Anfang des patentes: 1892). Патент за №67207 «Рабочий процесс и способ выполнения одноцилиндрового двигателя» был выдан Дизелю лишь год спустя – 23 февраля 1893 года сроком на 15 лет;

– книге объемом в 96 страниц под заголовком: «Теория и конструкция рационального теплового двигателя взамен паровой машины и ныне известных тепловых двигателей» (Diesel R., «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Wärmemotoren». Berlin., 1893), в которой был изложен принцип работы оригинальной машины и сделана попытка математического доказательства ее превосходства в использовании теплоты.

В обосновании патента Рудольфа Дизеля указывалось, что большого улучшения термического коэффициента полезного действия получить нельзя, если не отказаться от идеи иметь в цилиндре смесь топлива с воздухом во время процесса сжатия, так как предел допустимого сжатия и расширения ограничиваются появлением преждевременной вспышки [9, стр. 7].

Все изложенные в патенте и брошюре предложения Рудольфа Дизеля сводились в основном к тому, чтобы при работе двигателя температура в рабочем цилиндре, необходимая для сжигания топлива (пылевидного, жидкого или газообразного), создавалась не в процессе горения топлива, а еще раньше — в результате адиабатного (без теплообмена с окружающей средой) сжатия в цилиндре до высокого давления заряда чистого воздуха (а не смеси его с топливом, как в двигателе Отто).

Для реализации цикла Карно Дизель проектировал повышение конечного давления сжатия до 250 атм, которое сопровождалось бы повышением температуры воздуха в цилиндре до 500 – 700°C; засасывать в цилиндр предполагалось чистый воздух, так как при засасывании горючей смеси это повышение температуры было недопустимо из-за опасности преждевременной вспышки.

В воздух, доведенный до столь высокой температуры, Дизель предполагал вводить распыленное топливо. Введение этого топлива предполагалось настолько медленным, чтобы температура смеси при сгорании его не повышалась заметно (изотермическое сгорание). Ввиду этого предположения об изотермичности сгорания топлива Дизель считал ненужным водяное охлаждение цилиндра.

Изложив в своей книге результаты термодинамического исследования, Рудольф Дизель пришел к следующим трем главным, «основным условиям совершенного сгорания» (тезисам) [3, стр. 798]:

«1. Создание наивысшей температуры цикла (температуры сгорания) не за счет процесса сгорания и не в течение этого процесса, но до сгорания и независимо от него, с помощью одного лишь механического сжатия чистого воздуха (или смеси воздуха с нейтральными газами или парами).

2. Постепенное введение в этот сильно сжатый и, следовательно, имеющий высокую температуру воздух во время некоторой части обратного хода поршня мелко размельченного топлива в таком количестве, чтобы сгорание не вызывало повышения температуры массы газа и чтобы, следовательно, кривая была по возможности ближе к изотерме. После начала процесса сгорания последний не должен быть предоставлен сам себе, а за все это время его течения должно происходить его регулирование извне для того, чтобы поддерживать правильное соотношение между давлением, объемом и температурой.

3. Правильный подбор веса воздуха по отношению к теплотворной способности топлива при предварительно установленной температуре сжатия (одновременно являющейся температурой сгорания) так, чтобы машина практически могла работать без искусственного охлаждения стенок».

Однако, существует принципиальное различие между тезисами, представленными в книге Рудольфа Дизеля, и описываемыми многими авторами в отношении подбора веса воздуха по отношению к теплотворной способности топлива, и тезисами, заявленными в его первоначальном патенте, которые гласят:

1) В основном патенте № 67207 [5, стр. 52 – 53]: *«1. Рабочий процесс в двигателе внутреннего сгорания характеризуется тем, что поршень в цилиндре настолько сильно сжимает воздух или какой-нибудь индеферентный газ (пар) с воздухом, что получаю-*

щаяся при этом температура сжатия находится значительно выше температуры воспламенения топлива. При этом сгорание постепенно вводимого после мертвой точки топлива совершается так, что в цилиндре двигателя не происходит существенного повышения давления и температуры. Вслед за этим, после прекращения подачи топлива, в цилиндре происходит дальнейшее расширение газовой смеси.

2. Для осуществления рабочего процесса, описанного в п.1, к рабочему цилиндру присоединяется многоступенчатый компрессор с ресивером. Равным образом возможно соединение нескольких рабочих цилиндров между собой или же с цилиндрами для предварительного сжатия и последующего расширения».

2) В американском патенте, соответствующем патенту № 67207: «То, что Я считаю новым, и желаю это закрепить Патентной Грамотой, состоит в следующем:

1. Описанный здесь процесс для преобразования теплоты в работу, состоит, во-первых, из сжатия воздуха или смеси воздуха с нейтральным газом или парами до степени, производящей температуру выше температуры точки воспламенения топлива, затем постепенное введение топлива для сгорания в этот сжатый воздух с последующим расширением для того, чтобы избежать существенного увеличения температуры и давления, затем прекращение подачи топлива и дальнейшее расширение газов без отвода тепла в стенки цилиндра двигателя.

2. В двигателе внутреннего сгорания, состоящем из цилиндра и поршня, клапанов для впуска воздуха или смеси воздуха и нейтрального газа, клапанов подачи топлива, сконструированных для постепенной подачи топлива в цилиндр, и средств для осуществления открытия клапанов в начале рабочего хода поршня и закрытия клапанов в соответствующей части рабочего хода поршня, рабочий процесс будет происходить согласно описанному.

3. В двигателе внутреннего сгорания в соответствии с представленным описанием, состоящем из цилиндра сгорания, обеспечено конструктивными средствами постепенное введение топлива из точки начала его подачи за счет воздушного компрессора, воздушного баллона для подачи воздуха в цилиндр и камеры расширения газов, как было описано выше».

В первоначальных тезисах о двигателе Дизель никогда не говорил о количественном соотношении топлива и воздуха. В его патенте говорилось о минимальном количестве воздуха для сгорания топлива, которое должно отличаться от количества воздуха для сгорания топлива в газовых двигателях Ленуара или Отто, но гораздо большего по величине, чем в указанных двигателях. К сожалению, разночтения патента Дизеля и его книги, достоверность которых в настоящее время установить практически невозможно, породили в то время ряд необоснованных критических замечаний в адрес Дизеля в отношении значения коэффициента избытка воздуха. Это относится к трудам историка двигателей внутреннего сгорания Гуго Гюльднера, и к последующим критическим замечаниям нашего соотечественника Густава Тринклера, которые делали основной упор в критике трудов Дизеля именно на это несоответствие. Но на этой стороне критики трудов Дизеля мы остановимся несколько позднее. Данный вопрос в настоящее время имеет серьезное значение, связанное с мощностью двигателя, удельным расходом топлива и токсичностью выхлопных газов.

На рис. 13. представлен чертеж и диаграммы, сопровождавшие первый патент Дизеля, на которых показаны:

– разрез конструкции «рационального» двигателя Дизеля (фиг. 4 на рис. 13); позициями на рисунке отмечены: a – станина двигателя, b – шатун, c – цилиндр двигателя, d – вал коленчатый, g – вал привода плунжера топливоподачи, p – поршень, f – шестерня привода плунжера подачи топлива, l – игольчатый клапан, q – плунжер, m – рычаг игольчатого клапана, n – камера для топлива, s – изолирующая крышка [29, стр. 30], 1 – нижняя мертвая точка, 2 – верхняя мертвая точка.

– левый нижний график в $P - V$ координатах (фиг. 1 на рис 13) показывает цикл двигателя быстрого сгорания (цикл Отто);

– средний нижний график (фиг. 2 на рис. 13) показывает протекание рабочего процесса «рационального» двигателя при сжатии воздуха по адиабате – «отклоняющийся от совершенного, упрощенный цикл», в котором воздух с самого начала сжимается по адиабате, без предварительного сжатия по изотерме, т. е. без впрыска воды;

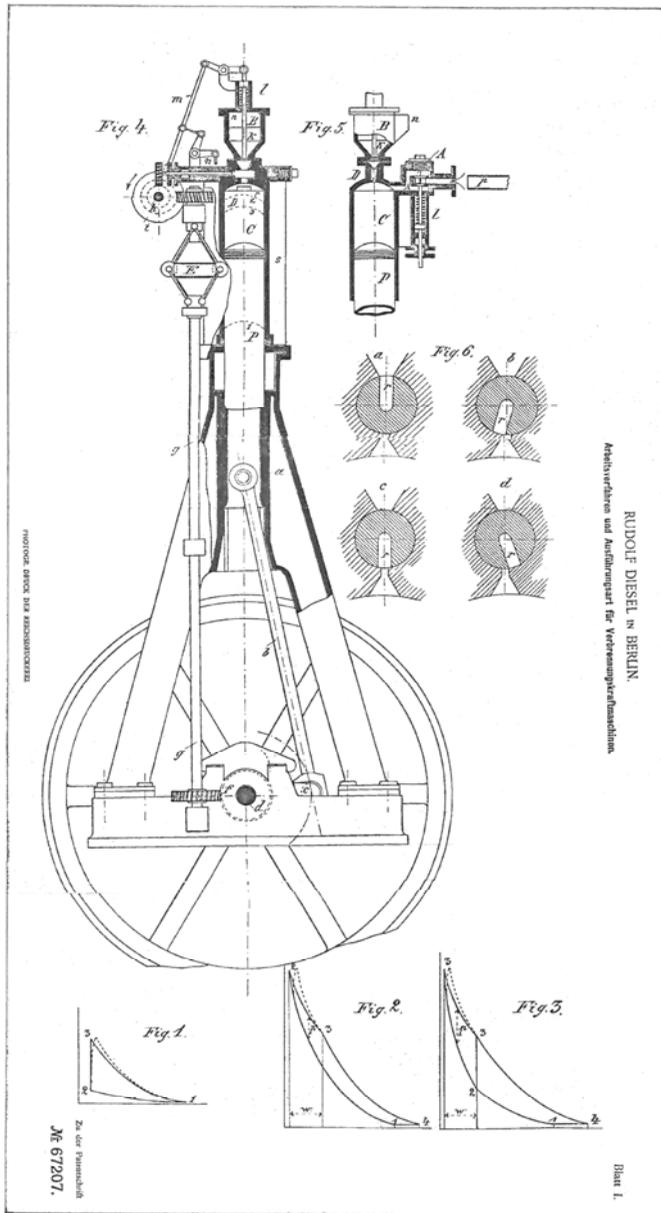


Рис. 13. Чертеж (лист 1), сопровождавший первый патент Дизеля

– правый нижний график (фиг. 3 на рис. 13) показывает протекание рабочего процесса по двум адиабатам и двум изотермам, причем: **кривая 1 – 2 – сжатие воздуха по изотерме с впрыском воды в первой половине хода сжатия (точка 2 – прекращение подачи воды)**, кривая 2 – 3 – продолжение сжатия воздуха по адиабате на второй половине хода сжатия, кривая 3 – 3' – вдувание угольной пыли и начало процесса сгорания без повышения температуры по изотерме, 3' – 4 – прекращение подачи топлива (точка 3') и адиабатическое расширение продуктов сгорания до давления начала сжатия [согласно 3, стр.798];

– верхние четыре картинки (*a, b, c, d*) (фиг. 6 на рис. 13) показывают работу плунжера подачи топлива за один цикл работы двигателя.

В патенте приведено следующее описание предложенного теплового цикла и конструкции разработанного им двигателя (перевод выполнен по тексту патента № 542846 «Метод и устройства для превращения теплоты в работу», выданного Патентным Бюро Соединенных штатов 16 июля 1895 года – прим. и перевод авт.):

«Цикл обычного двигателя внутреннего сгорания представлен теоретической диаграммой, показанной на рисунке 1. Кривая 1 – 2 в показанной диаграмме представляет собой процесс сжатия воздуха и газообразного топлива. В точке 2 происходит зажигание смеси и с последующим сгоранием или взрывом происходит мгновенное увеличение давления, сопровождающееся значительным увеличением температуры. Взрыв происходит практически мгновенно, так что перемещение поршня во время сгорания отсутствует, т. е. равно нулю. В точке 3 сгорание практически заканчивается. Кривая 3 – 1 показывает имеющееся расширение и получение работы, сопровождающееся уменьшением давления и температуры.

Таким образом, исключается возможность воздействия на сгорание газовой смеси непосредственно сразу после зажигания и не представляется возможным регулирование и управление давлением и температурой в течение сгорания в имеющемся объеме воздуха.

Это условие приводит к следующим неблагоприятным результатам. Во-первых, температура, полученная в результате сгорания, настолько высока, что невозможно получение средней температуры, которая будет благоприятствовать смазыванию и поддержанию частей в надлежащем работоспособном состоянии без приспособления для охлаждения цилиндров. Во-вторых, продукты

сгорания недостаточно охлаждаются вследствие расширения и вытекают в горячем состоянии с соответствующим уменьшением используемой теплоты и энергии. Близкие по типу к выше упомянутому классу двигатели обладают такими же недостатками.

В двигателях, в которых воздух вначале сжимается от точки 1 до точки 2, рисунок 1, затем впрыскивается топливо вблизи точки 2 и смесь загорается в момент впрыскивания, происходит увеличение давления на участке 2-3 со значительным увеличением температуры. Кроме того, это же самое имеет место и в двигателях, в которых имеется сжатие газообразной смеси до такой температуры, что происходит спонтанное (самопроизвольное) горение от температуры сжатия.

Точка воспламенения большинства топлив очень низкая (нефть от 70° до 100°). Когда эта температура достигается в результате сжатия (для нефти давление сжатия менее пяти атмосфер, для газа около пятнадцати атмосфер) происходит воспламенение, и при последующем горении температура значительно повышается и происходит увеличение давления по линии 2 – 3 рисунка 1. Наивысшая температура сгорания при этом не зависит от температуры воспламенения и от протекания процесса сгорания, но зависит от физических свойств топлива. Практически, конечно, воспламенение и взрыв происходят в очень короткое время, и по этой причине линия 2 – 3 диаграммы не совсем вертикальная, а несколько отклонена и имеет скругленный переход в точке 3.

Характерная особенность циклов всех этих двигателей может быть выражена следующим образом: увеличение давления и температуры при воспламенении и в процессе сгорания с последующим выполнением работы при расширении – процесс сгорания, представленный сам себе после воспламенения.

Метод, составляющий предмет моего изобретения, отличается от всех ранее описанных и иллюстрирован теоретической диаграммой, показанной на рисунке 2. В соответствии с этой диаграммой чистый атмосферный воздух сжат по линии 1 – 2 до такой степени, что перед воспламенением или сгоранием достигнуто самое высокое давление и самая высокая температура, т. е. температура, обеспечивающая последующее сгорание, а не только возгорание или точку воспламенения. Для большей ясности предположим, что последующее сгорание будет происходить при температуре 700° . Тогда в этом случае для создания такой температу-

ры необходимо создать давление в шестьдесят четыре атмосферы, а для температуры в 800° давление должно равняться девяноста атмосферам и т. д. В сжатый таким образом воздух извне постепенно вводится тонко разделанное топливо, которое загорается на входе, т.к. температура воздуха на много превышает точку воспламенения топлива. Газ в цилиндре имеет возможность расширяться при постепенном введении топлива и расширение столь отрегулировано, что уменьшение температуры вследствие расширения уравнивается получением тепла от сгорания новых частиц топлива. Эффект от сгорания не будет поэтому приводить к увеличению температуры или давления, но увеличивается фактически выделенная энергия. Сгорание происходит по линии 2 – 3, рисунок 2, из которого видно, что оно (сгорание) не имеет характер взрыва, а скорее происходит в течение промежутка времени, соответствующего части w хода поршня и определяется точкой прекращения подачи топлива. В точке 3 прекращается подача топлива и расширение газов от сгорания без выделения тепла продолжается по линии 3 – 4. Поскольку давление в точке 2 диаграммы очень высокое и оно остается очень высоким и в точке 3, расширение газов после прекращения подачи топлива (от точки 3 до точки 4) так охлаждает газы, что на выходе из двигателя они уносят только незначительное количество тепла. Таким образом видно, что сгорание газов не происходит мгновенно сразу после воспламенения, но так отрегулировано на его полной продолжительности, что давление, температура и объем находятся в предписанной пропорции.

Если воздуху позволить израсходоваться без какой-либо подачи топлива, то на диаграмме сформируется линия 2 – 1, т. е. расширение не произведет работы, но восстановит только предыдущую работу сжатия; но постепенное введение топлива при различном давлении p формирует вид линий 1 – 2 и 2 – 3, вследствие чего производится полезная работа.

В отношении других типов двигателей, как уже было упомянуто, диаграмма будет более соответствовать диаграмме, показанной прерывистыми линиями.

Характерной особенностью цикла согласно моего изобретения, следовательно, является повышение давления и температуры до максимума не в процессе сгорания, а до сгорания механическим сжатием воздуха и последующим совершением работы без повы-

шения давления и температуры за счет постепенного сгорания в течение предписанной части хода поршня, определяемой точкой прекращения подачи топлива.

Согласно выше сказанному, процесс самого сгорания отличается от всех приведенных методов, в котором нет повышения произведенной температуры или есть только слишком очень небольшое, а самая высокая или экстремальная температура получена сжатием самого воздуха. Поэтому этот процесс находится под контролем и в умеренных пределах и, более того, ввиду охлаждения продуктов сгорания последующим расширением, никакого искусственного охлаждения для цилиндров не требуется, а средняя температура газов такая, что части двигателя сохраняются в надлежащем работоспособном состоянии и обеспеченными достаточной смазкой.

На рисунке 3 мной показана диаграмма, полученная тогда, когда ранее описанный метод имел отличие в охлаждении воздуха во время первой части сжатия, например, посредством впрыска воды. В этом случае сначала формируется почти плоская линия 1 – 2а, а затем более крутая линия 2а – 2. Этим методом я могу достичь значительно более высоких давлений, чем было получено в первом методе, не достигая таких высоких температур, которые бы требовали искусственного охлаждения цилиндра. Вследствие большого перепада давления на линии расширения от точки 3 до точки 4 газы охлаждаются в большей степени, чем прежде, и эффект получения полезного действия более высокий. Выхлопные газы могут быть охлаждены в этом случае даже ниже температуры окружающей атмосферы и использованы в целях охлаждения.»

Из приведенного описания следует предположение Дизеля о том, что отработавшие газы в результате глубокого охлаждения в цилиндре двигателя на линии их расширения, могут иметь температуру более низкую, чем температура окружающей среды, и поэтому могут быть использованы в целях охлаждения, т. е. двигатель можно использовать как холодильный агрегат. В отличие от Дизеля, Сади Карно, все-таки считал, что температура отработавших газов должна быть достаточно высока для использования работы газов в паровом котле. Здесь, скорее всего, Дизель проявляет себя инженером-холодильщиком и идет по пути, проложенном Карлом фон Линде.

Далее в своем патенте Дизель на листе 2 приводит чертеж (рис. 14) с изображением компаундной схемы двигателя.

Принцип работы такого двигателя заключается в использовании принципа двойного сжатия воздушного заряда. Двигатель такой конструкции позволял реализовать стремление Дизеля получить давление сжатого воздуха до 250 атм сначала в нижней части цилиндра R , а потом в сожигательных цилиндрах меньшего диаметра и получать температуру, требуемую для воспламенения любого вида топлива.

Более подробное описание этой схемы и работы двигателя понятно из рис. 15.

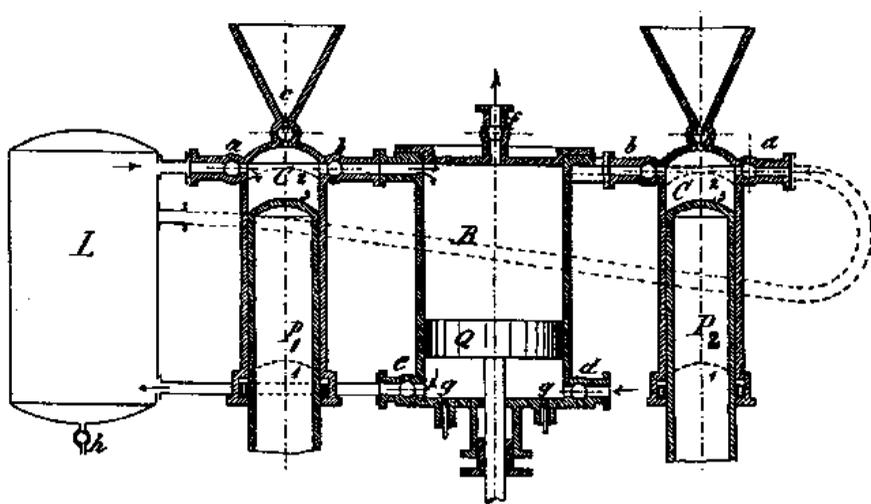


Рис. 15. Схема компаунд – двигателя Рудольфа Дизеля (из патента №67207): P_1 и P_2 – сожигательные цилиндры, работающие по принципу четырехтактного действия; B – средний цилиндр низкого давления, работающий по принципу двухтактного действия (в нижней части производится предварительное сжатие воздуха за счет повторного расширения отработавшего газа в верхней части цилиндра); Q – рабочий поршень цилиндра низкого давления; L – ресивер предварительно сжатого воздуха; a – каналы подвода предварительно сжатого воздуха в сожигательные цилиндры; b – каналы выпуска отработавшего газа в цилиндр низкого давления; c – бункер для подачи угольного порошка; d – канал впуска воздуха в цилиндр низкого давления; e – канал выпуска предварительно сжатого воздуха; f – канал выпуска отработавших газов; g, h – выпуск конденсата; 1 – нижнее положение поршня сожигательного цилиндра; 2 – верхнее положение поршня сожигательного цилиндра; 3 – положение поршня, соответствующее концу изотермического сгорания

В этом двигателе сжатие воздуха до давления, соответствующего температуре воспламенения топлива, в первой части хода сжатия происходит по изотерме благодаря впрыскиванию воды, во второй части хода – по адиабате, после чего в цилиндр постепенно вдувается угольная пыль так, что сгорание происходит без повышения температуры (по изотерме). На определенной части хода подача топлива прекращается, после чего начинается адиабатическое расширение продуктов сгорания до давления начала сжатия. Продукты сгорания в таком двигателе должны были адиабатически расширяться в обоих его цилиндрах, как малого диаметра, так и большого. Благодаря этому Дизель надеялся обойтись без водяного охлаждения и достичь особенно большой экономии топлива. В виду того, что этот цикл образуется из двух адиабат и двух изотерм, он полностью совпадает с идеальным циклом Карно.

Сам Дизель описывает работу этого двигателя в патенте № 67207 следующим образом (перевод выполнен по тексту патента № 542846 «Метод и устройства для превращения теплоты в работу», выданного Патентным Бюро Соединенных штатов 16 июля 1895 года – прим. и перевод авт.):

«Схему работы такого двигателя Я привел на рисунке 7 (патента – прим. авт.). На этом рисунке клапаны обозначены схематично. Блок цилиндров, шатун, маховик и другие детали опущены, так как все эти части являются точно такими же, какими они показаны на рисунках 4 и 5. Двигатель состоит из двух цилиндров С с поршнями Р, т. е. двух цилиндров сгорания топлива по конструкции и устройству идентичных таковому, представленному на рисунках 4 и 5. Эти два цилиндра С связаны с помощью управляющих клапанов b с верхней полостью большого центрального цилиндра В, а посредством клапанов a, которые также являются управляемыми, цилиндры сгорания связаны с воздушным ресивером L. Кривошипы цилиндров сгорания С расположены таким образом, что образуют с кривошипом центрального цилиндра В угол, равный ста восьмидесяти градусам. Работа такого двигателя осуществляется следующим образом: поршень Q цилиндра В засасывает воздух при своем движении вверх через клапан d, сжимает поступивший воздух при своем ходе вниз и через клапан g выталкивает его в воздушный ресивер L. Нижняя часть центрального цилиндра, таким образом, является воздушным насосом и произво-

дит предварительное сжатие воздуха, предназначенного для сгорания топлива. Предварительное сжатие воздуха производится до такой степени, чтобы нагрев воздуха, произведенный таким сжатием, оставался в умеренных пределах. В полости клапанов g – g расположены форсунки впрыска воды, через которые в процессе предварительного сжатия впрыскивается вода для понижения температуры сжатого воздуха. Излишки этой воды после использования сливаются из воздушного ресивера через кран h .

Однако процесс может быть выполнен как с впрыском, так и без впрыска воды. Процессы, происходящие в цилиндре C , происходят точно также, как это было описано в отношении рисунков 4 и 5, за исключением того, что поршень P засасывает воздух не из атмосферы, а воздух поступает из ресивера L , в котором он находится под давлением. При своем ходе вверх поршень P производит вторую стадию сжатия воздуха до предписанного значения. Крайние нижнее и верхнее положения поршня отмечены пунктирными линиями, обозначенными соответственно цифрами 1 и 2. При последующем движении поршня P вниз к положению, обозначенному цифрой 3, производится постепенная подача топлива и его сгорание так, как было описано ранее. В положении 3 подача топлива прекращается, но газы продолжают расширяться. Когда поршень оказывается в своем нижнем положении, открывается клапан b ; поршень Q в этот момент только еще пришел в свое верхнее положение в соответствии с расположением кривошипа. При перемещении поршня P вверх, а поршня Q вниз происходит дальнейшее расширение отработавших газов до объема цилиндра B . После этого клапан b закрывается, а клапан f открывается так, чтобы при восходящем движении поршня Q отработавшие газы через клапан f удалялись в атмосферу в достаточно охлажденном состоянии, так как вся их высокая температура уже была использована для совершения работы расширения.

Как уже говорилось, в такой конструкции двигателя температура выхлопных газов будет ниже температуры окружающего воздуха, поэтому выхлопные газы могут быть приспособлены для охлаждающих целей. Так как в цилиндре C рабочий ход совершается только один раз за каждые два оборота коленчатого вала, $Я$, имея два таких цилиндра, получаю рабочий ход при каждом обороте двигателя поскольку сгорание происходит поочередно в каж-

дом из двух цилиндров. Нет никакого сомнения в возможности использования только одного цилиндра сгорания вместо двух или, с другой стороны, более двух цилиндров, и тогда в этом случае нижняя часть цилиндра *B* должна быть использована в качестве цилиндра расширения. В этом случае воздушный насос предварительного сжатия воздуха должен быть расположен отдельно, и подавать предварительно сжатый воздух в ресивер *L*. Сжатый воздух из ресивера *L* в такой конструкции двигателя может быть использован для запуска двигателя, поскольку полное давление в ресивере может обеспечить несколько поворотов вала двигателя, необходимых для получения необходимого импульса температуры для зажигания топлива».

По представленным в книге Дизеля расчетам для 100-сильного компаундного двигателя получаются следующие основные характеристики [3, стр. 798]:

Количество цилиндров – 3 (два сожигательных и один расширительный)

Диаметр сожигательного цилиндра – 190 мм

Диаметр расширительного цилиндра – 323,6 мм

Ход поршня – 647,2 мм

Частота вращения – 300 об/мин

Начальное давление воздуха – 1,033 атм абс.

Начальная температура воздуха – 20°С

Давление в конце изотермического сжатия – 2,88 атм абс.

Давление в конце адиабатного сжатия – 250 атм

Температура в конце адиабатного сжатия – 800°С

Давление в конце изотермического сгорания – 90 атм абс.

Термический коэффициент полезного действия $\eta_t = 0,73$ (по Карно $\eta_i = 0,727$)

Механический коэффициент полезного действия – 0,80

Эффективный коэффициент полезного действия – 0,58

Расход впрыскиваемой воды при изотермическом сжатии – 23,92 л/и.с.час

Расход угольной пыли – 0,11232 кг/и.с.час.

Теоретическая индикаторная диаграмма цикла совершенного сгорания представлена на рис. 16 [36].

Принцип работы этого двигателя приведен на схеме рис. 17 [3, стр. 804].

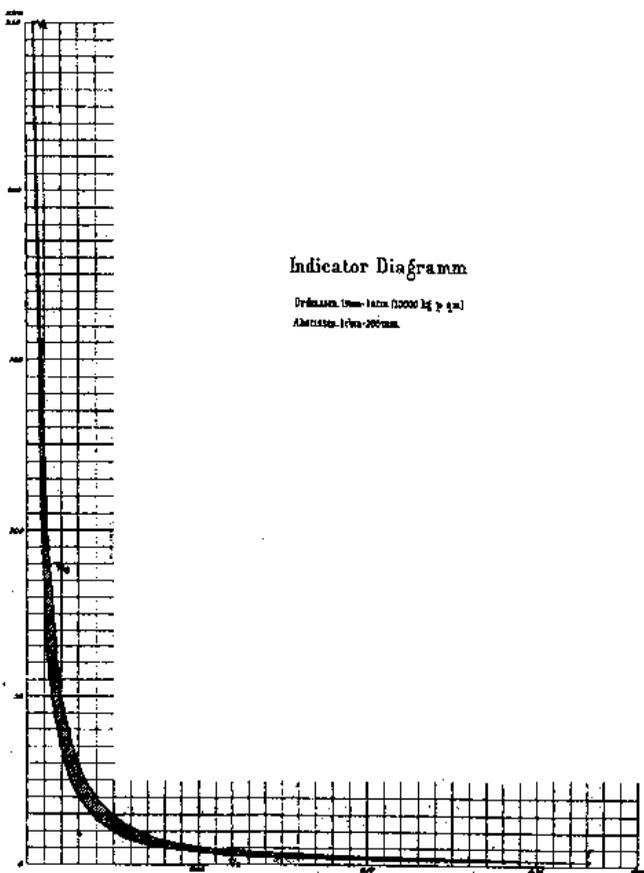


Рис. 16. Индикаторная диаграмма цикла совершенного сгорания из книги Дизеля: $V - V_2$ – изотермическое сжатие с впрыском воды; $V_2 - V_1$ – адиабатическое сжатие; $V_1 - V_{1s}$ – изотермическое сгорание с постепенным вдуванием угольного порошка; $V_{1s} - V$ – адиабатическое расширение; давление в точке V_2 конца изотермического сжатия – 2,88 атм. абс.; давление в точке V_1 конца адиабатического сжатия – 250 атм. абс.; давление в точке V_{1s} конца изотермического сгорания – 90 атм. абс.; по оси ординат – давление масштабе: 1 мм – 1 атм. абс.; по оси абсцисс – объем рабочего цилиндра. Длина шкалы соответствует рабочему объему сожигательного цилиндра диаметром 200 мм (диаметр сожигательно цилиндра, согласно описания брошюры, 190 мм)

				Левый сожигательный цилиндр <i>a</i> простого действия, четырехтактный.	Средний цилиндр <i>c</i> двойного действия. Нижняя полость – предварительное сжатие. Верхняя полость – повторное расширение.	Правый сожигательный цилиндр <i>b</i> простого действия, четырехтактный	
		Четырехтактный двигатель		Первый оборот		Верхняя полость цилиндра Засасывание сжатого воздуха из ресивера ↓	Выхлоп
Нижняя полость цилиндра	-			Засасывание ↑ свежего воздуха из атмосферы	-		
Верхняя полость цилиндра	Повторное сжатие воздуха			Повторное расширение совместно с правым цилиндром ↓	Перепуск газов в средний цилиндр и одновременное повторное расширение ←		
Нижняя полость цилиндра	↑			-	Первичное сжатие воздуха и подача его в ресивер	↑	
Второй оборот				Верхняя полость цилиндра	Сгорание и первичное расширение ↓	Выхлоп	Засасывание сжатого воздуха из ресивера ↓
Нижняя полость цилиндра	-			↑ Засасывание свежего воздуха из атмосферы	-		
Верхняя полость цилиндра	Перепуск газов в средний цилиндр и одновременное повторное расширение →			Повторное расширение совместно с левым цилиндром ↓	Повторное сжатие воздуха		
Нижняя полость цилиндра	↑			-	Первичное сжатие воздуха и подача его в ресивер	↑	
Положение кривошипов (все кривошипы в одной плоскости)							

Рис. 17. Схема работы двигателя Дизеля двойного сжатия и расширения

Аналогичная схема двигателя двойного расширения (компаундного двигателя) была разработана ранее Николаусом Аугустом Отто (рис. 18).

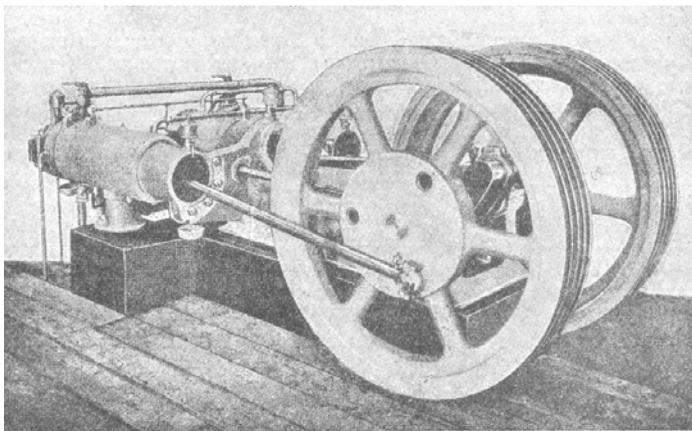


Рис. 18. Двигатель двойного расширения Отто

Газовый двигатель двойного расширения Отто был построен в 1879 году. Он имел большое сходство с паровой машиной и явился результатом попытки увеличения экономичности машины путем повышения степени расширения сгоревших газов. Из обоих боковых цилиндров высокого давления, поршни которых связаны шатунами непосредственно с маховиками, отходящие газы поступают поочередно в расположенный между ними цилиндр низкого давления; первые два цилиндра работают в четыре такта, со смещением процессов на 360° , последний – в два такта. Распределительные органы состоят из золотников для всасывания и выхлопных клапанов. По отзыву, выданному сахарным заводом Пфейфер и Ланген (Pfeifer & Langen) в Эльсдорфе (Рейнская провинция), упомянутый двигатель-компаунд находился там в эксплуатации с 1880 по 1884 год, развивая около 60 э.л.с. и расходуя $0,750 \text{ м}^3$ светильного газа на 1 эсч. Результаты работы этого первого двигателя не воодушевили создателей на дальнейшую разработку принципа двойного расширения, хотя и не удержали позднее других изобретателей от дорогостоящих опытов по осуществлению этого процесса [3, стр. 739 – 740].

Аналогичная попытка предпринималась и в России. В 1906 году профессор Гриневецким В.И. велись работы над проектом специального локомотивного дизель-мотора, схема которого показана на рис. 19.

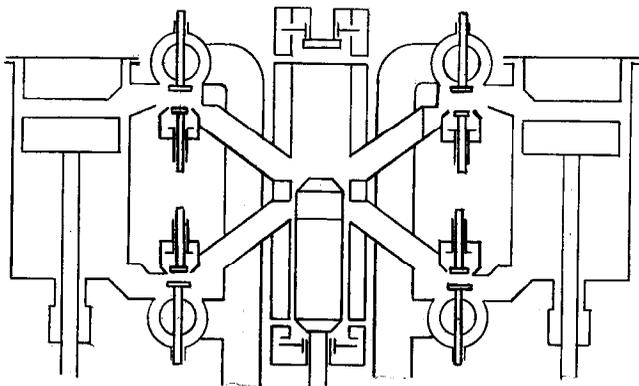


Рис. 19. Схема компаундного двигателя В.И. Гриневецкого

В 1909 году такой двигатель был построен на Путиловском заводе и вплоть до начала первой мировой войны с ним проводились опыты. Война не дала их закончить, но впоследствии профессор Гриневецкий со своими учениками разработал несколько проектов тепловозов со своим локомотивным двигателем [4, стр. 162].

Сам Дизель рассматривает свой двигатель «на первое время» лишь как некоторый идеал. Одним из главных затруднений, стоящих на пути к его созданию, по мнению изобретателя, является высокое, еще дотоле не встречающееся, рабочее давление в 250 атм .

Поскольку полная реализация такого цикла при условии доведения давления сжатия до 250 атм была технически невозможной, то далее Рудольф Дизель шел на некоторое ограничение своей исходной цели и окончательно предлагал реализовать другой вариант двигателя, который конструктивно существенно отличался от описанного компанунд-двигателя, принятого за идеальную модель, так как предусматривал уже лишь один цилиндр.

При этом Дизель отказывался от изотермического сжатия в цилиндре большого диаметра (заметим, что уже только по этой причине предлагаемый Дизелем цикл переставал быть циклом Карно) и сохранял лишь одноступенчатое адиабатное сжатие воздуха, сни-

зив конечное давление сжатия до 50-90 *атм*. Вслед за процессом сжатия должен был происходить процесс почти изобарно-изотермического сгорания топлива постепенно вводимого в цилиндр.

Причем Дизель предполагал, что процесс сгорания будет протекать при большом избытке воздуха. Термический КПД цикла, по которому должен был работать такой двигатель, Дизель в своей брошюре оценил величиной близкой к 0,7.

Таким образом, для практического осуществления Дизель рекомендует «отклоняющийся процесс» (*abweichender Prozess*) с одним только адиабатическим сжатием (вместо первоначального изотермического, вызываемого впрыскиванием воды, а затем только адиабатического).

Таковы были в общих чертах основы намеченного способа работы к осуществлению «видоизмененного двигателя». В нем соединены основные принципы «рационального» двигателя – достижение путем сжатия чистого воздуха значения температуры, достаточной для воспламенения топлива, вводимого в самом конце такта сжатия, горение без повышения температуры (а, следовательно, и без водяного охлаждения). В отношении топлива, главное внимание обращается на угольный порошок, но упоминается и о жидком топливе.

В этом новом цикле воздух с самого начала сжимается по адиабате, без предварительного сжатия по изотерме – см. линию $a - b$ на рис. 20 [3, стр. 799] – причем температура воздуха достигает 800°C уже при давлении около 90 *атм*; после этого происходит изотермическое сгорание $b - c$ и расширение по адиабате $c - a$, как и в первоначальном цикле.

Указанное на рис. 20 совпадение концов адиабатического расширения с началом адиабатического сжатия (точка a) ошибочно, так как возможность проведения из одной точки двух различных адиабат противоречит основам термодинамики с одной стороны, – и делает невозможным осуществление самого цикла ввиду отсутствия отдачи тепла холодному источнику – с другой. Поэтому в упрощенном цикле между адиабатой расширения и адиабатой сжатия должна иметь место отдача тепла холодному источнику по линии постоянного объема – изохоре (изоплера). Об этом стремлении Дизеля, как инженера-холодильщика, идущего по пути, проложенном Карлом фон Линде, говорилось несколько выше.

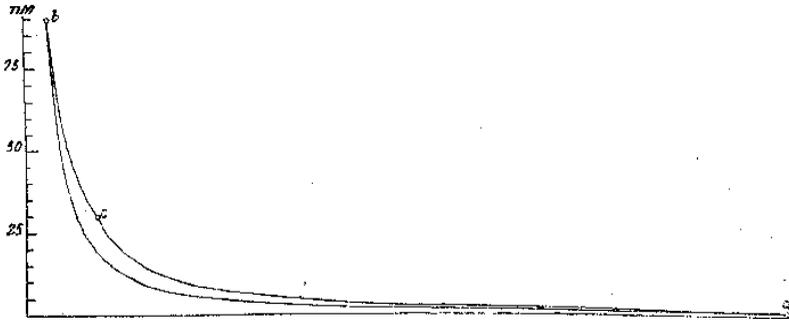


Рис. 20. Диаграмма давлений упрощенного цикла

В зависимости от давления в конце изотермического сгорания (точка *c* по диаграмме) термический коэффициент полезного действия может иметь значения, приведенные в табл. 1 [3, стр. 799].

Таблица 1

Давление в точке <i>c</i> , атм абс.	70	50	30	10	5
Термический коэффициент полезного действия, η_t	0,722	0,709	0,686	0,627	0,582

Как первоначально задуманный, так и только что рассмотренный двигатель работают без водяного охлаждения. Возможность обойтись без водяного охлаждения доказывается Дизелем на температурной диаграмме, по которой получается средняя температура полного цикла равной всего 170° [3, стр. 799].

Топливом для двигателя должна была служить угольная пыль; жидкие топлива упомянуты лишь вскользь, в то время как относительно применения газообразных топлив указано, что «они, в общем, не должны быть приняты во внимание».

Из рассмотренных материалов, касающихся освещения сущности идей Дизеля, как изобретателя «рационального» теплового двигателя, приходится сделать вывод, что Дизель считал предметом своего изобретения достижение путем адиабатического сжатия чистого воздуха высшей температуры рабочего процесса. После завершения высокого сжатия, дальнейший рабочий процесс при введении топлива в цилиндр снаружи, должен был происходить без заметного повышения температуры и давления. А это было не что

иное, как сгорание по линии, возможно близкой к изотерме, иначе говоря, осуществление процесса Карно.

Сочинение Дизеля обратило на себя большое внимание.

Кроме положительного мнения об идее и теоретических предпосылках создания нового двигателя, высказанные профессором Карлом фон Линде, были и скептические отклики ведущих специалистов того времени. Так, Евгений Ланген, партнер Н. А. Отто в фирме «Дейц», говорил: *«Прекрасно, молодой человек, обязательно работайте над своим мотором дальше. Но все это, знаете ли, абсолютно неосуществимо!»*

Профессор Шретер, скептически относившийся до сих пор к труду своего ученика, теперь после появления его книги писал ему: *«Я прочел вашу работу с большим интересом. То, что она будет исходить из теоретически здоровых оснований, я ожидал от вас с самого начала. Но ваши новаторские выполнения только теперь доказали мне неосновательность моего сомнения, которое относилось единственно к выполнению, а не к идее. Так радикально и смело еще никто из всех тех, кто предсказывал паровому двигателю, его закат, не выступал, как вы. А такой смелости будет принадлежать победа ...»* [5, стр.55].

Одно из самых важных замечаний было сделано немецким теплотехником Келером. Он отмечал односторонность взглядов Дизеля на исключительное значение только термического КПД, так как важен полный КПД, который машины есть произведение термического КПД на механический и величину последнего нельзя игнорировать. Келер считал, что при больших давлениях, предложенных Дизелем, механический КПД будет мал. Это подтвердилось не только в опытных двигателях Дизеля, но и в практически осуществленных. Только значительно позже удалось достигнуть в двигателях высокого механического КПД.

Критикуя процесс горения топлива по Дизелю, «новую теорию горения» Дизеля, Келер считал, что Дизель делает ошибку, полагая, при окислении углерода в уголекислоту первоначальный объем газа увеличивается в отношении суммы весов воздуха и горючего вещества к весу воздуха. На самом деле, при сгорании 1 кг углерода с 8/3 кг кислорода получается объем уголекислоты как раз тот же, который был занят кислородом до сгорания. Эта ошибка усложняет все вычисления Дизеля и приводит его, например, к явно неверно-

му результату, а именно, термический КПД цикла Карно равен не величине:

$$1 - \frac{T_2}{T_1},$$

а должен вычисляться по формуле:

$$1 - \frac{T_2}{T_1} \times \frac{1}{1 + \frac{1}{g}},$$

где: g – вес топлива, T_1 – температура верхняя источника теплоты, T_2 – температура нижняя источника теплоты, т. е. результат несколько больше того значения, что получил Дизель.

Но особенного влияния на расчеты Дизеля, считал Келер, эта ошибка не оказывает.

Свои сомнения в возможности осуществления такого двигателя и «новой теории горения» высказал профессор теплотехники Нагель, который, изучив термодинамические основы цикла двигателя Дизеля, пришел к выводу о невозможности реализации предложенного рабочего процесса. Тем не менее, профессор Нагель после проведения испытаний двигателя Дизеля констатировал [14, стр. 30], что *«...хотя сгорание без повышения температуры в двигателе Дизеля не было выполнено, все же справедливо и правильно считать характерным признаком процесса Дизеля то, что засосанный в цилиндр воздух нагревается, главным образом, благодаря сжатию, до температуры воспламенения топлива, которое вводится в тонко распыленном состоянии»*.

Все это говорит о том, что видные немецкие инженеры все-таки признавали факт изобретения нового типа двигателя с воспламенением от сжатия и авторство Дизеля на этот рабочий процесс.

Критика работы Дизеля велась и в отношении принципа действия двигателя Дизеля.

В отношении принципа работы двигателя многими критиками указывалось на заимствование Дизелем идей, которые были разработаны ранее другими изобретателями: Гербертом Акرويد-Стюартом и Капитэном.

Англичанин Герберт Акرويد – Стюарт в течение 1885 – 1890 годов получил ряд патентов на усовершенствование нефтяного

двигателя. В мае 1890 года ему было выдано еще несколько патентов на изобретения, которые многими считаются прототипами позже заявленных патентов Рудольфа Дизеля. Основной целью этих запатентованных изобретений было устранение некоторых трудностей, связанных с появлением преждевременных вспышек горючей смеси, имевших место в бензиновых двигателях при повышении степени сжатия. В патенте Акройд – Стюарта № 7146 дается, например, следующее описание: *«Сначала производится сжатие только воздуха, после чего в этот сжатый воздух вводится небольшое количество горючего в виде пара или газа с тем, чтобы образовалась взрывчатая смесь»*.

В 1891 году Акройд-Стюарт предложил ранний впрыск топлива на раскаленную поверхность и построил так называемый калоризаторный двигатель тяжелого топлива, получивший потом при распространении название «нефтянки» [6, стр. 82], [9, стр. 7].

Все двигатели Акройд – Стюарта, построенные фабрикой Горнсби (Англия), были снабжены отдельной камерой сгорания, сообщавшейся с главным пространством сжатия через канал или отверстие. При пуске эта обособленная камера нагревалась снаружи при помощи нагревательной лампы. В цилиндр засасывался воздух, который затем при сжатии проталкивался в камеру сгорания. В конце хода сжатия впрыскиваемое в камеру сгорания топливо воспламенялось, причем воспламенение топлива происходило за счет высокой температуры стенок камеры, т. е. сама камера служила в качестве запального устройства. Таким образом, эта конструкция двигателя опередила предложения Р. Дизеля в вопросах сжатия воздуха и последующего впрыска топлива в этот сжатый воздух.

Однако, мысль Акройд – Стюарта не была направлена на использование достаточно высоких степеней сжатия для создания самовоспламенения топлива после процесса впрыскивания топлива. Вместо этого, как мы видим, он рекомендовал для воспламенения топлива нагрев стенок самой камеры сгорания.

Дизель же в 1892 году получил патент на сжатие заряда воздуха до температуры воспламенения смеси «топливо-воздух». Этим предложением Рудольф Дизель ввел упрощение в конструкцию двигателя, устранив специальные запальные устройства в виде электрического зажигания или нагрева стенок камеры сгорания.

Эмиль Капитэн разработал в 1889 – 1890 годах двигатель, предшествующий по принципу работы двигателю Дизеля. В нем

так же предлагалось предварительное сжатие воздуха с последующим вводом распыленного в нем топлива – бензина. Но в его двигателе была установлена так же и свеча зажигания, которая воспламеняла введенную смесь. Дизель в отличие от Капитэна сжимал чистый воздух до столь высокого давления, что вводимое топливо самовоспламенялось от высокой температуры сжатого воздуха.

В последствии, хотя критиками и утверждалось заимствование некоторых идей у Капитэна и Акройд-Стюарта, но только Капитэн и еще двое немецких инженеров предъявили Дизелю претензии и требования о компенсации заимствования идей.

Немецкий патент Рудольфа Дизеля от 23 февраля 1893 года № 67207 имел законодательное действие и в других странах:

- в Швейцарии за №6221 от 2 апреля 1892 г.,
- в Англии за № 7241 от 14 апреля 1892 г.,
- в Америке за № 542846 от 16 июля 1895 г.

Более поздний патент Рудольфа Дизеля за № 82168 от 30 ноября 1893 года «Изменение формы кривой у двигателей внутреннего сгорания и подача горючего сжатым воздухом посредством компрессора» имел законодательное действие в следующих странах:

- в Испании за № 16654 от 3 декабря 1894 г.,
- во Франции за № 243591 от 10 декабря 1894 г.,
- в Бельгии за № 113139 от 10 декабря 1894 г.,
- в Люксембурге за № 2192 от 10 декабря 1894 г.,
- в Италии за № LXXV-132 от 21 февраля 1895 г.,
- в Англии за № 4243 от 27 февраля 1895 г.,
- в Швейцарии за № 10134 и №10135 от 6 марта 1895 г.,
- в Америке за № 556059 от 15 июля 1895 г.,
- в Венгрии за № 4539 от 23 ноября 1895 г. и №7876 от 20 марта 1897 г.,
- в Австрии за № 46/203 от 18 января 1896 г., и №46/2038 от 22 мая 1896 г.,
- в Дании за № 393 от 12 февраля 1896 г.,
- в Америке за № 608845 от 9 августа 1898 г.,
- в России патент (привилегия) за № 261 от 9 августа 1897 г.

Глава 3. Воплощение идеи и рождение нового двигателя

Как было уже сказано, теоретические основы двигателя Дизеля нового типа получили ряд критических замечаний. Некоторые из сделанных замечаний были вполне правильны, и справедливость их подтвердилась позднейшими изменениями, которые самому Дизелю пришлось внести в первоначальную идею двигателя при дальнейших работах по ее осуществлению. Но, наряду с отрицательными отзывами, были и положительные и при том принадлежали очень крупным авторитетам в области тепловых машин – Линде, Цейнеру и Шретеру. Хотя они и не были напечатаны, но все-таки дали Дизелю возможность обратиться за поддержкой к крупным предприятиям: Круппа и Общество Аугсбургских заводов.

Но и здесь не всё шло гладко. И если Дизель уже тогда мог представить себе, как трудно получить высокое давление, как сложно заставить гореть угольную пыль, то он не знал тогда, как трудно получить деньги от Круппа, как сложно заставить других загореться его идеей. Иногда он приходил в отчаяние, находя утешение лишь в мелодиях любимого Вагнера. Он писал жене письма-крики: «... я могу все перенести, что думают обо мне, невыносимо только одно, когда считают тебя глупцом!». В результате после долгих переговоров фирма Круппа давала средства на производство опытов, а Аугсбургский завод предоставил для проведения этих опытов свои помещения и техническое оборудование; договор с Аугсбургским заводом был подписан 21 февраля 1893 г., а с фирмой Круппа – 10 апреля того же года. Как и задумал Дизель, постройка двигателя началась с упрощенного варианта конструкции.

Первый опытный двигатель Дизеля был сконструирован и построен Аугсбургским машиностроительным заводом (Maschinenfabrik Augsburg), в последствие фирма MAN (Maschinenfabrik Augsburg – Nurnberg AG), с которым Дизель заключил контракт благодаря содействию директора Аугсбургского завода Генриха фон Буца (Heinrich von Buz: 1833 – 1918 г.г.) (рис. 22, а).

Историки фирмы MAN утверждают, что корни фирмы уходят в начало XIX века, когда во время своих военных походов Наполеон предложил проект строительства железной дороги в Баварии. Откликнувшись на эту идею, богатый negociant Иоганн Фридрих Клетт (Johann Friedrich Klett) из Нюрнберга решил субсидировать строительство первых 5 км дороги в 1841 году и заложил сталелитейное производство и фабрику машин Клетт & Ко в Нюрнберге.

В 1865 году Нюрнбергское предприятие преобразуется в «Машиностроительное общество Нюрнберг Клетт и Ко», а в 1873 год – в «Машино-акционерное общество Нюрнберг». В 1892 году руководство фирмой в Нюрнберге принимает Антон фон Риппель. Это предприятие явилось первым предшественником фирмы MAN.

Вторым предшественником современной фирмы MAN является фабрика машин Людвиг Зандера (Maschinenfabrik Ludwig Sander), основанная в Аугсбурге в 1840 году и выпускавшая паровые машины. Свидетельство о разрешении палаты внутренних дел королевского правительства Швабии и Нойбурга на открытие фабрики машин было получено 13 ноября 1840 года. Эта дата считается официальной датой рождения фирмы MAN.

В 1844 году Зандер сдаёт в аренду свою машиностроительную фабрику Карлу Аугусту Райхенбаху и Карлу Буцу, а 1855 году К. Буц и К. Райхенбах покупают у Л. Зандера фабрику и в 1857 году «Фабрика машин К. Райхенбаха» была преобразована в акционерное общество «Машинная фабрика Аугсбург».

С 1858 года фирмы «Машино-акционерное общество Нюрнберг» и «Машинная фабрика Аугсбург» начали сотрудничество, завершившееся ровно через 40 лет их слиянием. В 1898 году в результате объединения образовалась фирма Объединенные Машиностроительная фабрика в Аугсбурге и Машиностроительное акционерное общество в Нюрнберге (Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-gesellschaft Nurnberg Aktien-gesellschaft).

В 1908 году объединение получило краткое название «Машинная фабрика Аугсбург – Нюрнберг» (Maschinenfabrik Augsburg – Nurnberg AG), которое и дало известную аббревиатуру MAN.

В 1913 году всё руководство фирмой принимает Антон фон Риппель (рис. 21, б), возглавлявший Нюрнбергское отделение фирмы. В 1915 году Риппель заявил: «М.А.Н. должен быть поставлен на колёса». И с этого момента фирма MAN AG стала больше известна своими автомобилями, чем всей другой продукцией, включая мощные судовые дизельные двигатели.



Рис. 21а. Генрих фон Буц



Рис. 21б. Антон фон Риппель

Дизель приехал в Аугсбург 16 июля и на другой же день начал работы с мотором.

Первый опытный двигатель (рис. 23) был сооружен 25 июля 1893 года. Это был четырехтактный вертикальный двигатель небольшой мощности высотой 2,5 м, диаметром цилиндра 150 мм, ходом поршня 400 мм [36]. В этом двигателе сжатие должно было быть доведено до 90 атм, а температура конца сжатия до 800°С, охлаждение не должно было применяться. За рабочее топливо был принят угольный порошок, компрессора не было и топливо вводилось в цилиндр нагнетательным насосом.

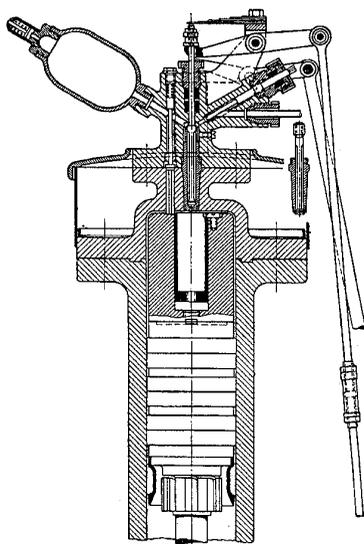
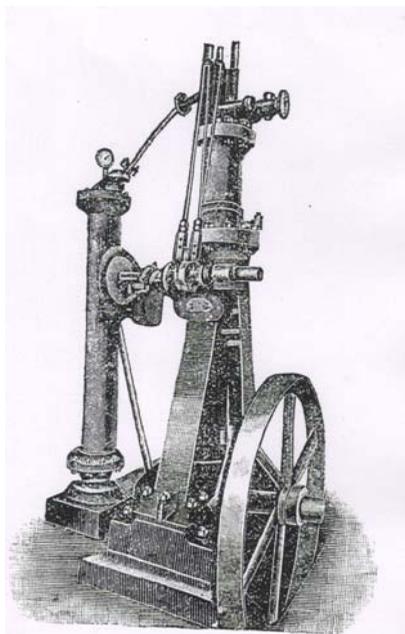


Рис. 22. Первый опытный двигатель Дизеля 1893 г.(слева) и чертеж его цилиндра (справа). На рисунке четко видно отсутствие рубашки охлаждения цилиндра

Двигатель имел поршень со штоком и наружный ползун. Распределительный вал, приводящий в движение клапаны, был расположен очень низко, а клапаны работали от длинных поводков. Камера сгорания была расположена в жестком неотделенном канале с вклепанными скобами.



Рис. 23. Рудольф Дизель (в центре) у первого опытного двигателя: на рисунке, предположительно изображены: слева – механик Линден, в центре – Рудольф Дизель, справа – технический консультант фирмы и противник Дизеля Крумпер

Работы с двигателем продолжались до середины августа и потребовали, прежде всего, целого ряда мелких конструктивных переделок. Высокое сжатие оставалось недостижимым: начав с 18 атм, удалось достигнуть сначала 20 атм, затем 33 – 34 атм.

По замыслу изобретателя первый двигатель должен был использовать в качестве топлива бурогоугольную пыль и работать без водяного охлаждения стенок цилиндра. Не достигнув положительного результата на угольной пыли, Рудольф Дизель после попытки использовать светильный газ окончательно остановил свой выбор на жидком топливе. Несмотря на низкое достигнутое давление сжатия, 10 августа после 20-ти дневных опытов Дизель предложил ввести горючее.

Для первого опыта решились в качестве горючего применить бензин. Машина была приведена в движение трансмиссией. В машине произошла вспышка, которая была зафиксирована на индикаторе давления по увеличению давления в цилиндре до 80 атм. Далее индикатор разлетелся на куски, чуть было, не поранив самого Дизеля. Это подтвердило то, что чистый воздух, подвергнутый высокому сжатию, действительно тем самым доводится до температуры воспламенения горючего, и введенному в этот сжатый воздух топливу для воспламенения не нужен зажигательный аппарат.

Хотя ожидаемых результатов при испытаниях добиться не удалось, тем не менее, были получены некоторые новые предпосылки для создания следующего опытного двигателя.

После этого двигатель был восстановлен с некоторыми изменениям. Вторая попытка запустить двигатель дала всего одну вспышку на бензине.

Третья попытка запустить первый образец двигателя в работу была предпринята 18 августа 1893 года. При этом было достигнуто первое самостоятельное действие двигателя на холостом ходу, но сам двигатель еще не работал.

Все усилия привести его в движение оказались напрасными. Вдохнуть в него жизнь не удалось. Эта первая машина Дизеля никогда не работала самостоятельно.

Протокол испытателей первого двигателя гласил: *«Считать, что осуществление рабочего процесса на этой незавершенной машине невозможно»* [5, стр. 63].

Самым существенным выводом по работе первого образца было заключение Дизеля о необходимости введения в конструкцию управляемой форсунки, т. е. аппарата распыливания вводимого жидкого горючего. Отказ от пылеугольного топлива объяснялся тем, что применение пылеугольного порошка приводило к быстрому засорению цилиндра смесью масла с угольным порошком и поршень полностью терял подвижность.

Первые полученные результаты заставили Дизеля пересмотреть свои первоначальные взгляды на конструкцию и рабочий процесс создаваемого двигателя.

Дизель мечтал осуществить цикл Карно, при котором термический коэффициент полезного действия должен был достигать 73%. Но в конструкции спроектированного вначале двигателя для дос-

тижения изотермического сгорания вводилась лишь шестая часть нужного количества топлива, поэтому имел место поразительный недостаток – двигатель не мог работать самостоятельно. Трение отдельных частей механизма оказывалось больше действующих сил, а для того, чтобы в машине происходили вспышки, расширение газов и сжатие, ее надо было приводить в движение извне. Изотермическое сгорание при угольном топливе, таким образом, не только не вело двигатель к идеалу, но оставалось неустранимым препятствием для его работы.

В чем же был просчет Дизеля, стремящегося приблизить цикл «рационального» двигателя к циклу Карно?

Невозможность осуществления работоспособного двигателя вытекала уже из самих основ, заложенных в теорию «рационального» двигателя, т. е. в стремлении приблизить цикл «рационального» двигателя к идеальному циклу Карно.

Карно считал, что условием получения максимума движущей силы теплоты (работы – прим. авт.) является следующее: «... *не должно быть ни одного изменения температуры, происходящего не от изменения объема*» [27, стр. 16]. Причем, этот максимум движущей силы, по теории Карно, можно получить при бесконечно малых перепадах температур между рабочими телами.

Таким образом, уже из самой теории Карно вытекало, что **приближение к идеальному циклу возможно только при бесконечном уменьшении полезной мощности машины**, что соответствовало получению только работы холостого хода на первом опытном образце двигателя.

Расчетные обоснования невозможности осуществления работы упрощенного варианта теплового цикла двигателя в соответствии с циклом Карно были рассмотрены и подробно описаны русским теплотехником Мироном Павловичем Зейлигером [14, стр. 27 – 30]. Основные положения его расчетов сводились к следующему.

В упрощенном рабочем процессе Дизеля, построенном по подобию цикла Карно, кривая $a - b$ (Рис. 20) соответствует процессу сжатия по адиабате без предварительного сжатия и с изменением температуры от 300 до 900°абс.; кривая $b - c$ – изотермическому сгоранию и $c - a$ – расширению рабочих газов по адиабате.

Термический коэффициент полезного действия Зейлигером определяется по формуле:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \frac{i^{k-1} - 1}{(k-1) \ln i},$$

где i – степень предварительного расширения, т. е. отношение объемов в конце и в начале сгорания; ε – степень сжатия; $k = 1,42$ – показатель адиабаты для идеальных газов.

В этой формуле Зейлигера степень предварительного расширения относится только к изобарному процессу подвода теплоты цикла Дизеля с началом сгорания в верхней мертвой точке и его нельзя путать с аналогичным понятием для процесса смешанного подвода теплоты. Данный термин применяется и для смешанного подвода теплоты в цикле Тринклера, но означает отношение объемов конца и начала сгорания, т. е. от начала сгорания топлива до верхней мертвой точки до конца сгорания после верхней мертвой точки. Последующий же процесс расширения продуктов сгорания в цикле смешанного подвода теплоты характеризуется степенью **последующего** расширения.

При значении степени сжатия по циклу Дизеля $\varepsilon = 14$ и степени предварительного расширения $i = 2 \dots 4 \dots 14$ для термического коэффициента полезного действия получаются соответственно следующие значения: $\eta = 0,63 \dots 0,55 \dots 0,40$, т. е., чем выше степень предварительного расширения, тем меньше термический коэффициент полезного действия и, следовательно, работа, производимая рабочим циклом, что является следствием большого перепада температуры от начала сгорания топлива до конца расширения сгоревших газов и уже изначально не удовлетворяет условию теории Карно о максимуме движущей силы теплоты.

Приведенный расчет можно рассматривать, как, своего рода, иллюстрацию к следующим соображениям Карно, изложенным в его книге [27, стр. 18]. Карно пишет: *«Заключение, выведенное сперва для случая бесконечно малой разности температур между двумя телами (для получения максимума движущей силы – прим авт.), может быть легко распространено на общий случай. В самом деле, если требуется получить движущую силу (ее максимум, прим. авт.) от переноса **теплорода** от тела А к телу Z, причем температура последнего сильно отличается от температуры первого тела, то следует представить себе ряд тел В, С, D и т. д. с температурами, средними между температурами тел А и Z и*

выбранными таким образом, что разности от А до В, от В до С и т. д. все были **бесконечно малы**. Теплоход, взятый от А, дойдет до Z, только пройдя через тела В, С, D и т. д. и развив при каждом из своих переходов максимум движущей силы».

Чисто физически применительно к процессу расширения газов в цилиндре двигателя тела А, В, С, D ... Z надо рассматривать как состояние газов (температуру и объем) в процессе малых перемещений поршня с малым перепадом температуры между отдельными телами.

Соответственно, согласно расчетам Зейлигера, индикаторные показатели рабочего процесса Дизеля также оказались невысокими. Даже в случае сгорания рабочей смеси на протяжении всего хода поршня по кривой $b - a$ среднее индикаторное давление получается равным около 2 кг/см^2 .

По Зейлигеру, работа по диаграмме $a - b - a$, отнесенная к 1 кг воздуха, равна:

$$L = RT_2 \ln \varepsilon - \frac{R(T_2 - T_1)}{k - 1} \approx 27000 \text{ кгм}$$

или, по отношению к 1 м^3 воздуха: $L = 20800 \text{ кгм}$, где $\varepsilon = 14$ – степень сжатия; $R = 29$ – газовая постоянная.

Подставляя эти значения в формулу давлений, Зейлигер получает среднее индикаторное давление:

$$p = \frac{L}{V \text{ м}^3} \approx 20800 \text{ кг} / \text{м}^2 = 2,08 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Среднее индикаторное давление на холостом ходу Зейлигер оценивает приблизительно равным $1,75 - 2,0 \text{ кг/см}^2$, поэтому он делает вывод, что **«рациональный» тепловой двигатель Дизеля едва мог дать только необходимую для холостого хода мощность**.

Таким образом, желание Дизеля приблизить тепловой цикл своего двигателя к идеальному циклу Карно препятствовало получению работоспособного двигателя. Вероятно, Дизель посчитал, что идеальный процесс может быть реализован без учета обязательного условия Карно для его осуществления, т. е., чтобы разности температур между промежуточными продуктами были бесконечно малы.

Поэтому для создания работоспособного двигателя требовался уход от идеального цикла Карно, но при этом термический коэффициент полезного действия уменьшался в связи с увеличением потерь теплоты в стенки цилиндра.

Для того, чтобы повысить коэффициент полезного действия двигателя, по мнению Зейлигера, топливо нужно было вводить быстрее и вести сгорание не по изотерме, как в цикле Карно, а при постоянном давлении. Понятно, что среднее индикаторное давление должно было увеличиться, а так как при этом и температура горения топлива поднимется до $1800^{\circ}abc.$, то возникает необходимость применения интенсивного охлаждения водой стенок и крышки цилиндра.

Таким образом, нормальный рабочий процесс двигателя Дизеля, по мнению Зейлигера, должен был характеризоваться тем, что поступивший из атмосферы воздух должен нагреваться, благодаря сжатию его, до температуры $800 - 900^{\circ}abc.$ Введенное после сильного сжатия воздуха тонко распыленное топливо должно сгорать при постоянном давлении и температуре около $1700 - 1800^{\circ}abc.$, после чего рабочие газы будут расширяться до начального объема и затем отводиться в атмосферу.

Более поздние испытания последнего четвертого образца двигателя Дизеля показали, что термический коэффициент полезного действия составил 34,7%, в то время как теоретический цикл Карно позволял превратить в полезную работу до 70% теплотворной способности потребляемого топлива.

Для справки: термический коэффициент полезного действия современных двигателей:

- с подводом теплоты при постоянном объеме по циклу Отто – 56%;
- с подводом теплоты при постоянном давлении по циклу Дизеля – 43%;
- со смешанным подводом теплоты по циклу Тринклера – 54%.

Неудача этих первых опытов убедили Дизеля в необходимости изменить процесс сгорания. Дизелю пришлось отказаться от идеи изотермического сгорания и перейти к сгоранию приблизительно при постоянном давлении (по изобаре). Это было связано с тем, что при сгорании по изотерме получалась слишком малая площадь индикаторной диаграммы и, следовательно, малая работа расширения в цилиндре двигателя, недостаточная для преодоления вредных сопротивлений и обеспечения работы двигателя на холостом ходу.

На необходимость отказа от изотермы указывали и некоторые критики работы Дизеля.

Ну и, наконец, отказавшись от мысли употреблять в качестве горючего угольную пыль, что в патенте стояло на первом месте, Дизель решил применить керосин.

В соответствие с этим новым взглядом на процесс работы двигателя Дизель берет новый патент за № 82168 от 30 ноября 1893 года, являющийся дополнением к его основному патенту, который имел название: *«Изменение формы кривой у двигателей внутреннего сгорания и подача горючего сжатым воздухом посредством компрессора»*. В этом патенте говорится о способе регулирования двигателя *«путем видоизменения характера кривой процесса сгорания»*.

Этот второй патент, вносивший исправления в первый, уже только формально касался двигателей с изотермическим сгоранием – фактически он защищал противоположное. В отличие от первого, второй патент говорил уже о нескольких изотермах, из которых каждая соответствует некоторой предельной степени нагрузки двигателя. Это знаменовало отступление от первоначальной мысли создать двигатель, в котором сгорание идет при постоянной температуре. Наоборот, опыты и размышления чем дальше, тем больше убеждали Дизеля в том, что рабочий процесс, идущий по предложенному им циклу, приближается не к изотерме, а к изобаре, т. е. к линии постоянного давления.

Указывалось, что как ни правильны теоретические размышления об экономичности цикла Карно и как ни заманчиво его осуществление, конструировавшийся Дизелем двигатель, не воспроизводил этих чистых теоретических идей, и не было, стало быть, уже никаких оснований называть его «рациональным».

Конечно, это несколько не опровергало того, что предложенный Дизелем цикл является улучшением процессов, до него известных. Но после многолетнего труда и непоколебимой веры с какими муками давалось ему самому признание того, что его идея все же есть не воспроизведение идеального двигателя Карно и воплощение рациональных условий теории, а лишь приближение к ней.

Однако осуществление сгорания при постоянном давлении чрезвычайно повышало температуру конца сгорания рабочей смеси в цилиндре. Хотя сжатие воздуха в цилиндре и было понижено до 35 – 40 атм и температура конца сжатия получалась около 600°C,

но температура конца сгорания составляла примерно 1500°C. Это влекло за собой необходимость водяного охлаждения и тем приближало двигатель Дизеля к типу обыкновенного двигателя.

На постройку **второго двигателя** понадобилось пять месяцев.

На втором моторе, который по конструкции ничем не отличался от первого, работали Шмуккер и Линден, старые механики-сборщики холодильных машин. Это были опытные, трудолюбивые люди из числа тех самоотверженных самоучек, которые молчаливой наблюдательностью, вниманием и старательностью возмещают недостаток своих знаний. Дизель представлялся им человеком необыкновенным и в осуществление его идеи они верили безоговорочно.

Двигатель был готов в начале 1894 года, а с середины января Дизель начал уже с ним вторую серию опытов на бензине, которая продолжалась до середины марта.

На новом двигателе удалось довести сжатие до 40 атм. 17 февраля в течение одной минуты мотор работал самостоятельно, развив мощность 13,2 л.с. [19]. Сам Дизель не заметил этого первого рабочего хода. Но механик Линден (рис. 25), который обслуживал клапан для подачи керосина, находясь на железной галерее, окружавшей двигатель, вдруг обратил внимание, что ремень трансмиссии, вращавшей двигатель, натягивается в другую сторону, и таким образом узнал о самостоятельной работе машины.

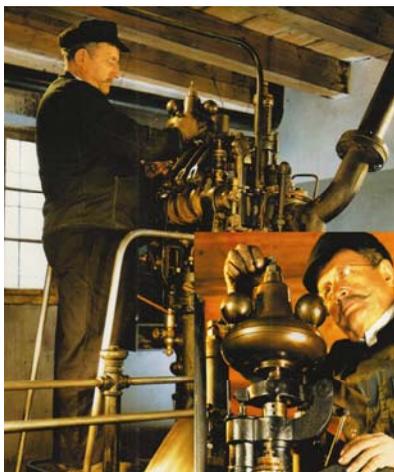


Рис. 24. Механик Линден

Рабочий от изумления лишился дара речи и молча снял шапку. И только посмотрев на механика, Рудольф Дизель понял, что событие, которого он ждал столько времени, наконец-то произошло. Молча, инженер-изобретатель и механик пожали друг другу руки.

После этого в своем дневнике Дизель записал: *«Жизнеспособность моего дела, осуществимость моей идеи доказаны»* [5, стр.67].

Первые опыты с горючим

уже дали правильную индикаторную диаграмму. При этом в крышку цилиндра двигателя была вмонтирована свеча зажигания [19], а сам двигатель был оснащен карбюратором [6, стр. 112 – 113]. В качестве топлива использовались пары жидкого бензина, полученные его испарением в карбюраторе. В этом был отказ от краеугольного камня открытия Дизеля – принципа «самовоспламенения от сжатия».

С конца мая до октября после внесения в конструкцию двигателя ряда усовершенствований была проведена третья серия опытов с применением подогретого керосина.

Немедленно вслед за тем приступили к осуществлению четвертой серии опытов с применением карбюратора, продолжавшейся до середины ноября. Топливом служил бензин.

11 октября при работе с керосином была получена первая принципиально правильная и полная диаграмма рабочего процесса. Когда второй мотор был всесторонне испытан, Дизель написал в своем дневнике с несокрушимой верой: *«Первый не работает, второй работает несовершенно, третий будет хорош»* [5, стр.68].

После испытаний второй двигатель был отправлен в Австрию в Берндорф на завод Круппа в качестве образца к патенту, где он после некоторых конструктивных дополнений был с успехом опробован.

После удачных испытаний второго мотора Дизель писал жене: *«Вместе с трудностями растет и уверенность, и решимость. Мотор в настоящем его виде далек от совершенства, но это меня не обескураживает. Я так много учился и думал, что отдаю себе отчет в происходящем. Нет, я следую не за пустой мечтой, и я значительно ближе к цели. Задача лишь оказалась труднее, чем я думал. Вероятно, при значительных замыслах это всегда так бывает. Это меня утешает и дает мне необходимое спокойствие»* [5, стр. 68].

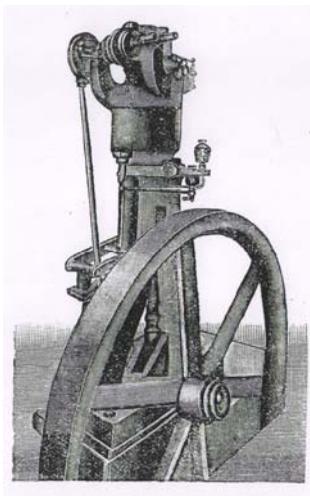


Рис. 25. Второй опытный двигатель Дизеля 1894 года

В начале 1895 года был изготовлен и собран **третий опытный мотор** с диаметром цилиндра 250 мм и ходом поршня 400 мм [36]. Мотор был снабжен водяной рубашкой для охлаждения и воздушным насосом для впрыскивания горючего.

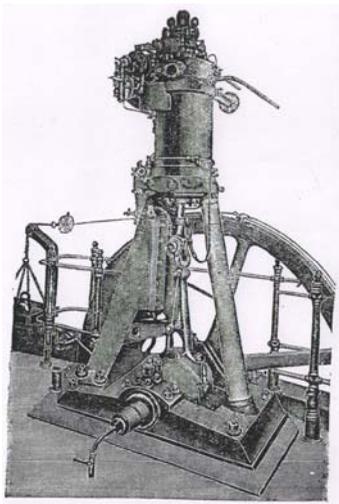


Рис. 26. Третий опытный двигатель Дизеля 1895 года

Только после двухлетнего опыта Дизель признал его необходимость, так как иначе невозможно было добиться бездымного сгорания в цилиндре. Кулачковый вал теперь помещался наверху цилиндра около клапанов.

Третий опытный двигатель, построенный в 1895 году, действительно оказался более удачным.

Этот двигатель работал с большими отступлениями от первоначальных предложений Дизеля. Двигатель работал по циклу, имеющему, в сущности, довольно мало общего с

«рациональным» тепловым двигателем («rationeller Wärmemotor») Дизеля, который, однако, был практически осуществим, и означал колоссальный шаг вперед в деле использования тяжелых топлив.

В марте была начата пятая серия опытов. Этот мотор при первых испытаниях также не обеспечил непрерывную работу. Однако, 1 мая 1895 года этот двигатель непрерывно работал в течение получаса, а через 2 недели мог работать даже с нагрузкой.

26 июня, спустя два года после начала экспериментов, были проведены первые испытания работы двигателя с нагрузкой. В конце 1895 года двигатель Дизеля уже смог работать без перерыва в течение 17 суток, а в феврале 1896 года мотор был испытан на производстве.

Коэффициент полезного действия его равнялся 30%, а расход топлива на лошадиную силу в час составил лишь 206 грамм.

Так же в феврале 1896 года на конференции в присутствии представителей обеих фирм – Круппа и Аугсбургского завода – было решено построить новый одноцилиндровый мотор и одновременно начать работы по конструированию двухцилиндрового двигателя.

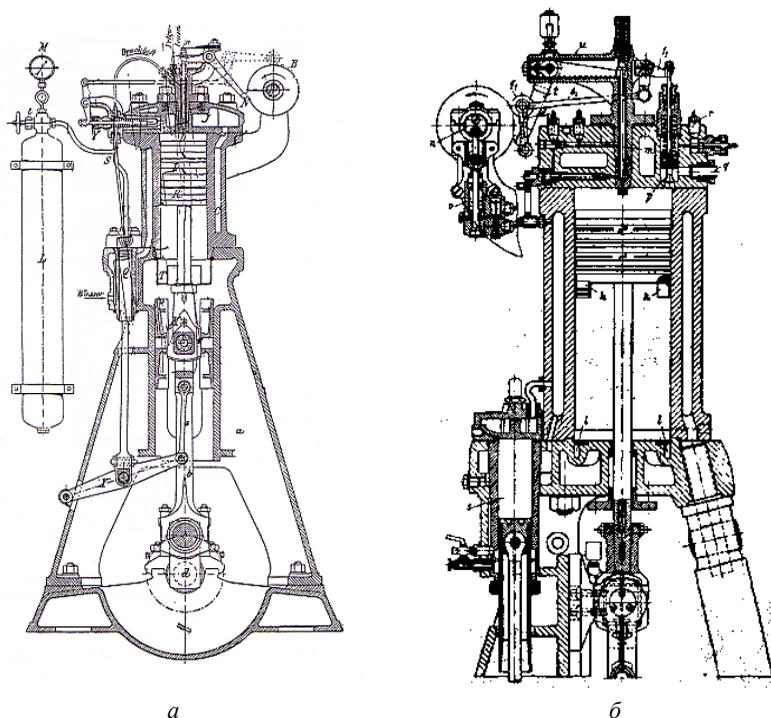


Рис. 27. Третий опытный двигатель Дизеля 1895 года: а – общий вид двигателя, б – разрез по цилиндру, как он стал выглядеть к моменту завершения испытаний третьего варианта в феврале 1896 года

В октябре 1896 года одноцилиндровый мотор был построен и пущен. Это был **четвертый** по счету образец двигателя Дизеля, предназначенный для официальных испытаний. Началась шестая и последняя серия опытов, закончившаяся официальными испытаниями двигателя целым рядом комиссий. В декабре 1896 года Дизель смог написать Круппу: *«Наконец, мы будем иметь совершенно готовый, экономичный двигатель, с которым мы одержим победу»* [5, стр. 71].

Расход керосина в новом двигателе при полной нагрузке достигал около 0,24 кг на эфф.л.с.ч при теплотворной способности керосина 10206 ккал/кг. Таким образом, экономический КПД получался равным 0,25. Эти результаты явились в то время чрезвычайно благоприятными, так как тогда обыкновенные керосиновые двигатели расходовали около 0,4 кг топлива на эфф.л.с.ч., что при равной теплотворной способности керосина соответствовало КПД, равному 0,155.

Механический КПД, оказался, как и следовало ожидать, не очень большим, равным примерно 0,75.

17 февраля 1897 года Мориц Шрeтер (Moritz Schröter), профессор Мюнхенской Высшей технической школы, со своими ассистентами Мукертом и Бюхнером провел официальные испытания четвертого образца двигателя мощностью 18 – 20 э.л.с. Аугсбургского завода с целью подтвердить работоспособность двигателя на жидком топливе. Двигатель имел следующие размеры [3, стр. 805]:

диаметр рабочего цилиндра – 250, 35 мм;

ход поршня рабочего цилиндра – 398,5 мм;

диаметр цилиндра компрессора – 70 мм;

ход поршня компрессора – 200 мм;

отношение объемов, описываемых поршнями – 25,5 : 1.

Испытания производились на американском керосине с теплотворной способностью 10206 ккал/кг и удельным весом 0,7955.

Основные результаты приведены в таблице 2 [3, стр. 805]. Каждый опыт продолжался один час. В последней графе приведены значения, подсчитанные Дизелем для своего «идеального двигателя». В таблице 3 приведены характеристика работы компрессора двигателя Дизеля.

Индикаторная диаграмма, снятая Шрeтером на испытаниях, показана на рис. 28 [36].

Испытания на керосине позволили Шрeтеру заявить следующие технические характеристики двигателя Дизеля (из второго опыта таблицы 2) [36]:

мощность 17,8 л.с.;

частота вращения 154 об/мин;

термический КПД 34,7%;

эффективный КПД 26,2%;

расход керосина 238 г/л.с.ч.;

среднее эффективное давление 5,3 кг/см².

Таблица 2

Результаты испытаний двигателя Дизеля, проведенные Шретером 17 февраля 1897 года

Опыт №	Керосиновый двигатель Дизеля конструкции 1897 г.				Идеальный двигатель Дизеля 1893 года
	1	2	3	4	
Нагрузка	Полная	Полная	Половинная	Половинная	
Число оборотов, об/мин	171,8	154,2	154,1	158,0	300
Эффективная мощность, э.л.с.	19,87	17,82	9,58	9,84	?
Среднее индикаторное давление в рабочем цилиндре, кг/см ²	7,44	7,38	5,28	5,15	2,86
Индикаторная мощность рабочего цилиндра, брутто, и.л.с.	27,86	24,77	17,71	17,72	100
Индикаторная мощность нетто, и.л.с.	26,56	23,69	16,57	16,52	100
Отношение положительной работы расширения к отрицательной работе хода сжатия	0,433	0,433	0,525	0,525	0,7
Расход керосина на г/э.л.с. (при холостом ходе часовой расход – 1,880 кг)	247	238	278	276	112,3 г угля на 1 исч
Расход охлаждающей воды, кг/эсч	70	92,4	139,2	101,1	0
Теплота, отданная охлаждающей воде кал/эсч	980	975	1280	1230	0
Средняя температура выхлопных газов, °С	404	378	260	260	-
Давление сжатия, атм	32,5	32,5	32	32	250
Максимальное давление при сгорании, атм	36	36	33,5	32,5	250
Температура конца сжатия (прибл.), °С	550	550	480	480	800
Температура сгорания (приблиз.), °С	1600	1600	1200	1200	800
Количество воздуха на 1 кг топлива, кг	18,62	18,62	31,9	31,9	99,32

	Керосиновый двигатель Дизеля конструкции 1897 г.				Идеальный двигатель Дизеля 1893 года
Опыт №	1	2	3	4	
Нагрузка	Полная	Полная	Половинная	Половинная	
Следовательно, избыток воздуха, %	26	26	116	116	780
Индикаторный коэффициент полезного действия, %	33,7	34,7	38,9	37,9	$\eta_i = 73$
Механический коэффициент полезного действия, брутто, %	71	72	54	55	-
Механический коэффициент полезного действия, нетто, %	74,8	75,5	57,8	59,6	-
Эффективный (экономический) к.п.д., %	25,2	26,2	22,5	22,6	?
1). Нетто – на фактическую (полезную) работу, брутто – работа при всех затратах мощности на привод вспомогательного оборудования (в данном случае – компрессора).					

Таблица 3

Характеристика работы компрессора двигателя Дизеля

	Керосиновый двигатель Дизеля конструкции 1897 г.				Идеальный двигатель Дизеля 1893 года
Опыт №	1	2	3	4	
Нагрузка	Полная	Полная	Половинная	Половинная	
Число оборотов, об/мин	171,8	154,2	154,1	158,0	300
Мощность двигателя, л.с.					
- индикаторная	27,85	24,76	17,71	17,72	-
- эффективная	19,87	17,82	9,58	9,84	-
Расход мощности на компрессор:					
- среднее индикаторное давление в цилиндре, кг/см ²	4,4	4,5	4,3	4,3	-
- конечное давление сжатия в компрессоре, кг/см ²	41	42,7	39,6	39,5	-
- индикаторная мощность компрессора, л.с.	1,29	1,17	1,14	1,20	-

	Керосиновый двигатель Дизеля конструкции 1897 г.				Идеальный двигатель Дизеля 1893 года
Опыт №	1	2	3	4	
Нагрузка	Полная	Полная	Половинная	Половинная	
Отношение индикаторной мощности компрессора к индикаторной мощности двигателя	0,046	0,047	0,064	0,068	-
Отношение рабочего объема цилиндра к рабочему объему компрессора	25,5				
Рабочий объем компрессора минимальный на 1 э.л.с., л	6,7	6,6	12,4	12,4	-
Примечания: 1. Давление рапыливания воздуха при холостом ходу $\approx 35 \text{ кг/см}^2$ 2. Конечное давление сжатия в компрессоре должно быть выше давления распыливания. 3. По книге Г. Гюльднера «Двигатели внутреннего сгорания». Т. 1, 2 изд., Л. 1930. 480 с.: в таблице 41 на стр. 390 – 391.					

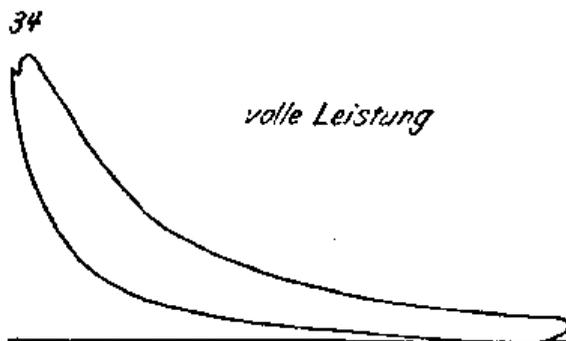


Рис. 28. Индикаторная диаграмма двигателя Дизеля, снятая Шретером в феврале 1897года.

По результатам испытаний Шретер публикует следующее заключение об этих трехдневных испытаниях [6, стр. 124 – 125]:

«После испытаний и сделанных мной наблюдений над работой мотора я должен высказать следующее заключение:

Как четырехтактный двигатель с одним цилиндром он уже в первой стадии своего развития стоит выше всех современных тепловых двигателей. При эффективной мощности в 18 – 20 л.с. при нормальном числе оборотов он расходует 0,24 кг керосина на одну эффективную лошадиную силу в час, произведя соответственно превращение 26,2% теплотворной способности топлива в эффективную работу. При половинной же нагрузке расход топлива на одну эффективную лошадиную силу в час возрастает до 0,28 кг, а количество теплоты, превращенной в работу, понижается до 22,5%.

Механический коэффициент при полной нагрузке оказывается равным 75%. Из всего же количества тепла, подводимого с топливом, превращается в индикаторную работу 34,2% при полной нагрузке и 34,4% при половинной.

Необходимо отметить так же необычайно простое разрешение вопроса об изменении мощности путем регулирования подачи топлива, что дает возможность менять мощность двигателя с эластичностью, свойственной только паровой машине.

Несомненно, что двигатель данной конструкции представляет собой тип двигателя, который будет иметь большой успех на рынке. За это говорят все его данные. Пуск двигателя из холодного состояния очень легок. В высшей степени простое разрешение такого трудного вопроса, как подача горючего посредством впрыскивания сжатым воздухом, указывает на совершенство конструкции, знания и талант изобретателя».

То, что Шретером проводились испытания только на керосине, объяснялось тем, что Аугсбургский завод не располагал во время испытаний нефтью – ее пришлось бы специально привозить на завод. Тем не менее, как показали дальнейшие испытания двигателя Дизеля, он мог вполне работать и на сырой нефти.

Из официального отчета об испытаниях известны следующие технические характеристики двигателя.

Сгорание протекало без заметного повышения давления, приблизительно по изобаре. Оно продолжалось на $1/6$ – $1/5$ части

третьего такта хода поршня, после чего происходило расширение продуктов сгорания до конца хода поршня. Во время расширения давление падало до 2,5 атм, т. е. имело место неполное расширение, как и в двигателях с циклом Отто. Во время четвертого такта осуществлялся выпуск продуктов сгорания в атмосферу.

Таким образом, можно констатировать следующее. Дизель первоначально построил свой первый опытный двигатель без водяной рубашки, как это видно из различий в приведенных выше чертежах конструкции двигателя из патента и первого работоспособного двигателя. В этом двигателе на первых пусках Дизель пытался сжигать угольную пыль, но, не достигнув положительного результата, он пытался сжигать в двигателе светильный газ и только позднее он перешел на работу с жидким топливом.

Работа без водяной рубашки Дизелю совершенно не удавалась; равным образом ему не удавалась работа двигателя с горением по изотерме. Только после того, как двигатель был снабжен водяной рубашкой и в качестве топлива стали применять керосин, а распыливание топлива в цилиндре выполнялось при помощи сжатого воздуха, двигатель показал свои положительные качества. В отношении распыливания топлива при помощи сжатого воздуха на съезде специалистов по двигателям внутреннего сгорания в Петербурге в 1910 году в докладе о путях развития своего двигателя Рудольф Дизель сообщил, что все попытки заставить машину работать без воздушного распыливания кончились неудачей. И только тогда, когда было применено воздушное распыливание топлива, двигатель сразу заработал и оправдал все ожидания экспериментаторов.

Так был создан двигатель Рудольфа Дизеля – «Дизель-мотор» (рис. 29).

И двигатель, и его конструктор вызывали восхищение.

Это был четырехтактный двигатель в двадцать лошадиных сил.

При первом такте ходом поршня за счет кинетической энергии маховика, запасенной при предыдущей работе машины, воздух засасывался внутрь цилиндра. Во время второго такта также за счет кинетической энергии маховика воздух в цилиндре сжимался до 35 атм. При этом теплота, выделяемая при сжатии, доводила воздух до 600–700°C, т. е. до температуры, превышающей температуру воспламенения горючего.

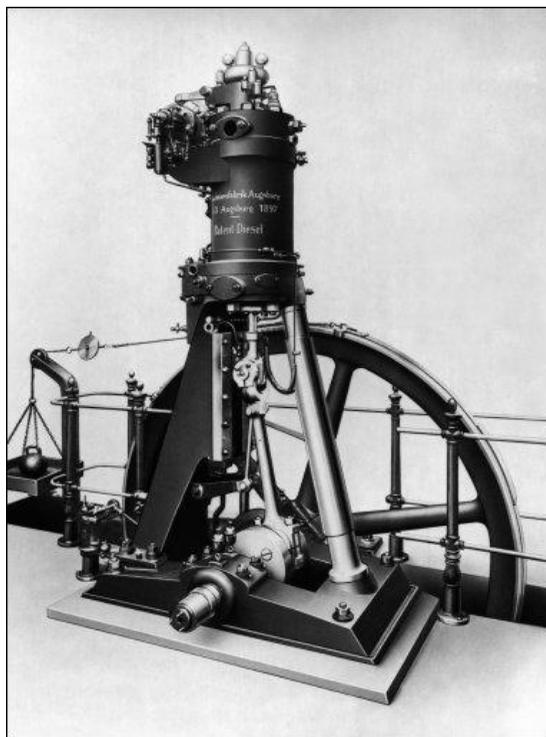


Рис. 29. «Дизель-мотор» Рудольфа Дизеля

В начале третьего такта в цилиндр впрыскивался керосин при помощи маленького насоса, управляемого системой кулачков, форма которых давала желаемую степень впуска. Подача горючего совершалась лишь в течение весьма малой части хода, ее продолжительность изменялась особым регулятором. В течение остальной части хода газы расширялись и сообщали поршню ту энергию, которая и передавалась через шатун коленчатому валу двигателя. В четвертом такте обратным ходом поршня продукты сгорания выталкивались через выхлопную трубу в атмосферу.

Двигатель был снабжен компрессором, т. е. насосом, который в особом резервуаре сжимал воздух до давления, несколько большего, чем самое высокое давление в цилиндре. Из этого резервуара воздух через трубку очень незначительного диаметра направлялся в маленькую камеру форсунки – устройства для распыливания по-

даваемого горючего, куда одновременно подавался керосин. Эта камера сообщалась с внутренностью цилиндра маленьким отверстием, запираемым иглой; когда эта игла приподнималась, керосин впрыскивался в цилиндр благодаря избытку давления, имеющемуся в камере.

Сгорание в цилиндре регулировалось, исходя из мощности, которую должен был развить двигатель, либо изменением продолжительности впуска горючего, либо изменением давления в компрессоре.

Этот же сжатый воздух компрессора использовался и для пуска двигателя в ход из холодного состояния. Распределительный вал помещался наверху и имел пять кулачков. Из них один управлял клапаном, впускающим воздух, другой – клапаном, впускавшим керосин, третий – клапаном, выпускающим отработавшие газы наружу. Два остальных кулачка управляли клапанами, при помощи которых впускался из компрессора сжатый воздух в цилиндр при начальном пуске двигателя.

Таков был осуществленный через двадцать лет после заметки на полях студенческой тетради двигатель. И хотя Дизелю пришлось пойти на ряд отступлений от намеченной им конструкции, тем не менее, этот Дизель-мотор превосходил по коэффициенту полезного действия все существовавшие моторы: в то время как наилучшие паровые машины имели не свыше 15% использования тепла, а усовершенствованные газовые двигатели Отто – не более 24%, мотор Дизеля при первых же испытаниях дал 34%.

Но изобретатель не чувствовал себя победителем. Ему казалось, что компромисс, принятый им в борьбе с природой вещей, свидетельствовал скорее о поражении.

Между тем, все торжествовало вокруг него. [5, стр. 73 – 76].

В начале февраля испытания двигателя произвел завод газовых двигателей Отто-Дейтц в лице его директора Шума и инженера Штейна. Вслед за тем опыты были произведены владельцами Винтертурского завода Зульцер-Имгоф и Зульцер-Шмидтом с инженером Эриком Броуном.

Зульцер с гордостью жал руку бывшему винтертурскому практиканту и называл его своим молодым другом. Результаты испытаний были блестящи.

Не было ни одного значительного машиностроительного предприятия в Европе, которое не прислало бы в Аугсбург своих инже-

неров для осмотра Дизель-мотора. В апреле двигатель испытывала французская комиссия в лице профессора Соважа, инженера Карье и инженера Дикноффа.

Затем по поручению Нюрнбергского машиностроительного завода, объединившегося впоследствии с Аугсбургским под фирмой MAN, двигатель испытывал профессор Гутермут и инженер Рихтер.

Противник двигателя Дизеля на Аугсбургском заводе, технический консультант завода Крумпер с главным инженером Аугсбургского завода Фогтом также произвели официальные испытания Дизель-мотора. С хмурой улыбкой и насупленными бровями он подписал протокол, свидетельствующий о собственных его заблуждениях.

В сентябре в Аугсбург появилась американская комиссия в составе полковника Мейера и инженера Маркса. В октябре испытания произвела объединенная английская и бельгийская комиссия в составе профессора Гартмана и Винслова.

Результаты всех испытаний были одинаковы. Эта небольшая машина, внешне похожая на вертикальный паровой двигатель, произвела невероятную сенсацию. Вслед за испытаниями последовали предложения от иностранных фирм передать права на производство Дизель-моторов. Знаменитый английский физик лорд Кельвин, ознакомившись с новым двигателем ранее других, повел с изобретателем переговоры от английской фирмы Ватсон. Право на использование патента было уступлено Дизелем, и по его чертежам в Глазго был построен первый Дизель-мотор. Испытанная впоследствии профессором Ваткинсоном эта машина дала несколько более высокий коэффициент полезного действия, расходуя до двухсот десяти граммов горючего на силу в час.

В одно время с англичанами был заключен также договор с американским капиталистом Адольфусом Бушем. Он приобрел патент, не задумываясь, уплатив изобретателю очень значительную сумму. Дизель вдруг стал богатым человеком. Успех начал тревожить его самого: *«Мысль стать внезапно богатым, – писал он домой, сообщая о своей сделке, – мне тяжела. Мне это не улыбается, нет».*

А между тем, ничто уже не могло остановить ни новых сделок, ни почестей. Значение нового двигателя было слишком ясно для всех. Успех нарастал. Ожидающие огромных прибылей финансисты залили золотом изобретателя: в один только первый год реализации патента он получил около трех миллионов рублей золотом.

За изобретенный двигатель принц-регент Леопольд пожаловал изобретателю баварский орден Михаила. Дизель с улыбкой бросил его в ящик письменного стола и уже не вспоминал о нем более всю жизнь.

Германское общественное мнение пользовалось случаем, чтобы вновь заговорить о «великом немецком духе».

Победа была налицо.

На рисунках 30 и 31 изображен в продольном и поперечном разрезах четырехтактный двигатель Дизеля объединенных машиностроительных заводов Аугсбург – Нюрнберг (М.А.Н.) в первоначальной, получившей большое распространение конструкции и установке. Исключительное распространение получил именно вертикальный тип двигателя Дизеля. Горизонтальные двигатели строились лишь на небольшие мощности. [2, стр. 231 – 234].

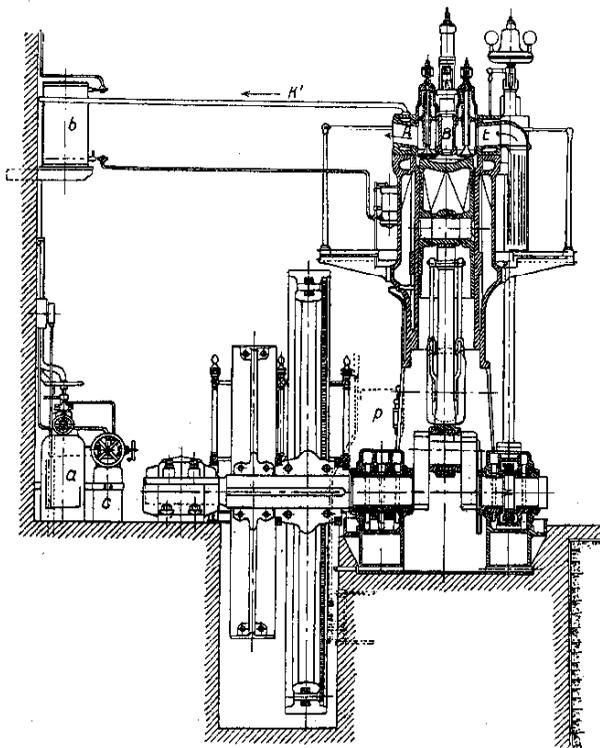


Рис. 30. Продольный разрез первого работоспособного двигателя Дизеля

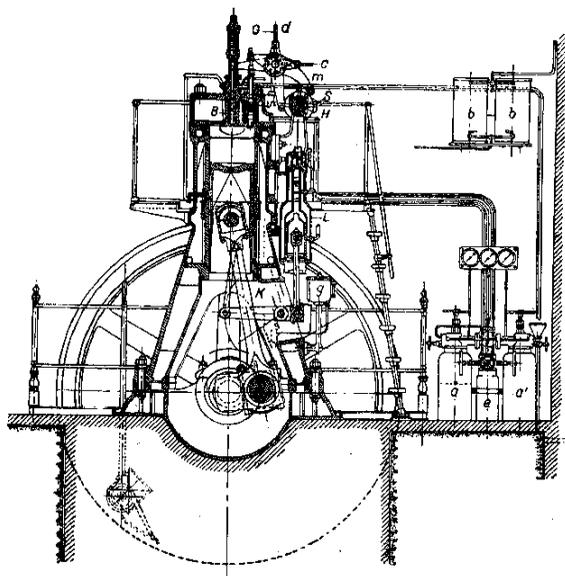


Рис. 31. Поперечный разрез первого работоспособного двигателя Дизеля

На рисунках: *A* – выхлопной клапан, *E* – всасывающий клапан, *B* – форсунка и *V* – пусковой клапан.

Вращение главного вала передавалось посредством двух пар винтовых колес и промежуточного вертикального вала к горизонтально расположенному кулачковому валу *H*, на котором насажено четыре кулака, по которым катились ролики четырех коромысел, вращающихся вокруг горизонтальной оси, расположенной над цилиндром двигателя. Рычаги всасывающего воздушного клапана и выхлопного клапана находились в постоянной работе и не имели особенностей в своем устройстве. Рычаги форсунки и пускового клапана были насажены на общей эксцентричной втулке. Эта втулка имела вращение вокруг оси посредством изображенной на рис. 31, ручки *G*. Положению ручки соответствовало то или иное положение втулки и насаженных на ней рычагов пускового *m* и форсуночного клапанов. При горизонтальном положении *c* ручки *G* рычаг форсунки находится в рабочем положении, и его ролик соприкасается со своей кулачной шайбой *S*, тогда как ролик рычага *m* пускового клапана *V* находится вне сферы вращения его кулачной

шайбы. Поэтому, форсунка работает, а пусковой клапан находится в бездействии. При вертикальном положении d ручки G ролик рычага пускового клапана соприкасается со своей кулачной шайбой, а рычаг форсунки находится в бездействии. Такое состояние бывает при пуске двигателя в ход. Кроме этих двух положений ручки, имеется третье, среднее между ними, т. е. наклонное, которое соответствует нейтральному положению этих рычагов, когда ни ролик рычага форсунки, ни ролик рычага пускового клапана не находятся в соприкосновении со своими кулачными шайбами. При этом двигатель не работает.

Нужный для впрыскивания нефти и пуска двигателя в ход воздух сжимался двухступенчатым компрессором L .

Компрессор L , как это указано на рис. 31, был закреплен на двигателе в вертикальном положении.

Компрессор приводился в действие посредством коромысла K от шатуна двигателя. Воздух нагнетался в рабочий резервуар e , запасный a' и пусковой резервуар a .

Топливо помещалось в рабочих баках $b - b$, подвешенных на стене помещения.

Рабочий процесс компрессорного двигателя Дизеля совершается за два оборота коленчатого вала (за четыре хода поршня). При первом ходе поршня вниз через очиститель, представляющий собой вертикальную трубу с продольными прорезями, и открывшийся всасывающий клапан E засасывается из окружающей атмосферы воздух. Так что к концу этого хода цилиндр заполняется воздухом атмосферного давления. В начале второго хода поршня вверх всасывающий клапан закрывается, и воздух сжимается в цилиндре двигателя до $32 - 35 \text{ атм}$. Температура при этом повышается до $500 - 550 \text{ }^\circ\text{C}$. В конце второго хода игла форсунки B открывает отверстие внутрь цилиндра и топливо не некоторой части пути поршня распыляется распыливающим воздухом давления $45-60 \text{ атм}$.

Распыляясь, топливо смешивается с воздухом цилиндра, имеющим высокую температуру, и сгорает. Температура внутри цилиндра сильно возрастает, продукты сгорания вследствие этого расширяются, и поршень идет вниз. Получается третий, рабочий ход. В конце третьего хода открывается выхлопной клапан A и давление в цилиндре падает. Последним, четвертым ходом поршня

вверх продукты сгорания выталкиваются наружу, после чего выхлопной клапан закрывается.

Как видим, в отдельности принципиально нового созданный Дизелем двигатель как будто бы и не содержал. Тем не менее, результатом деятельности Дизеля явилось воплощение в своем двигателе накопленного ранее мирового опыта двигателестроения, реализация в нем многих еще не осуществленных идей, а в целом создание нового типа двигателя, ставшего вехой в энергетическом и транспортном машиностроении.

В значительной части работа его основывалась на принципах, высказанных Карно более чем 70 лет назад. Пневматическое распыливание топлива было запатентовано и осуществлено также еще до Дизеля.

Таким образом, казалось бы, двигатель Рудольфа Дизеля явился лишь результатом заключительных работ, обобщивших идеи, исследования и достижения ученых, изобретателей и конструкторов разных стран, накопленные за многие годы. И все же в его двигателе было практически реализовано то принципиально новое, что не захотели увидеть или не смогли его современники-оппоненты. **Это новое заключалось в реализации еще никем не предложенного цикла работы двигателя с почти изобарным подводом теплоты.** Такой цикл был создан в результате опытных работ с четырьмя вариантами нового двигателя и отличался от цикла двигателя, запатентованного Дизелем ранее. Создание им нового цикла — реальность, которую, казалось бы, трудно было не разглядеть. Оппоненты же его, к сожалению, этого не заметили. Да и сам Дизель, по-видимому, не увидел в этом основы для своей защиты. В совокупности цикл, по которому работал двигатель до Рудольфа Дизеля, не был ни предложен, ни осуществлен ранее ни в одном двигателе внутреннего сгорания.

Огромной и неоспоримой заслугой Дизеля было и то, что в результате многолетней кропотливой творческой работы ему удалось преодолеть многие неудачи, разрешить массу конструктивных и технологических проблем, реально претворить в жизнь прогрессивные идеи, некоторые из которых до Дизеля были далеки от воплощения. В результате был создан надежный и высокоэкономичный двигатель, совершивший революционный скачок в двигателестроении, который получил название «дизель» и обессмертил имя своего создателя.

После того, как одноцилиндровый двигатель оказался вполне работоспособным, Аугсбургский завод приступил в 1896 году к опытам с двойным расширением, важным главным образом для работы на газообразном топливе. Эксперименты проводились на крупной трехцилиндровой машине, конструкция которой приведена на рис. 32.

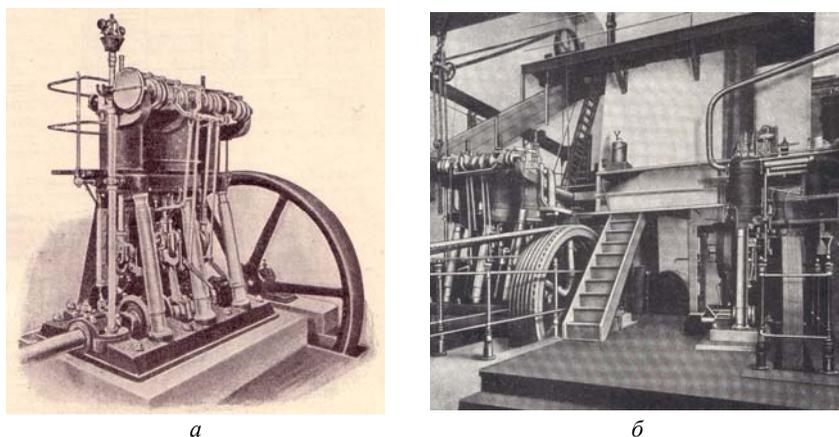


Рис. 32. Двигатель Дизеля двойного расширения: общий вид двигателя (а) и на испытательном стенде (б – в левом углу двигатель двойного расширения, справа – одноцилиндровый двигатель). Построен Аугсбургским заводом в 1896 году

Аналогично газовому двигателю двойного расширения Отто, оба боковые сожигательные цилиндры работают по принципу четырехтактного действия, в то время как средний цилиндр низкого давления, получающий газы из обоих первых цилиндров – по принципу двухтактного действия. Чтобы вводить в сожигательные цилиндры большее весовое количество воздуха и этим увеличить конечное давление расширения в них, а следовательно, и начальное давление в цилиндре низкого давления, в нижней полости цилиндра низкого давления производилось предварительное сжатие воздуха.

Размеры опытного двигателя были следующие: диаметр сожигательных цилиндров – 220 мм, цилиндра низкого давления – 510 мм, ход поршня – 400 мм; этот двигатель при 150 об/мин должен был развивать мощность 150 э.л.с. Топливом служил керосин. При наилучших условиях среднее индикаторное давление (в обоих цилинд-

рах) оказалось равным $4,5 \text{ кг/см}^2$, в то время как по теоретической диаграмме оно должно было иметь значение $8,5 \text{ кг/см}^2$; коэффициент полноты диаграммы, следовательно, был меньше 0,55, и более 45% имеющейся теплоты терялось за счет двойного действия.

При переходе газов из сожигательного цилиндра в расширительный давление их падало на 10 атм, что составляло $\frac{1}{4}$ максимального давления; такая большая потеря давления обусловлена не столько сопротивлениями при перетекании, сколько сильным падением температуры газов в энергично охлаждаемых перепускных клапанах. Расход керосина соответственно был чрезвычайно велик – в несколько раз больше, чем расход в меньшем одноцилиндровом двигателе; внутренние механические сопротивления в самом двигателе также достигали недопустимых величин, что не позволяло надеяться на получение достаточной удельной мощности.

Таким образом, эта, как и прежние попытки других двигателестроителей для осуществления двигателей двойного расширения, окончилась полной неудачей, несмотря на затраченные значительные средства.

Дизелем также была сделана попытка создания газового двигателя постепенного сгорания, по экономичности равного его двигателю жидкого топлива. В газовом двигателе вместо воздуха и жидкого топлива в цилиндр вдувался сжатый до высокого давления светильный газ, воспламеняющийся от соприкосновения со сжатым воздухом. В остальном работа совершалась идентично с таковой у двигателя жидкого топлива.

Постоянные неудачи при испытаниях заставили внести некоторые изменения в первоначальную систему; так, например, в рабочий цилиндр вместо чистого воздуха засасывалась бедная смесь, в которую затем дополни-



Рис. 33. Газовый двигатель Дизеля

тельно подавался газ, и благодаря этому смесь становилась способной к воспламенению. Следующим шагом в этом направлении явилось следующее: в рабочий цилиндр с самого начала засасывалась нормальная рабочая смесь, которая затем сжималась так, что не доводилась до самовоспламенения; в верхней мертвой точке в качестве запального средства впрыскивался керосин, который производил воспламенение всей рабочей смеси.

Этот метод воспламенения был предложен уже в шестидесятых годах Сименсом (William Siemens). В последующие годы развития двигателей внутреннего сгорания «запальное топливо» получило практическое применение в двигателях, работающих на дегтярном масле. Из сказанного можно сделать вывод, что применение легко воспламеняющегося топлива для воспламенения более трудно воспламеняемого уже давно являлось общетехническим достоянием.

Тем не менее, все эти попытки, по-видимому, не дали удовлетворительных результатов, хотя испытания производились на каменноугольном светильном газе, т. е. производились в наиболее благоприятных условиях.

Даже базируясь на результатах, опубликованных самим Дизелем, которые, вероятно, соответствуют наилучшим условиям проведения опыта, можно судить о нежизнеспособности его газового двигателя. Согласно докладу Дизеля, прочитанного на конгрессе «Congrès de mécanique appliquée» под заглавием «Le moteur thermique système Diesel» в Париже, при испытаниях 16 – 18-сильного двигателя был получен индикаторный коэффициент полезного действия $\eta_i = 36\%$, соответствующий расходу светильного газа ($H_u = 5000 \text{ кал/м}^3$) – 350 л/исч. Если принять механический коэффициент полезного действия равным 0,75 (что является скорее слишком высоким), эффективный к.п.д. (η_e) получается равным 27%, что соответствует расходу газа около 470 л/эсч. Эти величины, однако, уступают двигателям быстрого сгорания среднего качества и почти на четверть отстают от значений, получаемых в двигателях Дизеля жидкого топлива. На основании чисто теоретических соображений можно было предвидеть подобный неблагоприятный результат; вообще на пути к практическому осуществлению газового двигателя постепенного сгорания стоят величайшие затруднения.

Основным необходимым условием для каждого газового двигателя является образование хорошей, равномерно перемешанной

рабочей смеси; это условие в газовом двигателе Дизеля не соблюдается, или, во всяком случае, соблюдается значительно хуже, чем в двигателях быстрого сгорания. В то время, как в последних, процесс образования рабочей смеси может происходить в течение двух полных ходов поршня, в Двигателе Дизеля в течение первой десятой части хода, т. е. примерно в $1/50$ секунды должны произойти подача газа, смешение его с воздухом, воспламенение и полное сгорание. И все это при столь неблагоприятных условиях. Газ подается в цилиндр при давлении 8 – 12 атм сверх давления в цилиндре через форсунку с диаметром отверстия всего в несколько миллиметров. Только первые частицы поступающего газа тотчас встречают необходимый для сгорания воздух и сгорают близ места поступления в цилиндр; все последующие частицы газа для того, чтобы достигнуть оттесняемого к стенкам цилиндра кислорода, должны пробиться через возникшее ядро сгорания, т. е. через раскаленный слой индифферентных газов (CO_2 и N). При имеющихся неблагоприятных обстоятельствах все эти процессы совершаются, конечно, медленно и несовершенно. Результатом всего получается то, что к концу подачи топлива не все частички газа соединились с кислородом, и процесс сгорания захватывает значительную долю расширения.

В своем докладе в Париже Дизель привел индикаторную диаграмму, которая дала яркое доказательство тому, что подвод теплоты к продуктам сгорания продолжается в течение всего хода, причем количество сообщенной теплоты значительно превосходит количество теплоты, отданного охлаждающей воде. Исследование кривой расширения по участкам индикаторной диаграммы обнаруживает, что показатель политропы расширения на первой трети хода меньше единицы, и что лишь на последней четверти хода он приближается к действительному отношению теплоемкостей продуктов сгорания. Догорание, таким образом, продолжается почти до момента начала выхлопа.

Этот газовый двигатель Дизеля не достиг эксплуатационной жизнеспособности.

Глава 4. Материалы съезда в Касселе

16 июня 1897 года на XXXVIII ежегодном съезде Союза германских инженеров в городе Касселе Дизелем был прочитан доклад, оповестивший мир о рождении «нового двигателя».



Рис. 34. Рудольф Дизель, владелец Аугсбургского завода Генрих фон Буц, профессор Мюнхенской Высшей технической школы Мориц Шретер (слева направо) на съезде Общества германских инженеров в Касселе. Июнь 1897 года

Этот доклад – «Рациональный двигатель Дизеля» – был опубликован в журнале немецких инженеров «Летопись Союза немецких инженеров» в №28 и №29 за 1897 год.

Дизель начал свой доклад с того, что напомнил основные тезисы, установленные в брошюре от 1893 года, необходимые, по его мнению, для получения «рационального» теплового двигателя. После изложения теоретических соображений он перешел к достигнутым результатам, а в конце сделал краткий исторический обзор своих работ, своих неудач и успехов в опытных лабораториях Аугсбургского завода.

«Этот двигатель, – признавал Рудольф Дизель на съезде в Касселе, – явился компромиссом между теорией и практикой, и, оставаясь далеким от совершенства, все же есть приближение к идеалу, который рисовался в воображении Карно и многих других умов, высказывавших идеи, теперь осуществленные в новом двигателе» [6, стр. 130].



Рис. 35. Рудольф Дизель

Ниже приведены наиболее интересные места из доклада Дизеля:

«У всех ранее известных процессов горения, применявшихся в двигателе, был известен только один способ действия: получение температуры горения после происшедшего воспламенения – через самый сожигательный процесс и во время его совершения».

Далее Дизель приводит четыре тезиса, которые должны быть выполнены для осуществления «рационального», как он его называет, теплового двигателя.

1. Сильное адиабатическое сжатие чистого воздуха (не смешанного с топливом, чтобы избежать преждевременных вспышек), настолько сильное, чтобы получить высшую температуру рабочего процесса с целью приближения к процессу Карно.

2. Отступление от идеальной схемы процесса Карно – сжатие воздуха в одном цилиндре сразу примерно до 50 атмосфер вместо сжатия в двух цилиндрах до 200 атмосфер (цифры приведены про-

фессором Г.В. Тринклером в книге «Двигателестроение за полу-столетие»).

3. Постепенное введение в цилиндр топлива (твердого, жидкого, газообразного) с таким расчетом, чтобы процесс горения шел изотермически, т. е. не сопровождался бы повышением температуры (приближение к процессу Карно).

4. Сжигание топлива при большом избытке воздуха (в противовес тому, к чему раньше стремились).

Указанные четыре тезиса дают рабочий процесс двигателя внутреннего сгорания, который изображен на теоретической диаграмме рис. 36 (подлинник доклада Дизеля).

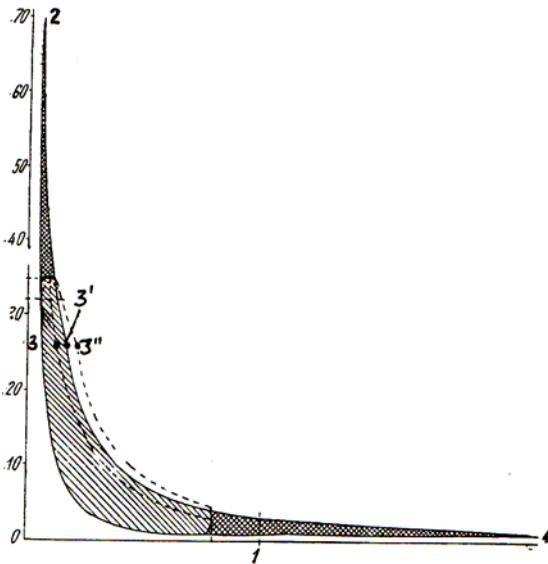


Рис. 36.

Далее в докладе по поводу цикла сказано:

«Согласно этому рабочему циклу по схеме Дизеля в цилиндре по кривой 1–2 сжимается чистый воздух настолько сильно, что при этом, исключительно благодаря сжатию, достигается температура горения (до начала горения и независимо от него), после этого топливо подводится постепенно в соответствии с кривой 2–3

таким образом, что сгорание, благодаря продвижению рабочего поршня и происходящему при этом расширению воздуха, происходит, по возможности, изотермически, а также, по существу, и без заметного повышения давления; после этого, с прекращением подачи топлива, газы, находящиеся в цилиндре, расширяются по кривой 3 до 4.

Не стоило бы упоминать, что на практике угол 2 диаграммы не выявится с той остротой, как дает теория; этот угол получит закругленную форму; равным образом, отдельные кривые не совпадут полностью с теоретическими; кривая горения 2–3 будет более или менее отступать от изотермы, отчего сущность рабочего процесса не изменится. В частности, легко понять, что представляет значительную выгоду срезать сильно растянутые концы 2 и 4, так как они не дают значительной площади диаграммы, между тем около точки 2 получаются меньшие, более практические и давления сжатия, а при точке 1 достигаются меньшие размеры цилиндра.

Сообразно с этим, указанные углы можно срезать, после чего получается настоящая диаграмма, показанная светлой штриховкой, как она дается на осуществленной машине (как она действительно снята на опытном двигателе).

Вместе с тем рис. 2 показывает, каким образом может быть регулируема такая диаграмма, а, следовательно, и мощность машины.

Именно как показано пунктиром, форма кривой сгорания изменяется в сторону точек 3 или 3" таким образом, что изменяют продолжительность подачи топлива, в связи, с чем меняется также и форма линии расширения. Возможно также менять и высоту диаграммы (и, следовательно, ее площадь), если начинать подачу топлива на различных точках линии сжатия, что также показано на рис.2 пунктиром...».

Дальше Дизель описывает один из вариантов предложенной им конструкции, а именно двигатель «компаунд»; разъясняет термодинамические преимущества предлагаемой машины и говорит:

«Механический коэффициент полезного действия, наоборот, должен был оказаться значительно меньше, чем бывало до сих пор, по причине весьма высокого сжатия и связанной с этим отрицательной работы.

В отношении этого то пункта критика энергично нападала, она пошла так далеко, что вычислила, будто этот механический КПД окажется настолько низким, что вследствие этого признанные теоретические преимущества будут сведены к нулю, и двигатель разовьет меньшую мощность, чем все остальные двигатели.

Теоретические же преимущества были настолько велики, что с разных сторон последовало признание, что дело реализации заслуживает самого большого внимания...».

Дизель затем описывает и дает чертеж первого опытного двигателя, построенного на Аугсбургском заводе. После этого он продолжает:

«Обращаю внимание на то, что эта машина работала без водяной рубашки и что, таким образом, была доказана возможность работать без водяного охлаждения, предусмотренная теоретически.

По практическим соображениям при дальнейших выполнениях машины была применена водяная охлаждающая рубашка, которая, главным образом, дает возможность получить при тех же размерах цилиндра большую работу.

На основании большого опыта, приобретенного при испытаниях, для меня стало совершенно ясно, что точка зрения, будто водяная рубашка при двигателях внутреннего сгорания является главным препятствием для достижения высокой отдачи, – неправильна.

При всех рабочих процессах машин-двигателей, на основании чисто теоретических соображений, должно отводиться некоторое количество тепла. У паровых машин для этой цели существует особый аппарат – конденсатор.

У двигателей внутреннего сгорания роль конденсатора выполняет, с одной стороны, водяная рубашка, с другой стороны – атмосфера, которая принимает теплоту отработавших газов.

Оба эти отводимые количества тепла вместе, не считая потерь, которые впрочем, менее значительны, чем обычно принимают, представляют собой ту теплоту, которая должна быть отведена для того, чтобы правильно осуществить процесс; водяная рубашка, поэтому не является неизбежным злом, но теоретической необходимостью, как конденсатор у паровой машины. Поэтому многочисленные попытки сократить количество отведенного тепла являются непонятными, и неудача этих попыток вполне естественна.

Эти попытки соответствовали бы стремлению впрыскивать меньше воды в конденсатор у паровых машин для того, чтобы отводилось меньше теплоты и теплота лучше бы использовалась.

Если желают уменьшить количество отведенного тепла, то для этого существует лишь одно средство: реализовать такой процесс сгорания, чтобы сразу же требовалось, чисто теоретически, отводить меньшее количество тепла.

Нас завело бы слишком далеко доказывать эту точку зрения на основе имеющегося обширного опытного материала ...».

Приведенные здесь в переводе места из доклада Дизеля являются **характерными для оценки теоретической части этого доклада.**

Рассмотрим еще одну копию чертежа из доклада Дизеля (рис. 37).

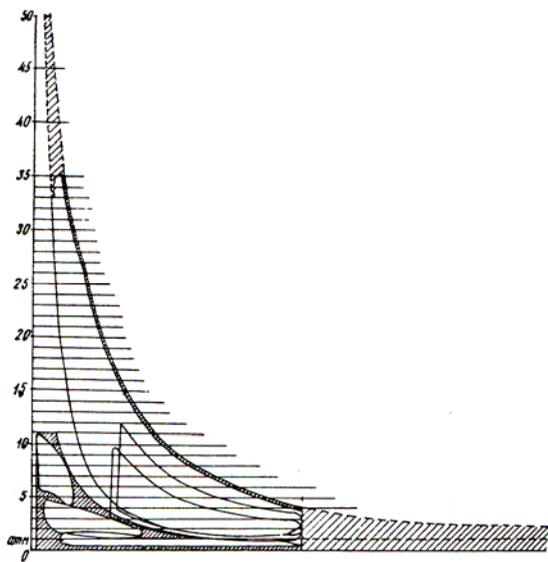


Рис. 37. Индикаторные диаграммы тепловых машин

Чертеж этот показывает индикаторную диаграмму двигателя Дизеля в сравнении с другими типами тепловых машин в отношении объема рабочих цилиндров – паровыми машинами и двигателями быстрого сгорания по циклу Отто.

Из приведенного чертежа видно, что работа, создаваемая в двигателе постепенного сгорания Дизеля значительно превосходит работу, создаваемую паровыми машинами и двигателями быстрого сгорания, работающими по циклу Отто.

Одновременно на съезде профессором Шретером был под тем же заголовком прочитан содоклад, напечатанный затем в том же журнале в №30 от 24 июля 1897 года.

Доклад профессора Шретера являлся, по существу, отчетом об испытаниях, проведенных им на первом работоспособном 20-сильном двигателе Дизеля на Аугсбургском машиностроительном заводе.

Доклад этот подтвердил низкий удельный расход топлива (керосина – прим. авт.) и все положительные качества нового двигателя – быстрый пуск в ход холодной машины, хорошее регулирование мощности и пр.

Для наибольшей полноты представления о докладе Шретера можно привести следующие выдержки из доклада профессора, который начинался следующими словами:

«Относительно теоретических основ своего рационального теплового двигателя господин Дизель устно и еще раньше в своем сочинении настолько ясно высказался, что только остается категорически подтвердить, что среди сведущих людей с самого начала лишь существовало убеждение, что эти теоретические основы совершенно правильны и неоспоримы.

Не такое единодушие имело место по отношению к вопросу, в какой мере удастся конструктивно осуществить требования теории; поэтому для меня является большим удовольствием то, что руководство нашего Союза предложило мне и дало возможность перед столь избранным собранием сотоварищей привести на основе цифр доказательство того, что прикладная термодинамика не столь же бесплодна в деле оказания помощи совершенствованию тепловых машин, как в последнее время нередко утверждали...».

Опыты Шретера, описанные в этом докладе, показали, что расход керосина на действительную лошадиную силу при полной нагрузке машины составил 240 г в час; новый двигатель, поэтому оказался **на первом месте** по топливной экономичности среди всех других типов тепловых машин.

О завершенности конструкции двигателя Дизеля Шретер в своем докладе заявляет:

«После моего сообщения, которое я намереваюсь в скором времени пополнить углубленным термодинамическим исследованием, конечно, укрепляется уверенность, полученная Вами из доклада господина Дизеля, в том, что мы здесь имеем дело с машиной, безусловно, годной для рынка, вполне проработанной во всех своих деталях...».

Заканчивая чтение официального протокола испытаний, Шретер сказал:

«С установлением механического коэффициента полезного действия в семьдесят пять процентов при полной нагрузке опровергаются наглядно все опасения, которые высказывались на этот счет (имеется в виду, что при высоких давлениях сжатия воздуха потери на трение в двигателе существенно возрастут и поглотят всю полезную работу – прим. авт.). Это – триумф теории, триумф, полнее которого нельзя себе и представить, если принять во внимание, что настоящее выполнение основной мысли не есть еще последнее слово: дизель-мотор находится в самом начале своего развития, и мы во всяком случае можем ожидать в конечном результате еще более высоких показателей, чем те, что были мною приведены сегодня» [5, стр. 78 – 79].

Доклады Дизеля и Шретера на съезде Общества германских инженеров имели громадный успех. Было ясно, что открывается новая эра в постройке тепловых двигателей и что в лице дизель-мотора создан сильнейший конкурент паровой машине и двигателям внутреннего сгорания более ранних типов.

Эту дату – лето 1897 года – можно считать завершением первого периода дизелестроения – создания работоспособного двигателя с высоким коэффициентом полезного действия.

Вторым периодом является разработка надежного в эксплуатации и пригодного для распространения двигателя («marktfähiger Motor»). Но об этом речь пойдет далее.

Присутствовавший на съезде в Касселе русский инженер А. А. Радциг сравнил значение этого изобретения с изобретением паровой машины Джеймсом Уаттом, о чем он и сделал соответствующее сообщение в Россию и информировал техническую интеллигенцию о рождении нового мотора.

Глава 5. Послесъездовский период

После грандиозного успеха на съезде на 39-летнего инженера полился золотой дождь. Патенты Дизеля, помимо, разумеется, Круппа и Аугсбурга, "Дойц" в Германии (Отто и Ланген к тому времени успели умереть), братья Карельс в Бельгии, английская фирма "Мирлз Уотсон Яриан". Пивной король из Миссури Адольфус Буш отвалил Дизелю за право производства его моторов в Америке миллион немецких марок. *«Особые качества моего мотора, – сиял новоявленный миллионер, – позволяют с уверенностью присудить ему пальму первенства также и в автомобиллизме над всеми известными конструкциями».* Особенно заинтересовало это высказывание французские фирмы, планировавшие принять участие в автогонке Париж-Вена 1898 года. Они рассчитывали, что «дизель-мотор» прервет серию побед моторов «системы Даймлера». Тут же во французском городке Бар-ле-Дюк образовалось товарищество по производству двигателей Дизеля. А в феврале 1898 года был основан завод «АБ Дизелс Моторс» в Стокгольме. Новый контракт с фирмой MAN принес Дизелю второй миллион. А третий – соглашение с англо-американским фабрикантом оружия и автомобилей Хирамом Перси Максимом.

Забросив исследования, Дизель ударился в коммерцию. Чем он только не занимался! Обладатель уже шестимиллионного состояния основал предприятие по строительству электропоездов и финансировал католические лотереи, покупал и продавал всевозможные фирмы и заводы, спекулировал нефтеносными участками, купленными по совету Эммануила Нобеля, владельца бакинских нефтяных промыслов и главного конкурента рокфеллеровской нефтяной империи «Стандарт ойл».

Сбылись мечты сына скромного парижского ремесленника. Он – на вершине мира! Он крутит этот «маленький земной шарик», как захочет! И деньги не главное – Дизель легко тратит 900 тысяч марок на строительство роскошного особняка, одно содержание которого обойдется ему в 90 тысяч в год. Но самое поразительное – еще ни один мотор «системы Дизеля» к тому времени даже не был продан!

Скандал разразился, когда первые дизели, доставленные заказчиком, оказались не в состоянии работать. «Дойц» отменил соглашение и приостановил выплаты Дизелю. Принадлежавшая самому изобретателю «Аугсбургер дизель-моторен фабрик» мгновенно обанкротилась.

А все началось с первого промышленного «Дизель-мотора». Первым для промышленных целей Аугсбургским машиностроительным заводом в 1897 году был создан керосиновый двигатель для работы на спичечной фабрике «Унион» в Кемптене (Бавария) (рис. 38).

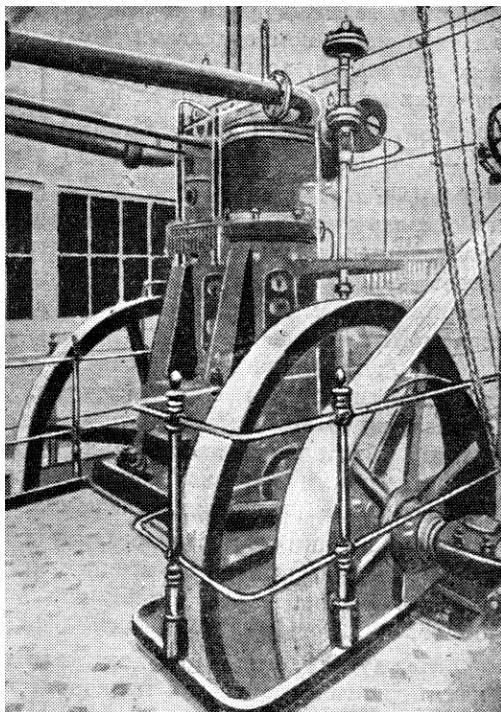


Рис. 38. Кемптенский дизель-мотор

Это был 60-сильный двухцилиндровый двигатель. Но этот двигатель оказался крайне неудачным: неудовлетворительно работали

насос для подачи горючего, форсунка, компрессор; клапаны и поршни пропускали газы, сжатые до высокого давления. На многих других заводах, приобретших право производства двигателей Дизеля, построенные двигатели оказались тоже с большими дефектами (особенно неудачно работал завод Ватсона в Англии) и на некоторых из них производство дизелей было прекращено.

Эти неудачи окончательно подорвали оставшееся первоначальное доверие к новому изобретению, которое потом сменилось пессимизмом. Было очевидно, что правильная идея двигателя 1897 года нуждалась в гораздо более совершенном конструктивном и производственном оформлении.

Главная роль по осуществлению пригодного для длительной эксплуатации двигателя перешла, прежде всего, к Аугсбургскому машиностроительному заводу. Дизель принимал в этой фазе развития двигателя весьма малое участие, занимаясь своим заводом быстросходных дизель-моторов, которые тоже не имели успеха.

Дело усовершенствования дизель-моторов было поддержано директором Аугсбургского завода Генрихом фон Буцем, который путем больших жертв со стороны Аугсбургского завода, работы по ночам и во время остановок, добился успешной работы мотора на фабрике в Кемптене. Все ответственные части дизель-мотора: поршень, крышка цилиндра с клапанами, распылитель, игла для впуска топлива, впускной клапан, нефтяной насос, воздушный насос, цилиндры для пуска в ход и распыливания топлива – должны были быть переконструированы, материалы для их изготовления и способы обработки изменены и доведены до большей степени точности. Окончательный успех кемптенского двигателя и даже хорошая работа некоторых других, построенных Аугсбургским заводом двигателей, не создали еще перелома в отношении к дизель-мотору.

Положение двигателя окончательно упрочилось только в 1899 году, когда Аугсбургским заводом было изготовлено 14 двигателей общей мощностью около 500 л.с.

После практической отработки конструкции двигателя Дизеля создалась вполне работоспособная конструкция, показанная на примере двигателя, построенного в 1898 году фирмой Круппа.

Отработанная конструкция такого «теплового двигателя для жидких топлив» фирмы Крупп – Эссен выпуска 1898 года приведена на рис. 39.

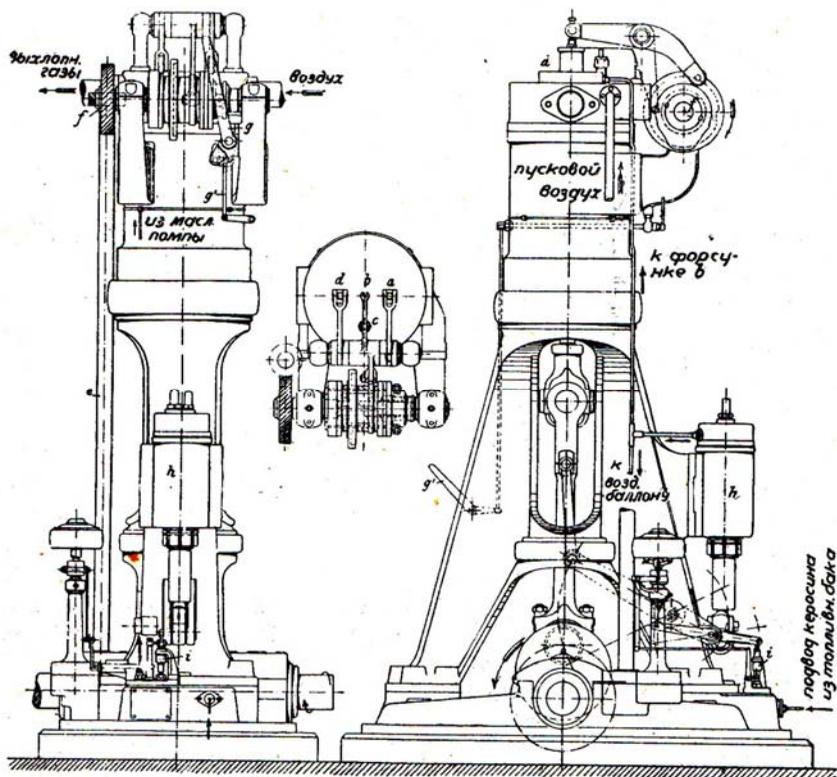


Рис. 39. 35-сильный двигатель Дизеля. Построен фирмой Крупп – Эссен в 1898 г.

Рабочий цикл в нем производился так же, как он осуществляет- ся в дизель-моторах почти без изменения и до настоящего времени. Цикл выполнялся за 4 такта, как и в двигателе Отто: в первом такте всасывался чистый воздух, во втором – он сжимался приблизи- тельно до 35 атм, причем происходило сильное повышение темпе- ратуры воздуха (до 500° – 600°С). В этот раскаленный воздух в са- мом конце 2-ого такта впрыскивалось горючее – керосин. Подача керосина происходила через форсунку, куда он подавался насосом, а распыливание керосина производилось сжатым воздухом, пода- ваемым в ту же форсунку. Сжатие распыливающего воздуха дово- дилось до 50 – 60 атм.

Распределение производилось клапанами, размещенными в крышке цилиндра. Клапанов было пять, из которых один служил для впуска керосина через форсунку, другой – для всасывания воздуха и третий – для выпуска продуктов сгорания. Два остальных клапана служили для впуска и выпуска сжатого воздуха в период пуска двигателя. Сжатый воздух доставлялся компрессором, приводимым в движение от балансира. Этот воздух проходил через резервуары, в которых таким образом всегда имелся запас воздуха для пуска двигателя.

Регулирование двигателя достигалось изменением продолжительности подачи горючего под действием центробежного регулятора. Цилиндр был снабжен водяным охлаждением. Передача движения поршня к валу достигалась в двигателе через крейцкопф, шатун и кривошип (двигатель простого действия). Маховик отличался большим весом, что естественно, так как кроме большой неравномерности вращательного момента, свойственной одноцилиндровому четырехтактному двигателю, здесь играла еще роль большая отрицательная работа сжатия во втором такте.

Работа двигателя осуществлялась следующим образом.

При первом ходе поршень рабочего цилиндра засасывает через всасывающий клапан «а» воздух и сжимает его при втором ходе до 32 атм, причем температура поднимается до 550 – 600°С. Незадолго до верхней мертвой точки открывается форсунка *b*; через ее отверстие, имеющее несколько миллиметров в диаметре, в пространство сжатия подается сжатый до 46 – 50 атм распыливающий воздух, увлекающий и распыливающий находящийся в нижней части форсунки керосин. Последний при поступлении в цилиндр испаряется и воспламеняется под влиянием высокой температуры сжатого воздуха.

Выделенная при сгорании теплота не может, как это предполагалось, быть скомпенсировано мгновенным увеличением объема; поэтому температура газов в цилиндре повышается примерно на 1000°С, благодаря чему одновременно происходит увеличение давления на 3 – 6 атм, которое незначительно увеличивает крутизну линии сжатия и поэтому мало заметно на индикаторной диаграмме. На расстоянии 12% третьего хода от в.м.т. форсунка *b* закрывается, после чего сгоревшие газы расширяются до конца хода. При четвертом ходе газы выталкиваются через выхлопной клапан *d*. Кла-

паны a , d , форсунка b , а также находящийся во время работы в покое пусковой клапан c приводятся в движение от кулаков, расположенных на распределительном валу f , и получающем свое движение от коленчатого вала с помощью промежуточного вертикального вала e . Компрессор h , укрепленный на станине, сжимает распыливающий и пусковой воздух и подает его в отдельные стальные баллоны. Топливный насос i , находящийся под воздействием регулятора, подает перед началом распыливания керосин в форсунку b .

При пуске двигателя в ход сначала сдвигается вправо до отказа группа кулаков с помощью рукоятки g и закрепляется в этом положении замком. При этом рычаги всасывающего и выхлопного кулаков выходят из соприкосновения с соответствующими кулачными шайбами и, таким образом, оба эти клапана выключаются. Вместо них приводится в рабочее положение пусковой клапан c , рычаг которого приходит в соприкосновение с двумя кулаками. Провернув коленчатый вал в положение несколько дальше верхней мертвой точки, открывают вентиль у баллона пускового воздуха; двигатель в течение нескольких оборотов работает как двухтактный двигатель сжатого воздуха. После этого с помощью системы рычагов g' освобождается замок, и группа кулачных шайб переводится в рабочее положение пружиной, помещенной в полую втулку шайб. Чтобы это включение кулаков не могло произойти несвоевременно, около расположенных на общей втулке клапанов помещена специальная шайба, вырезы которой допускают перемещение втулки только при определенном положении механизма распределения.

Регулирование двигателя основано на изменении величины цикловой подачи топлива в соответствии с изменением нагрузки; с этой целью насос i перекачивает обратно в топливный бак в зависимости от нагрузки большую или меньшую долю в избыточном количестве засосанного керосина еще до подачи его в форсунку b .

Если в форсунку подано меньшее количество топлива, то распыливание заканчивается раньше, и до закрытия иглы через форсунку поступает чистый воздух. Продолжительность открытия иглы форсунки b постоянна, независимо от нагрузки.

Какого-либо регулирования процесса сгорания, особенно изотермического течения его, в этих выполненных двигателях нет; об этом свидетельствует индикаторная диаграмма. Правда, в первых

индикаторных диаграммах (рис. 40, а), опубликованных Шретером (Schröter), часть линии сгорания, примыкающая к линии распыливания, кажется при поверхностном взгляде близкой к изотерме, и сам Дизель в своем докладе 1897 года еще говорит о сгорании, «близком к изотермическому». Несколько лет спустя диаграммы принимают вид рис. 40, б, в которой «изотерма» уже значительно укорочена, причем часть ее заменена изобарой. В диаграмме рис. 40, в, типичной для современного дизеля, совершенно исчезла даже видимость изотермического сгорания.

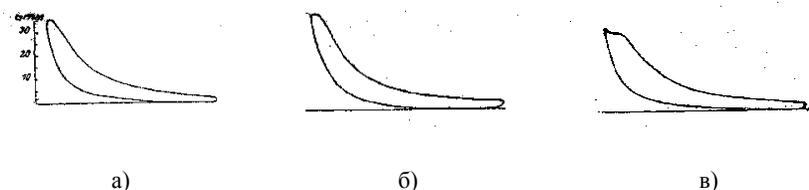


Рис. 40. Индикаторные диаграммы двигателя Дизеля: а – 1897 г., б – 1900 г., в – 1905 г.

Практическая целесообразность определяет необходимость получения сгорания по одной или другой кривой; сгорание в зависимости от размеров распылителя, продолжительности поднятия иглы, давления распыливающего воздуха и пр. может быть получено любой интенсивности, начиная от мгновенного и кончая самым медленным, постепенным. На основании опытов было выяснено, что всякое приближение процесса сгорания к изотермическому ведет к увеличению расхода топлива, поэтому этот процесс в настоящее время не имеет никакой практической ценности.

Первые данные по полученному циклу были опубликованы самим Дизелем в 1897 году. Дальнейшие подробности стали известны благодаря позднейшим докладам Дизеля, сделанным по вопросу об истории развития своего двигателя; один из этих докладов был прочитан в судостроительном обществе в Берлине, второй в обществе инженеров-механиков в Лондоне.

Удачная работа Аугсбургского машиностроительного завода, а затем и других заводов привели к благоприятным результатам: уже на выставке в Мюнхене летом 1898 г. было представлено 5 двигателей Дизеля (рис. 41).

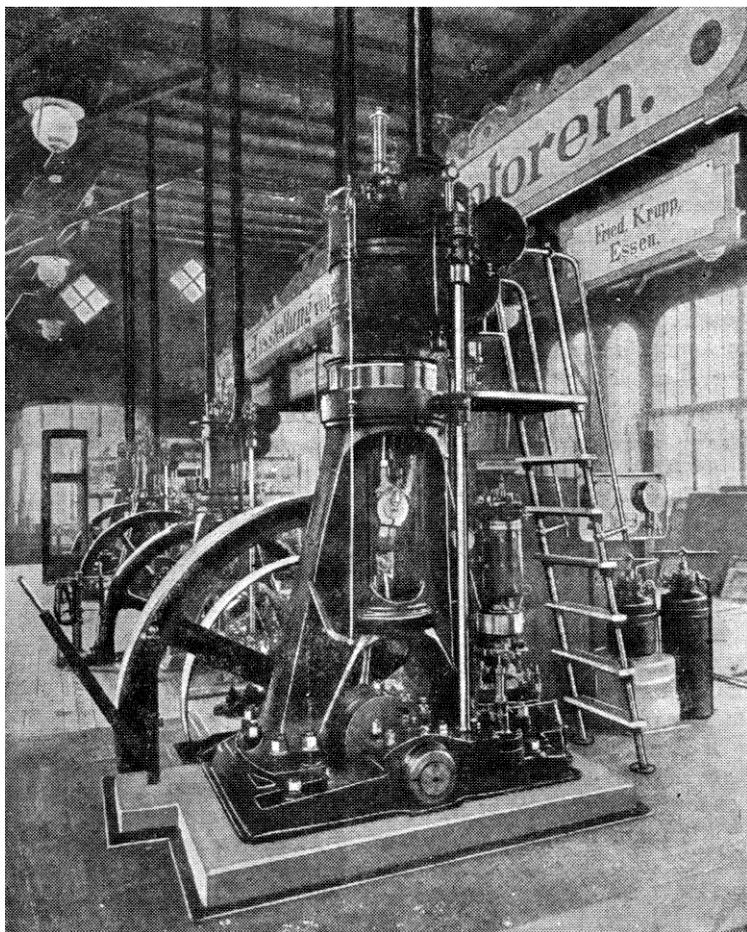


Рис. 41. Двигатели Дизеля на Мюнхенской выставке 1898 года

Эта выставка силовых машин явилась кульминационным пунктом невероятного успеха Дизеля и его двигателя и произвела благоприятный переворот в отношении технического мира к дизель-мотору, поколебленного в период неудач.

На выставке в Мюнхене дизель-моторы, занимавшие отдельный павильон, организованный молодым ассистентом изобретателя Павлом Мейером, явились центром внимания не только посетителей выставки. На них глядел весь мир: здесь собрана была первая

продукция машиностроительных заводов Германии, развертывавших производство новых машин. Все моторы работали.

Тридцати сильный дизель-мотор Аугсбургского завода обслуживал насос Бракемана; двадцати сильный двигатель завода Отто-Дейтц приводил в действие машину Линде для получения жидкого воздуха, так же впервые появившуюся на выставке; тридцати пяти сильный двигатель Круппа в Эссене работал на насос высокого давления конструкции братьев Зульцер, дававший струю воды до сорока метров высоты.

В холодном состоянии остался лишь дизель-мотор Нюрнбергского завода. Двухцилиндровый двигатель в сорок сил этого завода должен был работать на динамо-машину для электрического освещения выставки, но он был доставлен с опозданием.

Эта перемена повлекла за собой ряд новых договоров о лицензиях на право производства дизель-моторов как немецкими, так и иностранными предприятиями.

Изобретатель был засыпан деньгами. Текущие счета его росли.

Мюнхенская выставка увенчалась заключением договора на использование патента в Швейцарии с фирмой братьев Зульцер. Осторожный и расчетливый Зульцер, потомок кузнецов, в течение столетия развивавших машиностроительное дело в Винтертуре, наконец, подписал договор со своим бывшим практикантом. Дизель поставил свою подпись на этом договоре с особенным удовлетворением: он отдавал себе отчет в том, какое огромное значение в развитии дизелестроения будут иметь само предприятие, его оборудование, опытность рабочего, технического и административного персонала. Винтертурский завод был ему хорошо известен до последних мелочей. Изумительное умение найти и сделать наиболее выгоднейший ход в самой сложной обстановке не обмануло Дизеля и на этот раз: Винтертурский завод братьев Зульцер стал во главе предприятий, создавших современный дизель [6, стр. 85 – 87].

Тот же 1898 год явился для Дизеля очень удачным не только началом производства промышленных дизель-моторов, но и сделкой с русским нефтяным королем Эммануилом Нобелем. То, что произошло 14 февраля 1898 года, газетчики окрестили «сделкой века». За комплект чертежей и право монопольного использования изобретения Рудольфа Дизеля на территории России Эммануил Нобель, племянник знаменитого изобретателя динамита и глава

самой могущественной в России нефтяной компании «Бранобель», не торгуясь, заплатил 50 тысяч фунтов стерлингов (полмиллиона рублей золотом). С этого года начинается сотрудничество Дизеля с Российской промышленностью.

Сам Дизель об этом событии в письме своей жене от 16 февраля 1898 года писал: *«Запомни сегодняшнюю дату – это день заключения моего союза с Нобелем и, по всей вероятности, исходный рубеж для событий, которые потрясут мир. Быть может, мне, отдельному маленькому человечку, удастся достичь того, чего не удалось достичь всем правительствам вместе взятым, – раздавить Рокфеллера».*

Жена больше испугалась, чем обрадовалась. В ее ответе явно различима тревога. Видимо, женская интуиция подсказывала ей, что все это добром не кончится: *«Значит, ты отныне становишься ниспровергателем и смертельным врагом Рокфеллера. Я учту это, но с этим нефтяником лучше бы дружить, а не враждовать».*

Еще больший успех имел Дизель на Всемирной выставке 1900 года в Париже. На выставке было представлено несколько двигателей Дизеля: наилучшими из них были двигательизавода Аугсбург – Нюрнберг в 60 э.л.с., двигатель в 50 э.л.с. Французского общества постройки дизель-моторов и 3 небольших двигателя мощностью 10 – 20 э.л.с. Французского общества газовых двигателей. Двигатели эти и вообще принцип работы дизель-моторов нашли хвалебную оценку в отчетах о выставке и получили Гран-при Парижской выставки 1900 года.

Сам Дизель прочел о своем двигателе большой доклад на конгрессе по прикладной механике, проходившем в связи с выставкой, в Париже в июле 1900 года. Доклад вызвал оживленные прения, в которых принимали участие профессора Гирш, Рато, Гюберт, Дешан, Ришар и др. На этом же конгрессе, но на следующем заседании, русский профессор Депп Г.Ф. сделал сообщение об опытах, произведенных в 1899 году над двигателем Дизеля, построенном на заводе Нобеля в Петербурге, и давшем тоже очень положительные результаты.

Всемирная выставка в Париже и доклад Дизеля на Парижском конгрессе по прикладной механике делают дизель-моторы мировой сенсацией.

Но уже тогда Дизель начинает чувствовать себя неудобно, его самолюбие ущемлено: славу создателя нового двигателя ему приходится делить с заводами. Уже тогда раздаются голоса, что он ничего не изобрел, что он только дал окончательное решение задачи, все действия которой были произведены до него. Его заслуги начинают оспариваться. Это уже было началом кампании, направленной против него, но он этого еще не понимает.

Сразу после того, как был продемонстрирован первый работающий мотор, оппоненты Дизеля начали обвинять изобретателя во всех смертных грехах, подвергая сомнению юридическую правомерность его деятельности. Ему ставилось в вину, что созданный им двигатель существенно отличается от запатентованного. О цикле Карно говорить не приходится потому, что мотор использует водяное охлаждение. Большие нарекания вызывало и то, что идея двигателя с высокой степенью сжатия была высказана до него.

Надо заметить, что формально критики Дизеля были правы: ни идея использования угольной пыли в качестве топлива, ни изотермическое управляемое сжигание так и не были воплощены. К травле подключились и изобретатели, полагавшие, что Дизель украл их идеи. Дошло до того, что ему пришлось заплатить 20 тыс. марок в качестве отступных трем немецким инженерам: Э. Капитену, Ю. Зонляйну и О. Келлеру.

Но Общество германских инженеров не унималось. В 1904 г., на своем ежегодном съезде оно демонстративно присудило «турбинистам» французу Лавалю и англичанину Парсонсу высшую награду – медаль Грастгофа. Иностранцы чрезвычайно редко удостоивались этой награды, а немец Рудольф Дизель так никогда и не стал ее обладателем.

Гран-при Парижской выставки 1900 года и всеобщее внимание сделали его беспечным. Действие его патентов истекло лишь в 1908 году, а это означало еще несколько лет безбедной жизни. Он понимал, что двигатели, которые создаются на заводах, начинают жизнь, к которой он уже не имеет отношения, их пути разошлись. И хотя он состоял членом правлений многих компаний, его личное участие в конструкторской работе было весьма ограниченным. Дизель пытается сконструировать и начать выпускать на собственном заводе двигатели небольших размеров. Эта идея на какое-то время вдохновляет его.

А дизельные моторы уже начали свое триумфальное шествие по миру.

В 1903 – 1904 годах по контракту с фирмой MAN в Киеве строится первая в мире дизельная электростанция мощностью 1600 л.с. (рис. 42). Эта фотография интересна тем, что можно четко рассмотреть конструкцию многоцилиндровых двигателей Дизеля: двигатель компоновался из нескольких отдельно взятых одноцилиндровых двигателей, имеющих один общий коленчатый вал.

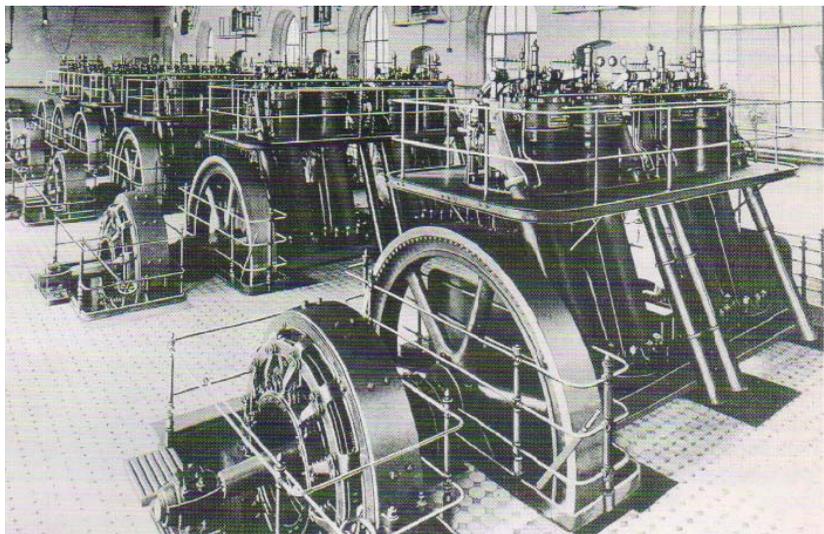


Рис. 42. Первая в мире дизельная электростанция в Киеве мощностью 1600 л.с. (1904 год)

Однако деятельность Дизеля не ограничивалась только техническими вопросами.

Теоретик, ученый исследователь, плохо разбирающийся в партиях и программах, посвятив себя со школьной скамьи выполнению программ собственной жизни, он жил в мире гуманистических идей. Социальное сознание ему было чуждо, но чувства человеческого сострадания волновали его. Постоянное соприкосновение с рабочими многих стран, случайные встречи, разговоры в кафе, за станком, у двигателя, в мастерской и далекие воспоминания о вин-

тертурской практике волей-неволей устанавливали с ними какую-то связь. Картина жизни пролетариата, угнетающе одинаковая и в Англии, и в Германии, и во Франции, и в Бельгии, и в Швейцарии, была Дизелю знакома. Он не любил класс, к которому теперь принадлежал по своему положению, но не мог проникнуться и интересами рабочего класса.

Ему казалось, что исключительность его положения делает его человеком надклассовым, быть может, благодаря этой особенности как раз призванному разрешить вечный вопрос социального переустройства. В этом грубом заблуждении никто не мог разубедить Дизеля.

Он был живым свидетелем разгрома Французской революции. Методы революции в деле социального переустройства, казалось ему, не могли привести к цели. Но по необычайной активности своей натуры он не мог ограничиваться одними мечтаниями в этой области.

Долгая, упорная борьба за власть, которую вели вокруг него самые разнообразные партии, однако, его не привлекала. Он решил выступить самостоятельно со своим собственным проектом социального переустройства.

В 1903 году издательством Ольденбурга в Мюнхене была выпущена очень характерная для Дизеля книга, содержащая этот проект. Она, как и брошюра о рациональном тепловом двигателе, призванном заменить все существующие двигатели, называлась очень смело: **«Солидарность. Естественное экономическое освобождение человечества»**. (Diesel, R. *Solidarismus. Natürliche wirtschaftliche Erlösung des Menschen* / Rudolf Diesel. – München und Berlin: Oldenburg, 1903. – VII, 124). Книга вышла тиражом 10 тыс. экземпляров, но лишь немногие из них поступили в продажу.

Один из экземпляров книги был подарен автором русскому писателю Максиму Горькому с автографом: *«Великому первопроходцу за неподдельную человечность господину Максиму Горькому. Мюнхен. Декабрь 1903. Дизель»*. Издание в библиотечном переплете, переплет и уголки тканевый, крышки покрыты бумагой «под мрамор». На верхней переплетной крышке вдоль корешка тиснение: «Н.Г.Б. Отд. М. Горького Solidarismus Diesel». В верхней части корешка напечатан номер – 15805. Сохранилась издательская наборная обложка, с золотым тиснением. Ниже стояла характерная в завитушках печать «Отдел / М.Горького / А.М. Пешкова».



a)



б)

Рис. 43. Великий русский писатель Максим Горький (а) и обложка книги(б), подаренной ему изобретателем Рудольфом Дизелем (с автографом)

На автографе пометка – 1903 год. Рудольф Дизель, выходец из ремесленнической среды, имеет уже мировое признание как изобретатель двигателя внутреннего сгорания, носящего его имя. И в России, на Сормовском заводе по заказу братьев Нобель строятся суда «Вандал» и «Сармат», оснащенные этим двигателем. По роду своей деятельности Дизель посещал многие заводы Европы. Картина жизни рабочих, угнетающе одинаковая, была ему знакома. Не смотря на то, что человек он в это время уже далеко не бедный, планы социального переустройства общества занимали его не меньше, чем изобретательская деятельность. Это привело к попытке изложить их в виде какой-то программы.

Освобождение это заключалось, по мнению автора, в следующем. Сберегательные кассы и финансовые учреждения страны заменяются в один прекрасный день народными кассами, вкладчиками которых может стать каждый гражданин. Они создаются и питаются небольшими, но регулярными взносами. Из накопленных средств составляется капитал, который члены касс пускают в оборот, учреждая по всей стране в соответствующих местах «ячейки» – пункты производства, обмена и потребления.

Народные кассы и ячейки должны работать как кооперативы по принципу взаимного обмена.

«В то время как акционерные общества, – говорит Дизель в книге, – выплачивая нормальную заработную плату, отдают остальную часть дохода акционерам, ячейки, наоборот, капиталу будут отдавать некоторое общепринятое вознаграждение, а остальную часть дохода распределять между своими членами, т. е. между трудящимися».

Это «естественное освобождение» человечества должно было совершиться, таким образом, на капиталистической основе и в рамках существующего строя. Путем постепенного усиления народных касс и увеличения количества новых ячеек все частные предприятия переходят в эти кооперативы. Все трудящиеся становятся таким образом участниками прибылей, а все капиталисты превращаются в рантье, держателей облигаций с определенным доходом до тех пор, пока непродуцированный капитал не будет весь заменен производственным, народным капиталом.

Брошюра Дизеля типично буржуазно – реформистская, конечно, не привлекла к себе какого-либо внимания. Она свидетельствовала лишь о непонимании автором природы классовой борьбы и полном незнакомстве с историей этой борьбы.

Попытки друзей объяснить ему всю утопичность его проекта встречали с его стороны упрямые возражения. Дизель говорил: *«А все-таки я придаю своим социальным идеям большее значение, чем всей своей изобретательской деятельности».*

В основе социального мировоззрения Дизеля лежали гуманистические идеи. Дизель верил в победу гуманистических идей и ими руководствовался всю жизнь. Он мечтал учредить после своей смерти подобно Альфреду Нобелю премию за лучшие труды в области социальных наук. Намерения его были твердыми [6, стр. 183].



Рис. 44. Людвиг Нобель (вверху) и Альфред Нобель (внизу), наиболее известные в России представители фамилии Нобелей

Альфред Нобель – учредитель международной Нобелевской премии за выдающиеся достижения в медицине, физике, химии, литературе и миротворчестве; изобретатель динамита; один из братьев второго поколения династии Нобелей.

Основатель династии, Эммануил Нобель-старший (1801 – 1872) бежал в Россию от шведских кредиторов в 1837 году. Благодаря своему изобретению «Взрывная машина для потопления военных, торговых и иных неприятельских судов» (подводная мина), рассчитался со шведскими кредиторами и добился разрешения въезда в Россию своей семьи – жены и сыновей Роберта (1829 – 1896), Людвига (1831 – 1888), Альфреда (1833 – 1896) и младшего Эмиля. За свои заслуги перед Россией Нобель старший был награжден Золотой Императорской медалью.

В 1859 году Нобель-старший вернулся в Швецию с сыновьями Альфредом и Эмилем, где Альфред продолжил опыты с открытым отцом нитроглицерином и нашел средство превращать его в динамит. В 1867 году Альфред получил патент на динамит. Успешно продав патент нескольким крупным европейским компаниям, Альфред Нобель стал самым богатым химиком в истории человечества. Динамит принес шведским отпрыскам знаменитой фамилии огромное состояние; этот же динамит случайным взрывом уничтожил завод и убил находящегося на заводе младшего

брата Эмиля Нобеля, приехавшего на каникулы к родным. Сто килограммов нитроглицерина, дожидавшиеся отправки на новой фабрике братьев Нобель, превратили здание в руины и погребли под обломками всех рабочих. Шведские газеты в ужасе писали: *«Там не было трупов, только груды мяса и костей»*. Альфред отделался легкими ранами на лице. Потрясенный несчастьем, Альфред Нобель после своей смерти завещал проценты с принесенного динамитом капитала на выдачу так называемых Нобелевских премий. Судьба Альфреда Нобеля сложилась очень трагично. Хотя он и имел множество поместий и дворцов по всей Европе, был самым богатым человеком на планете, личного семейного счастья он не нашел. Еще при своей жизни ему довелось познакомиться с некрологом на его смерть, где он выставялся чуть ли не главным врагом человечества и силой, способной уничтожить этот мир. Всю жизнь он боялся только одного – чтобы его не погребли заживо. Последним требованием своего завещания Альфред указал: после смерти перерезать вены.

Людвиг и Роберт Нобели остались в России, где в 1862 году основали механический и чугунолитейный завод «Людвиг Нобель». В 1868 году Людвиг Нобель принимал участие в создании Императорского Русского технического общества. Это событие оказало огромное влияние на развитие русской науки. Людвиг участвовал в деятельности общества и финансировал его работу. Он явился одним из инициаторов введения метрической системы в России, что позволило его заводу продавать свою продукцию в Европу. Он учреждает стипендии, финансирует научные исследования.

В 1876 году Роберт и Людвиг стали заниматься добычей, транспортировкой и переработкой нефти. В 1879 году ими учреждается «Товарищество нефтяного производства братьев Нобель» (Бранобель). С этого времени деятельность семьи Нобель расширяется и кроме механического завода, второй важнейшей частью деятельности Нобеля становится нефтяное производство. Нобель был постоянным членом комиссии по техническому образованию.

После смерти Людвиг Нобеля нефтепромыслы и завод перешли в руки его сына Эммануила Нобеля [21].

Надо отметить, что Рудольфу Дизелю поразительно везло. Подлечив пошатнувшееся здоровье в психиатрической клинике в Нойвительсбахе (что вы хотите, столь напряженная финансовая деятельность кому угодно расстроит нервы), Дизель решил пополнить и банковский счет, вспомнив, наконец, о своем инженерном таланте. И через несколько месяцев военное ведомство кайзеровской Германии с восторгом ухватилось за новый проект Дизеля – многоцилиндровый судовой двигатель для строящегося броненосца "Принц-регент Луитпольд" (Рис. 45).



Рис. 45. Броненосец «Принц-регент Луитпольд»

И вновь посыпались приглашения за границу, заявки на лицензии; лиры, франки, доллары, фунты и марки потекли рекой. Дизелю было совершенно наплевать на национальную принадлежность его деловых партнеров. Он был гражданином мира – немец, родившийся в Париже и живший в Швейцарии, Англии, Бельгии. Когда речь шла о деньгах, он был американцем с американцами, французом – с французами. Итальянцам (будущим противникам Германии в мировой войне, между прочим) он продал лицензию на производство судовых моторов.

В 1907 году Ученый совет Высшей технической школы в Мюнхене вынес постановление о присуждении Дизелю почетной степени «доктора-инженера» — диплом был торжественно вручен в присутствии императора Вильгельма II на съезде немецкого общества инженеров. В дипломе на присужденное звание Дизель с глубоким волнением прочел следующие слова: *«Великому изобретателю теплового двигателя, носящего его имя, успешному пионеру в области усовершенствования первых тепловых двигателей, инженеру, открывшему новый, доселе почти неизвестный путь мировой технике и давшему новые способы для использования самого различного горючего».*

Дизель принял почетную степень доктора-инженера с глубоким удовлетворением и с гордостью присоединил эти два слова к своему имени.

Торжественный акт вручения диплома сопровождался речами, отмечавшими заслуги изобретателя. Их произносили люди науки, признание которых для Дизеля было неоценимо. Однако и среди этих выступлений явные противники изобретателя не смогли удержаться от едких намеков.

Профессор Фидлер, кстати, уже тогда начал атаковать Дизеля своими придирками: *«Мы признаем, конечно, огромный успех дизель-моторов, но мы считаем, что это успех более коммерческий, чем технический»*, – заявил профессор на съезде немецкого общества инженеров.

Тогда же Дизелю поступило предложение императора Вильгельма II принять участие в работах профессора Фидлера над «греческим огнем», нашедшем себе применение во время войны 1914 года в виде немецких «огнеметов», от которого, короткое время спустя, Дизелю удалось отстраниться [6, стр. 128].

Его двигатель опережает время, рождает мечты, интереснейшие замыслы. Граф Цеппелин, например, желает установить его на своих дирижаблях. Газеты всего мира обошло заявление Руала Амундсена, что с новым двигателем он покорит полярные льды.

Все смотрели с надеждой и верой на двигатели, покорявшие мир.

И надежды оправдывались, вера утверждалась.

Амундсен, совершивший свое первое путешествие в 1903 – 1905 гг. вдоль берегов Северной Америки, предпринял новое полярное исследование на судне, оборудованном дизель-моторами. Это был старый «Фрам», на котором Фрицьоф Нансен плавал к северному полюсу. Из паровой шхуны он был переделан в моторную. Амундсен выгадал шестьдесят процентов в весе и месте, установив вместо старой паровой машины ста восьмидесяти сильный двигатель Дизеля шведского завода «Поляр».

В декабре 1911 года Амундсен достиг Южного полюса, осуществив вековую мечту исследователей. Экспедиция прославленного путешественника немалой долей своего успеха была обязана работавшему без отказа в течение почти трех тысяч часов двигателю Дизеля.

Новый двигатель заставил колесо технического прогресса крутиться с новой скоростью, он потребовал пересмотреть взгляды на перспективы развития производительных сил общества. Дизели быстро стали судовыми двигателями, началось конструирование самолетов, автомобилей, подводных лодок. Уже делались попытки, пока неудачные, применить эти двигатели в железнодорожном транспорте.

В 1906 году швейцарскому заводу братьев Зульцер в Винтертуре удалось сконструировать дизель-мотор мощностью в сто лошадиных сил в цилиндре. Соединяя в одном двигателе восемь цилиндров, можно было достичь мощности в восемьсот сил. К этому же времени выяснилось огромное превосходство поставленных на суда дизелей перед паровыми судовыми машинами. Поэтому вполне естественно, встал вопрос о замене паровой машины локомотива дизель-мотором. Это задачу поставил Дизель и считал ее очень важной, сравнимой с задачей установки дизель-мотора на автомобиль [4, стр. 156-160].

По предложению Дизеля постройку дизель-локомотива начал тот же завод братьев Зульцер. С участием Дизеля и инженера Клозе владелец завода организовал в Швейцарии «Общество термо-локомотивов», которое и приступило к осуществлению проекта.

Над конструкцией первого дизель-локомотива Дизель и Клозе трудились шесть лет. Только к началу 1912 года тепловоз был готов, и начались его испытания.

Этот тепловоз, корпус которого был построен заводом Борзига, имел мощность около тысячи двухсот лошадиных сил и весил до ста тонн. Дизель-моторы, поставленные на нем, были связаны с осями ведущих колес непосредственно путем шатунно-кривошипной передачи. Для пуска локомотива с места употреблялся сжатый воздух, так как крутящего усилия, необходимого для приведения в движение поезда, двигатели Дизеля сами по себе дать не могли.

Железная дорога была последней областью, где дизель-мотор вступал в борьбу с паровой машиной, и мало было людей, сомневавшихся в победе дизель-локомотива. Преимущества тепловоза заключались не только в его экономичности, победу ему обеспечивали: малый расход воды, сокращение пунктов водоснабжения, экономия времени на набор воды и топлива, сокращение времени стоянок, кратковременность пуска из холодного состояния, отсутствие дыма. В местностях безводных или с плохой водой эксплуатация тепловозов могла иметь исключительное значение.

Пробные испытания дизель-локомотива на линии Винтертур – Ромасгорн (рис. 46) дали настолько удовлетворительные результаты, что дирекция прусских железных дорог решила принять от Зульцера тепловоз для пробного обслуживания линии Берлин – Мансфельд.

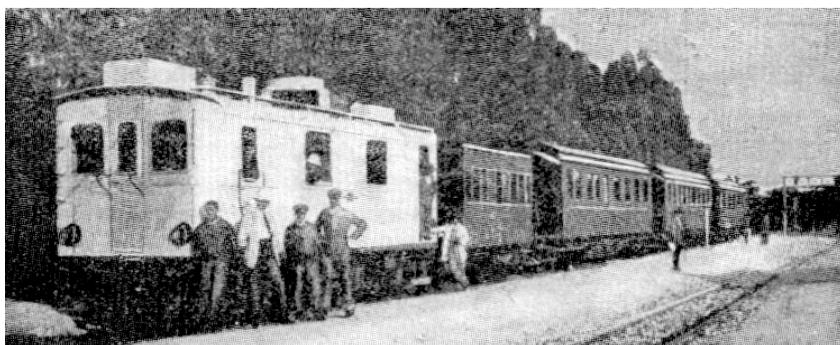


Рис. 46. Первый тепловоз Дизеля на испытаниях в Винтертуре

Переход из Винтертура в Берлин тепловоз совершил самостоятельно с полным составом пассажирского поезда. Это был обычный пассажирский поезд. Не было ни флагов, ни музыки оркестров, и на пути вдоль линии встречались только путевые сторожа.

Дизель и Клозе находились на тепловозе. Локомотив хорошо брал с места, отлично реверсировался, и скорость его доходила до ста километров в час.

Однако в практической работе, на которую он был поставлен в Берлин, ответить на все предъявленные к нему требования дизель-локомотив не смог. Он был излишне силен при больших скоростях и недопустимо слаб при малых, то есть именно тогда, когда локомотиву нужна наибольшая сила тяги, как при старте с места.

Дело сводилось к тому, что у паровоза машина, соединенная с движущими осями непосредственно, осуществляет старт с места и различные скорости благодаря возможности менять отсечкой пара число оборотов в самых широких пределах. У двигателей Дизеля мощность обуславливается количеством горючего, сжигаемого в цилиндрах, и количеством нужного для сгорания горючего воздуха, всасываемого в цилиндр, и, стало быть, работа за один оборот зависит от размеров цилиндра, а мощность прямо пропорциональна числу оборотов. Будучи связаны непосредственно с ведущими осями, двигатели тепловоза давали мощность пропорционально скорости движения, и таким образом самого главного требования, предъявляемого локомотиву, именно наивысшей силы тяги при наименьшей скорости, дизель-моторы удовлетворить не могли. Сжатого же воздуха, употреблявшегося при старте с места поезда, при практической работе оказалось недостаточно для устранения этого недостатка тепловоза.

Техническая мысль направилась по неверному пути непосредственного связывания движущих осей с дизель-моторами, главным образом потому, что такой способ оказался более выгодным на судовом транспорте.

Дизель, конечно, знал, что *«там, где опыт кончается неудачей, часто начинается открытие»*. Так было с его первыми опытами над аммиачным двигателем, так было при постройке первого дизель-мотора, так случилось с применением дизель-мотора в локомотиве. Но к этому времени относится и более удачная попытка установки дизель-мотора – строительство первого крупного океанского

теплохода с двигателем Рудольфа Дизеля. Такой теплоход «Зеландия» (рис. 47) был заложен в 1911 году в Дании как большой теплоход дальнего плавания.

Уже 22 февраля 1912 года из Копенгагена в сиа́мский порт Банкок (ныне Бангкок, Таиланд) в первый рейд протяженностью 11 тысяч миль вышло первое сухогрузное судно океанского плавания с двигателями Рудольфа Дизеля «Зеландия», принадлежащее компании «Дет остасиатиске компани» (Дания). Основанием для закладки таких судов стал опыт эксплуатации первых в мире дизельных судов, которыми стали русская самоходная нефтеналивная баржа «Вандал» (дизель-электроход мощностью 360 л.с.) и французское канальное судно «Пти Пьер» (теплоход мощностью 25 л.с.), вступившие в эксплуатацию в 1903 году.

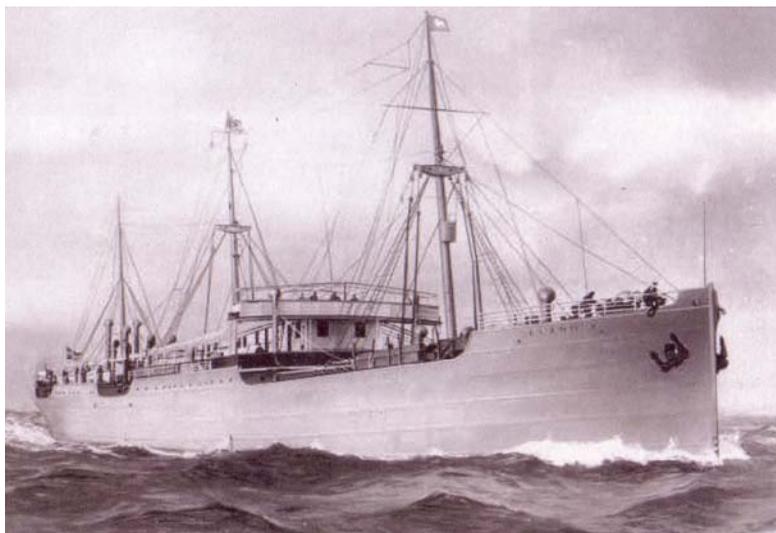


Рис. 47. «Зеландия» – океанский теплоход датской постройки

«Зеландию» строила датская компания «Москин анд скибсви́гели Бурмейстер анд Вайн» в Копенгагене; необычность архитектуры этого двухвинтового грузопассажирского судна с четырьмя трюмами суммарной киповой вместимостью 6540 м^3 , двумя палубами, промежуточным расположением машинного отделения и средним ходовой рубки, состояла в отсутствии дымовой трубы (от-

работавшие газы выходили через бизань-мачту), а также в том, что оно было четырехостровного типа, применявшегося исключительно редко. Крейский вид носовой части судна, как это имелось на броненосце «Принцрегент Луитпольд» вполне соотчетствовал теоретическим наукам о строительстве корпуса судна, впоследствии разработанным русским профессором Крыловым.

Двигатели Дизеля не нуждались в дымовой трубе для усиления топочной тяги, как это требуется для паровых котлов. «Зеландия», как и первые русские теплоходы, не имела труб. Выпуск газов производился через небольшие выхлопные трубы, похожие на вентиляционные, находившиеся на корме. Когда выяснилось, что пассажиры были весьма озадачены отсутствием труб и по этой причине избегали плавать на теплоходах, суда с двигателями Дизеля начали украшать огромными, хотя и бесполезными трубами. Теперь в таких трубах помещают глушители, выхлопные трубы и т. п.

В качестве главных двигателей использовались два четырехтактных 8-ми цилиндровых крейцкопфных реверсивных компрессорных дизеля мощностью по 1225 л.с. (частота вращения 140 об/мин, диаметр цилиндров 530 мм, ход поршня 730 мм), обеспечивающие скорость 11 узлов.

Следует отметить, что появившиеся в 1901 году четырехтактные крейцкопфные двигатели пользовались наибольшим спросом. Запускались они с помощью сжатого воздуха, реверс с полного переднего хода на полный задний занимал всего 20 секунд, первые обороты производились с помощью сжатого воздуха (давление 20 атм); пуск обеспечивался при любом положении коленчатого вала. Каждый дизель, снабженный маховиком (диаметр 2 м), винтозубчатым колесом и червяком, проворачивался в случае надобности с помощью электродвигателя. Предусматривались два дизель-генератора-компрессора (один резервный) мощностью по 250 л. с. при 230 об/мин. Впервые на грузовом судне использовались электрические палубные механизмы. Для отопления, а также пожаротушения, в трюмах имелся вспомогательный котел. Топливо размещалось в междудонных отсеках; его запаса хватало на 30 тыс. миль плавания.

Первые же испытания в Северном море дали удовлетворительные результаты на всех режимах работы главных двигателей; общий расход топлива, отнесенный к 1 л. с. главных двигателей, составил 165 г/ч (без учета расхода на работу котла).

Эксплуатировавшаяся до 1936 года на очень длинных рейсах (между Копенгагеном и Бангкоком) «Зеландия» оказалась надежным и долговечным судном. Сообщалось, что в течение первых 12 лет, когда оно уже прошло свыше 600 тыс. миль, на ремонт было затрачено всего 10 дней, что всецело зависело от высокого качества двигателей. Еще через 13 лет выяснилось, что в повторном серьезном ремонте собственно нет необходимости: скорость составляла 9–11 узлов, т. е. сохранилась той же, что и в 1912 году, а расход топлива даже снизился до 140 г/л.с.час, хотя за 25 лет теплоход совершил 55 рейсов протяженностью по 22 тыс. миль. В 1936 году норвежский судовладелец переименовал теплоход в «Норземан», затем (1940 год) финский – в «Торнадор». В 1941 году оно было зафрахтовано японским концерном «Ямасито»; в январе 1942 года судно потерпело крушение близ Иокогамы и погибло.

«Зеландия» была, в сущности, товаро-пассажирским судном, т.к. на ней имелось 24 первоклассно оборудованные каюты. Однако в этот первый рейс, и еще долго, пассажиров не находилось – они избегали пользоваться этим судном, не питая к нему доверия из-за отсутствия дымовых труб.

Но в это время Дизелю уже шел пятьдесят пятый год, его преследовали головные боли, сердце ослабело, и вокруг него царил невыносимая атмосфера вражды, преследований, клеветы и насмешек.

Владельцы заводов, строивших паровые машины, уже давно всячески преследовавшие изобретателя, к этому времени развили бешеную компанию против Дизеля и его мотора. В Германии, обладавшей запасами угля и не имевшей в своих энергетических ресурсах почти ни одной капли нефти, эта компания находила всемерную поддержку со стороны немецких патриотов, и прославленный изобретатель вовсе не чувствовал себя победителем.

Дизель-локомотив был брошен на произвол судьбы. Однако, идея тепловоза не была забыта, и над осуществлением ее продолжали работать заводы братьев Зульцер в Винтертуре и ряд других предприятий. Первый, вполне работоспособный, тепловоз удалось построить, однако, только в 1924 году. Это был тепловоз, построенный на заводе «Красный путиловец» в Петрограде по проекту профессора электротехнического института Якова Модестовича Гаккеля.

А сам Дизель в это время все больше и больше оказывался втянутым в борьбу за свои патентные права. В конце концов, это стано-

вится делом всей его жизни. И это не первый пример для Германии. Ранее в такой же ситуации оказался Николаус Август Отто. Судебным приговором по иску французских наследников Бо де Роша, изобретателя четырехтактного цикла двигателя внутреннего сгорания, был аннулирован немецкий патент Отто на четырехтактный цикл рабочего процесса. Несчастный изобретатель, забросив дела, употребил остаток жизни на бесконечные судебные процессы, отнявшие у него имущество и здоровье. Общество германских инженеров, желая воздать должное заслугам своего соотечественника, назначило в Кельне свой годовой съезд, чтобы чествовать изобретателя. Однако, Отто умер за месяц до съезда [6, стр. 75].

В 1908 году Дизель пытается создать дизельный двигатель для использования его на автомобилях. Опытный образец был установлен на грузовик, но все испытания провалились из-за стремления довести размеры и массу дизеля до характеристик бензинового двигателя. В итоге изобретателю пришлось отступить от этой идеи. Причины состояли в следующем:

- во-первых, конструкция малогабаритного дизеля была очень несовершенна;

- во-вторых, машиностроительные фирмы, опасаясь юридических проблем, связанных с неидентичностью конструкции и патента, разрывали контракты с изобретателем.

Следует особо отметить то, что в течение всей практической деятельности Рудольфа Дизеля в его адрес сыпались критические замечания на его изобретение.

Практически сразу после триумфального представления нового двигателя Дизелем на съезде в Касселе и отсутствия углубленных термодинамических исследований, которые обещал, но так и не предоставил профессор Шретер, стали появляться публикации, критикующие теорию «рационального» двигателя Дизеля. Началось медленное и систематическое подтачивание репутации и морального равновесия Дизеля, которое год от года усиливалось.

Спустя короткое время после докладов Дизеля и Шретера в №39 журнала «Летопись Союза немецких инженеров» от 25 сентября 1897 года была напечатана статья Евгения Мейера под заглавием «Оценка круговых процессов тепловых машин-двигателей с уделением особого внимания двигателю Дизеля».

Евгений Мейер (Eugen Meyer) – берлинский профессор теплотехники. Установил понятия рабочей и полной теплопроизводительности, разработал уравнения сгорания и теплового баланса двигателя, разработал формулу термического коэффициента полезного действия двигателя быстрого сгорания. Провел исследования неполноты сгорания и теплоотдачи стенкам цилиндра. Издал книгу с описанием конструкций двухтактных и крупных четырехтактных двигателей. Разработал точные методы испытаний двигателей на светильном и силовом газе. В 1904 году провел испытания бескомпрессорного двигателя Г. В. Тринклера на заводе братьев Кертинг.

Приведа тезисы Дизеля из его же доклада, Мейер говорит:

«Эти требования будто бы вытекают из теории цикла Карно и дают возможность реализовать таковой в качестве «совершенного» процесса. Однако же, при взгляде на диаграммы, обнаруженные Дизелем и Шретером, выясняется, что указанные выше тезисы, установленные для «рационального» двигателя, на керосиновом двигателе не выполнены.

Из диаграммы (рис.38) этого двигателя дизелевского доклада я имею:

*Объем до сгорания4,8 мм
Давление до сгорания.....33 атм
Объем после сгорания.....15,0 мм
Давление после сгорания.....26 атм».*

Учитывая небольшую поправку на изменение веса газов при сгорании и используя уравнение Клапейрона, Мейер получает, что в конце процесса сгорания абсолютная температура газов T_e по отношению к температуре в конце сжатия T_c возросла в 2,2 раза.

Далее Мейер говорит:

«Диаграммы на самом деле обнаруживают, что часть топлива сгорает при приблизительно постоянном объеме, другая часть – при приблизительно постоянном давлении и только остаток, который догорает, сжигается при приблизительно постоянной температуре.

Эти факторы, обнаруженные опытом, заставляют, таким образом, сделать заключение, что основные точки зрения, из которых исходит Дизель в своей брошюре и на которых основаны приведенные выше тезисы, ошибочны».

Это дало еще один повод недоверия Дизелю и его «рациональному» двигателю. Ведь владельцам заводов, а с ними и самому Рудольфу Дизелю, это изобретение сулило большие прибыли, поэто-

му вопрос о технической и правовой ценности патентов Дизеля для них не являлся безразличным.

Более детальное рассмотрение принципов работы двигателя Дизеля и его конструкции показало, что первый работоспособный двигатель, созданный в результате опытов на Аугсбургском заводе, в действительности обнаружил совершенно другие показатели: выяснилось, что двигатель охлаждается водой совершенно так же, как всякий другой двигатель внутреннего сгорания; что касается формы линии сгорания на индикаторной диаграмме, то, как позже выяснилось, эта кривая имела и отрезок изоплеры (изохоры), и отрезок изобары, и отрезок изотермы, т. е. практически соответствовала смешанному циклу.

Таким образом, оказалось, что двигатель, получивший имя Дизеля, фактически работает не по патенту Дизеля.

Далее, тщательно проведенный анализ продуктов сгорания показал, что в цилиндре двигателя сгорание происходило при сравнительно небольшом коэффициенте избытка воздуха, равном 1,26, что создавало резкое противоречие с третьим тезисом, о котором писал Дизель и повторил в своем устном докладе.

О необходимости большого избытка воздуха для двигателя Дизеля наиболее четко писал немецкий профессор теплотехники Генрих Дуббель: *«Необходим большой избыток воздуха для горения, равный, по крайней мере, 50%, лучше 80 и даже 100% теоретически необходимого. Такой большой избыток воздуха у дизелей имеет целью не снижение высокой температуры горения, а единственно достижение возможно полного горения»* [11, стр. 180]. И далее: *«Необходима правильно сконструированная форма камеры горения, так как сжатый в ней воздух лишь в том случае может быть вполне и своевременно использован для горения, если камера не имеет мертвых углов и ответвлений. Это требование в отношении двигателей внутреннего горения, сжимающих лишь воздух, а не смесь воздуха и газа, еще более важно, чем в газовых двигателях, где смесь, заполнившая мертвые углы, все же догорает в процессе рабочего хода, между тем как заполнивший такие углы воздух в двигателе Дизеля для горения большей частью бывает потерян»* [11, стр. 181].

Эти несоответствия между словами и фактами, выяснявшиеся по мере того, как стал проходить ураган восторга и приветствий

Дизелю как творцу нового двигателя, явились лишь началом ряда дисгармоний, которые, постепенно сгущаясь, создали вокруг личности Дизеля невыносимо тяжелую атмосферу.

Попытки практического осуществления предположений Дизеля оказались безрезультатными: сначала в процессе испытаний пришлось отказаться от твердого топлива и перейти на керосин; затем пришлось ввести охлаждение стенок цилиндра; далее начался отход от цикла Карно – сгорание при постоянной температуре на практике пришлось заменить сгоранием при постоянном давлении, которое уже было принято рядом других конструкторов. Теория Дизеля оказалась несостоятельной.

Русский изобретатель бескомпрессорного дизельного двигателя Г.В. Тринклер сначала на съезде Императорского Русского Технического Общества в 1910 году, а потом более подробно в своей книге [29, стр. 32 – 33] писал следующее:

«Можно определенно считать установленным следующее:

1. Дизель запатентовал способ действия машин-двигателей, в которых воздух в рабочем цилиндре сжимается настолько сильно, что этим сжатием достигается «высшая» температура рабочего цикла, так что топливо, вводимое из вне – по Дизелю постепенно сгорает без заметного повышения температуры и давления. Другими словами, запатентован был двигатель, в котором топливо сжигалось по изотерме, как в теоретическом цикле Карно. Это вытекает из формулировок его патентов и также из всего смысла выпущенной им в 1893 году брошюры.

2. Дизель также стремился всемерно снизить среднюю температуру рабочего процесса, так как полагал, что высокая температура газов ведет к чрезмерным потерям тепла в охлаждающую воду.

3. Применяя значительный избыток воздуха при сгорании в цилиндре, Дизель рассчитывал совершенно избавиться от потерь в охлаждающую воду. Более того, он намечал окружить рабочий цилиндр изолирующей рубашкой вместо водяной рубашки. Дизель объявил, что охлаждающая рубашка в двигателе есть теоретическая необходимость, что она для двигателя является тем, чем является конденсатор для паровой машины.

4. В качестве топлива Дизель предлагал использовать пылеугольную смесь с воздухом и только потом жидкое, но никогда газообразное.

Созданный в результате серии опытов на Аугсбургском заводе двигатель, испытанный в 1887 году профессором Морицем Шретером, в действительности обнаружил совершенно другие показатели: выяснилось, что двигатель охлаждается водой совершенно так же, как всякий другой двигатель внутреннего сгорания; что касается формы линии сгорания на индикаторной диаграмме, то, как несколько позже выяснилось, эта кривая показала и отрезок изоплеры (изохоры), и отрезок изобары, и отрезок изотермы; в качестве топлива применялся керосин.

Более того, цикл сгорания топлива при постоянном давлении, по которому работал двигатель Дизеля, нельзя было именовать циклом Дизеля, так как последний предлагал вести сгорание по изотерме (как в цикле Карно) и даже запатентовал такой способ сгорания топлива; он притом на своих публичных выступлениях упорствовал в этом.

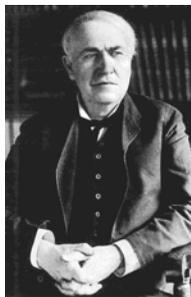
Оказалось, что двигатель, получивший имя Дизеля, фактически работает, по существу, не по патенту Дизеля. Однако было получено главное – двигатели могли работать и при работе на жидком топливе расходовали рекордно малое среди всех существовавших двигателей внутреннего сгорания количество топлива – меньше 200 г сырой нефти или 240 г керосина (как в опытах Шретера) на действительную лошадиную силу в час».

В 1912 г., когда, казалось бы, еще все было благополучно, Рудольф Дизель приезжает в Америку. Инженерная общественность мира привыкла видеть в нем крупного преуспевающего специалиста, находящегося в зените славы, – недаром нью-йоркские газеты оповестили своих читателей о приезде «доктора Дизеля – знаменитого



Рис. 48. Рудольф Дизель и Томас Алва Эдисон

дипломированного инженера из Мюнхена». В лекционных залах, где он выступал с докладами, в вестибюлях гостиниц и фойе театров – всюду его осаждали корреспонденты. Сам Эдисон – чародей американского изобретательства – тогда публично заявил, что двигатель Рудольфа Дизеля является вехой в истории человечества.



Томас Алва Эдисон
(1847 — 1931)

Томас Алва Эдисон (Thomas Alva Edison; 11 февраля 1847 — 18 октября 1931) — всемирно известный американский изобретатель и предприниматель. Эдисон получил в США 1093 патента и около 3 тысяч в других странах мира – такого количества никогда не получал ни один человек. Он усовершенствовал телеграф, телефон, киноаппаратуру, разработал один из первых коммерчески успешных вариантов электрической лампы накаливания, построил первые электровозы, положил начало электронике, изобрёл фонограф. Именно он предложил использовать в начале телефонного разговора слово «алло». В 1928 году награждён высшей наградой США Золотой медалью Конгресса.

Маленький Аль, как называли Томаса в семье, был подвижным, но очень болезненным ребенком. С раннего детства он страдал от прогрессирующей глухоты. В учёбе не показывал особых дарований. После того, как учитель обозвал его «безмозглым тупицей», мать вообще забрала юного Эдисона из школы. Позже Эдисон говорил, что именно занятия под руководством матери пробудили в нём страсть к изобретательству.

С 12 лет он начал работать — сначала разносчиком в поездах, потом станционным телеграфистом, где применил свое первое изобретение — телеграфный автоответчик, позволяющий юному Томасу спать по ночам; в 22 года основал собственную фирму по продаже бытовой электротехники. В работе пользовался девизом: «Никогда не изобретай то, на что нет спроса». В 1877—1878 годах Эдисон предложил использовать в угольных микрофонах вместо угольного стержня угольный порошок, это было большим усовершенствованием угольного микрофона, угольные микрофоны с угольным порошком применяются в телефонах до сих пор. В декабре 1879 года Вильям Хаммер, начал работать в лаборатории Эдисона, и участвовал в экспериментах по созданию электровоза. В 1880 году Эдисон начал выпуск безопасных лампочек, продавая их по 2,5 доллара. Впоследствии Эдисон и английский учёный Джозеф Сван (1828—1914) создали совместную компанию «Эдисон энд Сван юнайтед электрик лайт компани».

На 85 году жизни, умирая, Эдисон сказал своей жене: «Если есть что-нибудь после смерти, это хорошо. Если нет, тоже хорошо. Я прожил жизнь и сделал лучшее, что мог...».

Свой доклад на знаменитой конференции в Сент-Луисе (США) в 1912 г. Дизель посвятил блестящей будущности дизель-моторов,

ни словом не обмолвившись о тех трудностях, промахах и неудачах, с которыми входило в жизнь его изобретение.

«Изобретение... никогда не было лишь продуктом творческого воображения: оно представляет собой результат борьбы между отвлеченной мыслью и материальным миром... Изобретателем история 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...»

Корректный, сдержанный, одетый в строгий черный фрак, Дизель стоически переносил длинные и высокопарные представления его публике. И ни один из слушавших его выступление американских инженеров не мог даже заподозрить тогда, что блестящий докладчик, рассказывающий на прекрасном английском языке о перспективах своего двигателя, находился в отчаянном положении, близком к полному краху. Чем лучше его принимали за границей, тем яростнее становились нападки на Дизеля в самой Германии.

Казалось бы, в чем смысл? Почему Дизель, чье открытие столь высоко оценивалось во всем мире, подвергался у себя на родине ожесточенным нападкам? Какое практическое значение имели нападки на изобретателя, все патенты которого уже к этому времени потеряли силу?

Выяснилось, что этот добрый и мягкий человек, всю жизнь страдавший головными болями и больше всего на свете любивший в свободные часы заниматься музыкой, оказался затертым в жерновах конкурентной борьбы, какой еще не знала история. Оказалось, что его умная машина, сделавшая переворот в технике, должна в качестве горючего использовать самое дешевое топливо — нефть. Но то, что было благом для всего мира, обернулось трагедией для Германии, ибо в этой стране собственной нефти не было.

Уничтожить изобретение уже было нельзя, оставалось только скомпрометировать его творца и хотя бы этим бросить тень на его детище. Вокруг Дизеля постепенно создается невыносимая обстановка. Травля, поднятая в печати, заставляет его мучительно страдать, ведь создалось общественное мнение, что он только запатентовал то, что сделали другие.

Мысль, что его понимают везде, кроме родины, терзает Дизеля больше всего. Его засыпали цветами во Франции, Англии, Америке

ке; ему устроили оvation на выставке двигателей внутреннего сгорания в России, а в Германии его ждала улюлюкающая свора, сводящая на нет все, чего стоила его жизнь, с уверениями, что доктор-инженер Дизель пользуется славой и честью, им не заслуженными.

Компания, принимавшая все более и более резкие формы, вынуждает Дизеля, до сих пор внешне остававшегося равнодушным к ней, к ответному выступлению. Он пересмотрел весь свой архив за двадцать лет, выбрал все документы, относившиеся к истории изобретения, и подготовил доклад, который должен был раз навсегда положить конец всем недоразумениям вокруг этого вопроса.

В ноябре 1912 года Дизель решает дать последний бой своим оппонентам: он заканчивает труд «Возникновение двигателя Дизеля» и выступает с докладом на собрании судостроительного общества в Берлине.

Спокойно, лишь изредка воодушевляясь огнем негодования, Дизель излагает перед слушателями историю возникновения своего двигателя от первой мысли до официального испытания аугсбургского мотора. Он не упустил ни одного происшествия, ни одной мелочи, ни одной неудачи. Все подтверждалось документами: то были протоколы испытаний, журналы мастерских, письма, заметки, черновики чертежей, переписка.

Этот материал доказательно свидетельствовал о тех основных моментах, которые были положены изобретателем в развитие идеи дизель-мотора.

«Возникновение этой идеи, – сказал Дизель, – объясняется желанием освободить двигатель от громоздкого и убыточного газогенератора. Основное же стремление мое, – говорил он дальше, – сводилось к решению задачи наибольшего в пределах возможного вообще использования горючего, что, как известно, может быть осуществлено лишь при высоких степенях сжатия».

Указывая затем на невозможность высоких степеней сжатия во всех прежних двигателях, он сообщил о том, как в поисках удовлетворительного разрешения поставленной задачи он пришел к мысли сжимать обыкновенный атмосферный воздух до тех высоких степеней сжатия, какие создали бы наиболее благоприятнейший тепловой эффект.

«От теоретических предпосылок до практического осуществления идеи в аугсбургском двигателе 1897 г. был пройден трудный путь, – говорил Дизель в заключении, – и тому, что он был все-

таки пройден, я был обязан прежде всего содействию Аугсбургского машиностроительного завода и финансовой поддержке Круппа».

Уже к концу своей речи Дизель ясно чувствовал большую часть аудитории на своей стороне. Прения по докладу, перенесенные на второй день за поздним временем, подтвердили это. Но были и критические выступления.

В выступлении профессора Ридлера прозвучало резкое и прямое обвинение докладчика в том, что он не дал двигателя, удовлетворяющего запросам рынка, предложив лишь идею, которую в конце концов осуществили другие. Он категорически утверждал, что создание работоспособного двигателя явилось исключительно заслугой Аугсбургского завода и его директора господина Буца.

Но Ридлер признавал, что как Стефенсон является изобретателем локомотива или Уатт – изобретателем паровой машины, так Дизель, конечно, остается изобретателем нефтяного мотора.

Резкое выступление это вызвало сильный шум большинства, и лишь со стороны незначительной части аудитории последовали слабые аплодисменты.

Не встретило одобрения и выступление профессора Нагеля, поддерживающего утверждения Ридлера и указавшего также на заслуги заводов и отдельных инженеров-конструкторов в создании двигателя.

Он настаивал и на том, что предложенная Дизелем идея не являлась принадлежащей только ему; она принадлежала и Зонлейну и Капитэну и другим.

Эмиль Капитэн, даровитый немецкий конструктор, сделал ряд предложений для разрешения проблемы двигателя внутреннего сгорания, работающего на тяжелом топливе. Самой выдающейся его работой явилось предложение впрыскивать в камеру сгорания из двух противоположных сопел две струи жидкого топлива таким образом, чтобы их живая сила при столкновении взаимно уничтожалась и обуславливала мелкое распыливание горючего. Воспламенение нефти, мазута или масла должно было происходить при помощи вспомогательного зажигания.

Однако, ни один из проектов двигателей тяжелого топлива Капитэна не был доведен до конца. Многие объясняли это отсутствием средств, некоторые – увлечением все новыми и новыми идеями.

Вернее всего, дело заключалось в том, сам Капитэн не обладал достаточной стойкостью в те моменты, когда его постигали неудачи.

Еще раньше в 1884 г. Зейнлейном был предложен способ вдувания топлива сжатым воздухом. Вскоре им был взят патент на керосиновый двигатель с подачей керосина посредством сжатого воздуха и зажигания электрической искрой. Через два года завод Свидерского в Лейпциге построил двигатель с компрессором, т. е. прибором для распыливания горючего сжатым воздухом.

Но еще за несколько лет до этих попыток практического решения задачи работы двигателя на тяжелом топливе кельнский преподаватель Келлер в своей книге «Теория газовых двигателей» сделал прямое предложение сконструировать двигатель тяжелого топлива с применением самовоспламенения топлива, постепенно вводимого в камеру сгорания.

Во время прений прозвучало короткое выступление инженера Клерка [3, стр. 800] из Бирмингама, который, вторя критическим выступлениям профессоров Ридлера и Нагеля, утверждал, что им уже в 1882 и затем вторично в 1886 году была опубликована теория цикла постепенного сгорания; термический коэффициент полезного действия теоретически достигал 0,56. Несколько двигателей постепенного сгорания были якобы построены по его данным в Бирмингеме. В доказательство своих утверждений Клерком были представлены в союз несколько индикаторных диаграмм и диаграмм регулирования, которые были охарактеризованы Дизелем как очень сходные с диаграммами его двигателя («very similar to the Diesel engine diagrams»).

И все же Дизель чувствовал себя победителем, но полного удовлетворения не было. Он чувствовал бесполезность дальнейших дискуссий и ограничился холодным и спокойным заявлением.

«Я ясно подчеркнул, – сказал он, – что содержанием моего доклада является история развития дизель-мотора, начиная с первой мысли о нем и кончая аугсбургским двигателем 1897 года. Между тем, все возражения, сделанные ораторами, относятся ко времени до этого момента или после него. Впрочем, в одном я уверен, что никогда и нигде не пропустил ни одного случая отметить заслуги машиностроительных заводов, как Аугсбургского, так и Круппа, в деле развития двигателя, история которого служила предметом моего доклада». [5, стр. 168-169].

Дизель не сомневался, что предпринятая против него компания не окончится и после этого выступления. Наоборот, следовало предполагать, что она будет возобновлена потерпевшими поражение противниками с новой силой.

Большим ударом для Дизеля оказалась вышедшая в начале 1913 г. небольшая брошюра его ассистента Павла Мейер-Дельфта под названием «К истории возникновения двигателя Дизеля» (Paul Meyer-Delft «Beiträge zur Geschichte des Dieselmotors». Julius Springer, Berlin) [5, стр. 158 – 159].

Автор со всей возможной объективностью старался выяснить сущность ожесточенного спора между сторонниками Дизеля и его противниками и находил, что весь вопрос заключается в нежелании Дизеля сознаться в некоторых своих ошибках и нежелание признать, что развитие современных дизель-моторов шло уже не в том направлении, которое он первоначально указывал.

Личные же заслуги изобретателя он не только не отрицал, но даже подчеркивал их, указывая на всепобеждающий оптимизм Дизеля и его необычайную энергию, на которой держалось все дело.

И все-таки Дизель принял эту брошюру как последний удар.

С еще с большими нападками на двигатель и лично самого Дизеля выступал бывший профессор в Аахене, восьмидесяти летний старик Людерс, сдавший в 1912 году в печать питавшемуся скандальными изданиями берлинскому издательству Крайнера обширную рукопись с насмешливым названием «Миф Дизеля» с подзаголовком: «Документальная история происхождения современных нефтяных моторов» (I. Lüders. Der Dieselmithus. Berlin, 1913). Даже явные враги Дизеля стеснялись ссылаться на эту работу бывшего профессора, до того злобный и пристрастный характер она носила. Тут отрицались уже все заслуги изобретателя на том основании, что двигатель, созданный в Аугсбурге в 1897 году, существенно отличался от того, каким он описывался в патенте Дизеля и в его первой теоретической брошюре.

Личные заслуги Дизеля сводились на нет. Старый профессор сомневался даже в том, что изобретатель располагает знаниями рядового инженера, указывая, что Дизель никогда не работал ни на одном машиностроительном заводе, а служил на холодильниках. На двухстах страницах книги Людерс подвергал критическому раз-

бору все документы, все выступления Дизеля, начиная с первого его доклада о холодильных машинах Линде в 1891 г.

«Это был недурной доклад, – снисходительно замечал Людерс, – но, надо думать, конечно, докладчик пользовался материалами, предоставленными ему самим Линде...».

В подобном же тоне с такого же рода комментариями оценивались кассельский доклад Дизеля и Шретера и все последующие выступления изобретателя.

Тон книги даже в верных замечаниях автора заставлял сомневаться.

А между тем, формально в основных своих выводах Людерс был прав: почти ни одного из первоначальных положений Дизеля не было впоследствии в его двигателях осуществлено полностью. Это было так. Но это нисколько не умоляло ни личных заслуг Дизеля, ни его значения, так как все значение его было в том, что он реально создал, а не в том, что он хотел создать.

Право на приоритет изобретения у Дизеля оспаривалось и раньше: теперь отнималось у созданного им двигателя право носить его имя.

Смысл книги Людерса заключался в том, что вся изобретательская деятельность Дизеля – это миф, созданный им самим. Нефтяные моторы, работающие под названием дизель-моторов – только продукт машиностроительных заводов и их технических бюро. Основные же идеи их конструкции высказаны были до Дизеля рядом конструкторов, начиная с Карно и кончая Капитэном и Келлером – вот выводы, к которым должен был придти читатель книги Людерса.

Выход книги планировался в октябре 1913 года.

Дизель начинает понимать, что в Германии ему нет места. Он тяжело заболевает. Лечение на самых известных курортах не помогает. Вместе с приступами сердечной недостаточности появляются состояния тяжелой душевной депрессии.

К концу лета 1913 г. разразился финансовый кризис. Дизель стал полным банкротом. И вот в этот момент, еще совсем недавно отказавшийся от хорошо оплачиваемых должностей в американских фирмах, он вдруг дает согласие на предложение нового двигателестроительного завода в Англии занять у них должность всего лишь инженера-консультанта. Узнав об этом, Британский королевский автоклуб обратился к нему с просьбой сделать доклад на од-

ном из заседаний клуба, на что Дизель также ответил согласием и начал готовиться к поездке в Англию.

В сентябре же 1913-го пришло приглашение от Английского королевского автоклуба стать почетным членом. Однако на торжественное заседание по этому случаю Дизель так и не попал...

Глава 6. Исчезновение Дизеля

Какие же события предшествовали исчезновению Дизеля? Какие подробности последнего года жизни и трагедии отмечают его биографы? На событиях последнего года жизни изобретателя следует остановиться подробнее [5, стр. 170 – 173].

Припадки невероятных головных болей возвращались все чаще и чаще. За ними следовали приступы сердечной слабости. Он чувствовал себя разбитым и хилым, подобным Теодору Дизелю в его жалкой квартире в Венсенском предместье у запыленных от безделья переплетных станков.

Деловая суতোлка вокруг него продолжалась. Он, не жалуясь, принимал в ней участие. Привычный распорядок жизни ничем не нарушался.

Но каждый, кто захотел бы пристальнее присмотреться к этому энергичному человеку, конечно, заметил бы в нем какую-то перемену. Дизель был похож на человека, неторопливо и обдуманно готовящегося отправиться в далекий путь. Для всех, встречающихся с ним, впрочем, он оставался все тем же счастливецом, богачом, джентльменом, обеспеченным покоем и счастьем на долгую жизнь.

И только ближайшие его друзья неожиданно вдруг замечали какую-то неуловимую перемену в нем: она подчеркивалась усиливающейся мягкостью, странной отрешенностью и добротой, всем тем, что выражается в людях перед разлукой.

Осенью 1912 года врачи направили Дизеля в Лагеншвальбах. Он отправился туда покорно, аккуратно придерживаясь утомительного распорядка курортной жизни.

В Лагеншвальбахе гостил Адольфус Буш. Уже после первых двух встреч со старым приятелем Буш заметил кому-то, рассказывая о нем: *«В общем, с моим другом Дизелем не все благополучно. Это какой-то другой человек...»*.

Лагеншвальбах, как десятки прежних курортов, ничем не помог изобретателю. Он возвратился в Мюнхен и погрузился в работу над книгой «Возникновение двигателя Дизеля». Книга была закончена, просмотрена и сдана тому же издательству Шпрингера, выпустившего двадцать лет назад и первую брошюру Дизеля. *« Я буду*

ждать выхода книги с нетерпением. Конечно, нет надобности говорить, что мы должны выпустить ее со всею тщательностью. Я придаю этому моему труду исключительное значение», – заявил Дизель издателю.

Весной 1913 года жена предложила Дизелю провести несколько месяцев в Италии. Она надеялась вместе с врачами, что длительное путешествие по прекрасным берегам Италии совершит чудо. И в первое время ей казалось, что надежды на чудо оправдываются. Дизель чувствовал себя лучше. Они отметили веселым обедом день рождения Дизеля. Это было в Сицилии.

Марта бодро смотрела на будущее. Денежные дела мужа, все более и более ухудшавшиеся, не казались ей большим несчастьем. Она знала, что при первом же слове со стороны банков и финансистов последует широкая помощь изобретателю, гений которого служил для них самих источником огромных прибылей. Да она не отказалась бы и от самой скромной жизни, хотя бы подобной первым годам их супружества в Париже.

Но на обратном пути сначала на Капри, потом в Неаполе, Дизель неожиданно сказал: *«Мы можем попроситься с этими местами. Вряд ли придется их снова увидеть...»*, – такую странную фразу обронил он однажды, но жена тогда не обратила на нее внимание, а вспомнила и поняла ее позднее, когда уже все произошло.

В Мюнхене они оставались недолго. Проводившая лето в Хогеншвангау дочь Дизеля, жена директора автомобильного завода «Адлер» во Франкфурте-на-Майне, требовала, во что бы то ни стало, чтобы отец взглянул на маленьких внучат. Несколько недель Дизель провел с дочерью и не скрывал удовольствия, которое доставляли ему ее дети.

Жена осталась у дочери. Сам он отправился в Винтертур. Старый Зульцер встретил приятеля потрясающим сообщением: на заводе с успехом осуществляется дизель-мотор в две тысячи сил в одном цилиндре.

«Я читал вашу брошюру двадцать лет назад, – смеясь, говорил он, – и многое мне казалось фантастическим. Но то, что мы имеем сейчас, превосходит ожидания, и ваш предсказание о том, что двигатель заменит паровую машину, готово исполниться. В водном транспорте во всяком случае паровой машине нет места. С нашим новым мощным двигателем мы можем оборудовать любой теплоход».

Дизель познакомился с работами завода, говорил о делах, рассказывал о внучатах и о своем путешествии. Он не жаловался ни на что, внешне ничего не было особенного в его поведении. И все-таки у Зульцеров осталось грустное чувство от пребывания гостя. Наблюдательная хозяйка заметила: *«Несомненно, что это уже совсем не тот Дизель, которого мы знали столько лет»*.

Дизель прошелся по окрестностям Винтентура, где когда-то бродил с гениальной книгой Сади Карно, размышляя об идеальном тепловом двигателе, и, вернувшись, объявил о своем отъезде.

Даже старые слуги винтертурского заводчика, знавшие Дизеля много лет, нашли, что в этот свой приезд гость был исключительно мягок, добр и вежлив.

В Мюнхене Дизеля ожидала последняя корректура готовой к печати его книги. Он тщательно просмотрел ее и написал предисловие, в котором отметил цель опубликования своего берлинского доклада в виде книги, дополненного рядом документов и материалов.

Через две недели Шпрингер доставил автору первые экземпляры готовой книги.

Несколько минут он с грустной улыбкой смотрел на черный переплет большой и прекрасно изданной книги. Это был всего только обычный стиль шпрингеровских изданий; Дизелю он казался избранным именно для такого случая.

Вечером Дизель перебирал книги, сделал на них дружеские надписи, потом тщательно запаковал их и надписывал адреса своих друзей. Один из экземпляров направлялся Эммануилу Нобелю и еще один Георгию Филипповичу Делпу.

Предвидя или предчувствуя неотвратимость своего краха, сразу по возвращении в Мюнхен Дизель на занятые в долг деньги покупает акции электромобильной фирмы, которая вскоре обанкротилась. В результате ему пришлось рассчитать почти всю прислугу и заложить дом, чтобы реализовать свой последний план, в который не был посвящен никто.

В этот небольшой промежуток времени он совершает некоторые поступки, анализируя которые впоследствии, близкие Рудольфа Дизеля придут к выводу, что трагическое решение им уже принято.

Оставшись к началу сентября один в своем мюнхенском доме, первое, что он сразу же при этом сделал, – отпустил до утра из дома оставшихся немногочисленных слуг и попросил старшего сына, тоже Рудольфа, срочно приехать к нему.

По воспоминаниям сына, это была странная и печальная встреча. Отец показывал ему, что и где лежит в доме, в каких шкафах хранятся важные бумаги, давал соответствующие ключи и просил опробовать замки.

После отъезда сына он занялся просмотром деловых документов, а вернувшаяся на следующее утро прислуга обнаружила, что камин набит пеплом сожженных бумаг, сам же хозяин находился в мрачном, подавленном состоянии.

За несколько недель до своего исчезновения, Дизель совершил ряд визитов к своим близким, с которыми он редко виделся из-за постоянных разъездов по заводам и странам («суета и бессмысленность жизни» по словам самого Дизеля).

Сначала он посетил старшего сына Рудольфа в Странберге, потом младшего сына Евгения в Вендинге, где тот изучал геологию. Как будто бы он, в самом деле, совершал прощальные визиты. Младшему сыну он сказал: *«Сердце никуда не годится. Надо предупредить мать. Я все время скрываю от нее это, но дальше уже это не годится. Надо бы ее подготовить»*.



Рис. 49. Рудольф Дизель с женой Мартой и детьми Евгением, Хеди и Рудольфом (90-е годы)

Юноша был обеспокоен. Он отправился вместе с отцом во Франкфурт-на-Майн, где находились теперь жена Марта, дочь Хеди и зять Дизеля и где он провел несколько дней: надо было ехать на Всемирную выставку в Гент, где бельгийская фирма братьев Зульцер демонстрировала свои дизель-моторы.

После посещения своих родных Дизель отправился 26 сентября на Всемирную выставку в Гент, откуда писал жене во Франкфурт–на-Майне: *«Еду с бельгийскими корреспондентами в Англию, чтобы присутствовать первого октября на общем собрании Объединенного общества «Дизель» и осматривать их новые мастерские в Ипсиче»*.

Далее приводилась подробная программа поездки в Англию.

Накануне своего отъезда Дизель написал домой три письма. Первые письма из Гента дышали веселостью: прием был прекрасный, выставка изумительная, настроение хорошее. На третьем он написал: «Франкфурт-на-Майне» и далее поставил строчки: «Улица Марии Терезии» – свой Мюнхенский адрес. Письмо было странным, смутным и свидетельствовало о сильном его расстройстве или болезни.

Вместе с двумя своими коллегами и друзьями вечером 29 сентября в бельгийском Антверпене Дизель погрузился на паром «Дрезден» (рис. 50), идущий через Ла-Манш в порт Харвич.



Рис. 50. Колесный паром «Дрезден» после реконструкции (современная фотография)

Паром «Дрезден», на то время самый большой, комфортабельный и быстроходный колесный пароход, был построен в 1897 году и до 1915 года принадлежал английской компании «Graa great Eastern Railway». С 1915 по 1918 г.г. входил в состав Британского военноморского флота (Royal Navy) под названием «Louvain». В 1918 году 21 января в Адриатическом море был торпедирован немецкой подводной лодкой, в результате чего погибли 7 офицеров и 217 британских солдат.

«Дрезден» имел длину 68,7 м, ширину 6,92 м (12,72 м по колесной палубе) и осадку 0,85 м. Скорость парохода составляла 25 км/час. На пароме могли расположиться 200 пассажиров во внутренних салонах и 250 пассажиров в наружных салонах. Общая вместимость парома составляла 555 человек.

В период с 1992 по 1993 годы был реконструирован на верфи Дрезден – Лаубегаст (Германия) на Эльбе до своего исторического первоначального вида.

Силовая установка состояла из сдвоенных паровых котлов паровой машины с площадью поверхности теплообмена 96,6 м². В настоящее время в качестве топлива применяется легкое жидкое топливо вместо бурого угля. Горизонтальный двухцилиндровый компаундный двигатель развивает мощность 221 кВт.

В настоящее время пароход «Дрезден» совершает туристические рейсы по Эльбе из Дрездена [23].

Дизеля сопровождали бельгийцы: Георг Грейс, директор общества «Бр. Карель» и главный инженер общества Альфред Люкман. Причем Георг Грейс и Альфред Люкман зарегистрировались в журнале пассажиров, в то время как Рудольф Дизель почему-то не сделал этого. Может быть, понадеялся на своих попутчиков или просто забыл?

Вечером паром покинул Антверпен. Когда в вечерней дымке исчезли огни порта, все трое направились в ресторан, где и продолжили беседу. Инженер Дизель рассказывал попутчикам о своей жене, потом об изобретении. Его собеседники больше интересовались политикой, в частности деятельностью лорда адмиралтейства Уинстона Черчилля, который ратовал за коренную модернизацию британского флота. Беседа коснулась и накалявшихся международных отношений, все отчетливее вырисовывающегося призрака

большой войны. Эта тема тогда была у многих на устах, ведь первый очаг войны уже пылал на Балканах.

Потом разговоры продолжились на палубе, где Дизель много курил, был весел и общителен.

Около десяти часов вечера Рудольф Дизель раскланялся со своими друзьями, договорившись встретиться утром, и спустился в каюту №18 (с тех пор на паромах, следующих через Северное море в Англию, каюты с таким номером не существует). Перед тем, как открыть дверь каюты, Дизель остановил стюарда и попросил разбудить его утром – в четверть седьмого. Больше его никто не видел.

В каюте он вынул из чемодана пижаму и разложил ее на постели. Извлек из кармана часы, завел их и поставил на стол рядом с подушкой.

Утром «Дрезден» заканчивал свой путь в Англию. Завтрак подали несколько раньше, но в назначенное время Дизель на место встречи не пришел.

В 6.15 исполнительный стюард попытался разбудить пассажира. Долго стучал в дверь, но ему никто не открыл.

Не дождавшись Дизеля, Люкман и Грейс послали в каюту Дизеля стюарда парома, который сообщил, что в каюте никого нет. Люкман после сообщения стюарда сказал: «Это совершенно не похоже на педантичного Дизеля», и вместе с Грейсом пошел сам проверить каюту Рудольфа Дизеля. Запасным ключом открыли каюту. Там было пусто.

Осмотр каюты показал: койка, приготовленная стюардом для сна, даже не смята; багаж не раскрыт, хотя в замок чемодана ключ вставлен; карманные часы Дизеля были положены так, чтобы стрелки можно было видеть, будучи лежа на койке; записная книжка лежала раскрытой на столе и дата 29 сентября в ней отмечена крестиком. Выяснилось сразу же, что во время утреннего обхода судна дежурный офицер обнаружил чью-то шляпу и свернутое пальто, засунутыми под рельсы грузовой палубы. Оказалось, что они принадлежали Дизелю.

На «Дрездене» подняли тревогу. Капитан без промедления опросил моряков, которые несли ночную вахту. Но об исчезнувшем инженере ничего выяснить не удалось — никто не видел ночью на палубах пассажиров.

Позже была сделана попытка восстановить картину происшествия. Опросили многих пассажиров и членов экипажа. В первую очередь были допрошены Георг Грейс и Альфред Люкман, которые очень подробно рассказали о своей вечерней беседе с Дизелем. Они сообщили также, что он был разговорчив и в хорошем настроении.

Долго допрашивали стюарда, но перепуганный молодой человек снова и снова повторял сказанное им в самом начале: пассажир попросил его разбудить, но утром в каюте его не оказалось.

Но в тоже время есть еще более непонятные свидетельства. Стюард парома якобы обнаружил аккуратно сложенные плащ и шляпу Дизеля, засунутыми под рельсами на грузовой палубе парома, а по другим источникам, эти вещи аккуратно сложенные висели на поручне палубы. А упоминание о присутствии плаща и шляпы в каюте или на палубе не упоминается больше ни в одном из воспоминаний последнего дня Дизеля. Казалось бы, возникает вопрос, почему столь педантичный и аккуратный Дизель засунул их под рельсы, а если ему кто-то помог шагнуть через поручни, то зачем этому некоему складывать аккуратно вещи Дизеля под рельсы, где их явно найдут, и появятся лишние вопросы: кто в тот день плыл на пароме, какое отношение они имели к Дизелю и какова была их цель.

В ночь с 29 на 30 сентября 1913 года Дизель бесследно исчез при пересечении Северного моря, когда следовал из Европы в Англию.

Лондонская «Дейли Мейль» тотчас же оповестила мир о странном, загадочном и совершенно бесследном исчезновении гениального изобретателя. Первого октября немецкие газеты перепечатали это сообщение, но оставили всех в неизвестности о том, что же случилось на пароходе.

Казалось, что суета и бессмыслица достигли своего предела, когда английский отдел Объединенного общества двигателей Дизеля отправил семье погибшего нелепую телеграмму: *«Слухи не основательны. Доктор Дизель находится в Лондоне»* [5, стр.175].

Но Марте Дизель суждено было испытать нечто еще более страшное. Через неделю, когда уже не было никаких сомнений в гибели мужа, имперская почта вручила ей его собственноручное письмо, отосланное из Гента за несколько дней до отъезда вместе с другими: оно было задержано поисками адресата, так как указанный на конверте улицы Марии Терезии во Франкфурте не было.

Это было угрюмое, тревожное письмо, исполненное тоскливых полупризнаний, недомолвок и безнадежных жалоб на больное сердце. Неделию назад оно побудило бы несчастную женщину немедленно выехать к мужу; теперь оно только увеличивало ее ужас, отчаяние и безнадежность.

Рудольф Дизель исчез. Мир суеты и бессмыслицы, его окружавший, остался. Люди делали все, что могли для того, чтобы довершить бессмысленную суматоху.

Голландские и бельгийские рыбаки были оповещены о гибели богатого человека. В устье Шельды, величайшее на земном шаре море, вползало огромными волнами. Волны должны были когда-нибудь вынести и труп человека, о котором писали в газетах Англии, Голландии, Бельгии и, может быть, других стран, о которых ничего не известно было рыбакам.

Два дня спустя 31 сентября в Ромпото, мелководном рукавчике реки Шельды, флиссингенские рыбаки, плывшие на шхуне в Гент по устью Шельды, заметили в волнах тело хорошо одетого господина. Они подняли его в лодку и направились во Флиссинген. Но ветер точно обезумел. Зеленое море поднялось на дыбы и начало швырять рыбацкое суденышко из стороны в сторону. Добраться до дому казалось невыносимым: Шельда не желала расставаться с добычей.

Шкипер сказал: *«Это небо гневается не на нас, а на того неизвестного, которого мы приютили у себя на борту. Видать, грешный был человек. Хотим ли мы разделить с ним его грехи?»*.

Все молчали. Это значило, что надлежит поступить по старому морскому обычаю — вернуть морю того, кого оно уже взяло себе.

Рыбаки сняли с распухших пальцев погибшего кольца, в карманах нашли кошелек, футляр для очков, карманную аптечку, труп же, следуя морскому обычаю, погребли в море. Как только тело предали волнам, шторм начал стихать. Во Флиссингене рыбаки сдали вещи и заявили, что разбушевавшиеся волны унесли труп снова в море [6, стр. 278].

Прибывший в Бельгию по вызову старший сын Рудольф, опознал вещи, как вещи своего отца Рудольфа Дизеля.

Дизеля не стало, когда ему было 55 лет.

Так печально окончилась жизнь, несомненно, одного из самых крупных немецких изобретателей, доктора-инженера Рудольфа Кристиана Карла Дизеля.

Его отступления от первоначальной идеи двигателя несколько не уменьшают значение достигнутого им успеха. Напротив того, они характеризуют гибкость его ума, позволившего ему удачно видоизменить первоначальную идею, но приводившую к благоприятным практическим результатам. Его настойчивость в деле осуществления работоспособного двигателя 1897 года, его дальнейшая настойчивая пропаганда этого двигателя характеризуют Дизеля как в высшей степени целеустремленного и активного изобретателя [16, стр. 303].

Уже в некрологе, помещенном в журнале Общества германских инженеров, появившемся вслед за смертью изобретателя, правление общества признавало, что *«деятельность Дизеля положила начало новому периоду развития современного моторостроения»* [5, стр. 176].



Рис. 51. Доктор – инженер Рудольф Кристиан Карл Дизель (1858 – 1913)

Глава 7. Русский след в истории двигателя Дизеля

В истории создания и развития двигателя Дизеля участие России занимает особое и очень важное место.

Началом русского следа в истории двигателя Дизеля следует считать более раннее время по сравнению с выходом патента и рождением самого двигателя в 1897 году, а именно 1875 год, когда Рудольф Дизель начал обучаться в Высшей технической школе Баварии в Мюнхене. А его окончанием следует, вероятно, считать 1924 год, когда последнее намерение Дизеля оказалось реализованным именно в России.

На этом же курсе вместе с Дизелем проходил стажировку и слушал лекции профессора Карла фон Линде выпускник Санкт-Петербургского технологического института Георгий Филиппович Депп. Тогда и завязалось их знакомство, закончившееся дружбой, и позволившее позднее России принять активное участие не только в доводке и совершенствовании, но и распространении двигателей Дизеля в российской промышленности.



Рис.52. Георгий Филиппович Депп

Депп, Георгий Филиппович (1854 – 1921) – инженер-технолог. В 1877 г. окончил курс технического отдела в Штутгартском политехническом институте, занимался в Политехническом институте в Мюнхене и Дрездене. В 1885 г. Был избран сначала преподавателем, а потом адъюнкт-профессором Санкт-Петербургского технологического института, в 1898 году был избран профессором по кафедре механики. С 1894 г. читает курс паровых машин и котлов в Михайловской артиллерийской академии и состоит членом конференции Академии. Организовал котельную лабораторию, в которой под его руководством были проведены работы по сжиганию пылевидного топлива, бездымному горению, по расчету котельных топок. Депп инициатор производства в России двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия (двигателей Дизеля), участник выработки технических условий их

производства и испытания. Состоял председателем II отдела Императорского рус-

ского технического общества и экспертом для рассмотрения привилегий при министерстве финансов. В 1912 г. избран директором технологического института. В 1918 году, благодаря вмешательству В.И. Ленина, избежал преследований и расстрела по делу о царских специалистах и продолжил свою научную деятельность.

Далее следует уже более конкретное участие России в деле совершенствования и распространения двигателей Дизеля.

В 1897 году на съезде германских инженеров в Касселе, на котором выступали с докладами по новому двигателю Р.Дизель и М. Шретер, присутствовал русский инженер Александр Александрович Радциг. По окончании съезда Радциг пишет в Россию Г.Ф. Делпу о триумфальном выступлении Дизеля, сравнивая его изобретение с изобретением Джеймсом Уаттом паровой машины. Делп публикует в № 7 журнала «Вестник общества технологов» за 1897 год статью «Корреспонденция из-за границы», где приводит информацию Радцига со съезда в Касселе.

Радциг Александр Александрович (1869 – 1941) – советский ученый в области теплотехники. В 1891 году окончил механический факультет Петербургский технологический институт, после чего поступил в Берлинский университет на математическое отделение. С 1896 года слушал лекции в учебных заведениях Германии, Швейцарии и Бельгии. Весной 1898 года был приглашен для занятия кафедры термодинамики и тепловых двигателей Киевского политехнического института. В 1900 году принял участие в состоявшемся в Париже конгрессе по прикладной механике, приуроченном к проходившей там Всемирной выставке, на которой двигатель Рудольфа Дизеля был удостоен Большой золотой медали. В 1909 был приглашен в Петербургский политехнический институт на кафедру прикладной механики. С 1918 по 1930 годы был профессором кафедры «Термические машины», с 1930 года и до конца жизни – заведующий кафедрой «Паровые турбины». В начале 1930-х годов А.А. Радциг был признанным основоположником отечественного паротурбостроения. С 1935 года – член-корреспондент Академии наук СССР. Работы Радцига А.А. посвящены термодинамике паров, исследованию уравнения состояния водяного пара, разработке теории истечения, теории паровых турбин и методов расчета турбин и конденсаторов, а также прикладной механике и истории науки и техники.

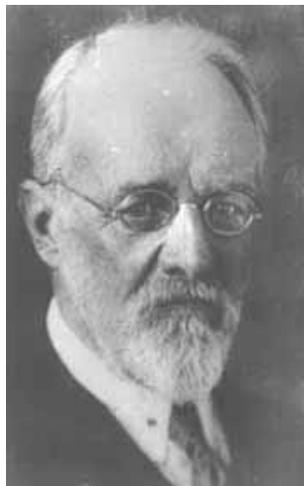


Рис. 53. Александр Александрович Радциг

В это же время Дизель получает русский патент. Русский патент (привилегия) за № 261 был выдан Дизелю 9 августа 1897 года и содержание его «предмета привилегии» было следующее:

«В настоящем изобретении предмет новый составляют: машины-двигатели, действующие горением и характеризующиеся:

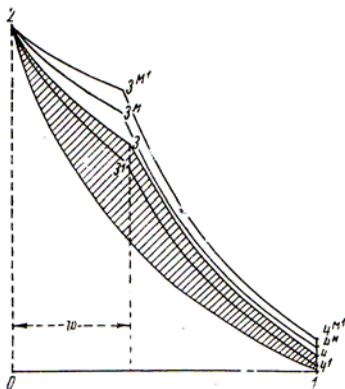


Рис. 54

1) совокупностью устройства и способом действия, который состоит в том, что заключенный в цилиндре чистый воздух или какой-либо другой индифферентный газ или пар в смеси с воздухом, сжимается столь сильно, что получаемое при этом нагревание значительно превосходит температуру воспламенения употребляемого для приведения в действие двигателя горючего материала (кривая 1-2 диаграммы рис. 54), после чего горючий материал

впускается постепенно, начиная с мертвой точки таким образом, что горение, вследствие движения поршня и соответствующего расширения сжатого воздуха (или газа) не сопровождается заметным повышением температуры и давления (кривая 2-3 на рис.54), наконец, приток горючего материала прекращается и происходит дальнейшее расширение содержащейся в рабочем цилиндре газовой массы (кривая 3-4 на рис.54), причем регулирование, т. е. изменение полезной работы двигателей, производится изменением вида кривой горения, а именно: посредством пуска или вдувания струи горючего материала или смеси горючих материалов в камеру сжатия двигателя, при переменном избытке давления и переменном же времени вдувания, или же достигается тем, что впуск горючего материала происходит в различных точках на линии сжатия как при внутреннем, так и при наружном ходе поршня, а также

2) устройством распределительного механизма, состоящего из системы пяти кулачков на одной общей муфте, причем одна пара

муфта, служит для пуска двигателя в ход при передвижении муфты, как изображено на прилагаемом рисунке».

Особенно интересно отметить отношение в тексте привилегии изобретателя к вопросу об искусственном охлаждении двигателя. На стр. 3 текста привилегии Дизель пишет:

«Воздух в смеси с продуктами горения расширяется далее уже сам собой, производя механическую работу, причем вся газовая масса, вследствие значительного уменьшения давления, сильно охлаждается; таким образом, охлаждение является результатом самой работы газов, не требуя искусственного охлаждения стенок цилиндров, которые напротив снабжаются изолирующей крышкой».

Русский патент полностью повторял основные тезисы «рационального» двигателя, изложенные ранее в патентах и книге Дизеля.

Эта информация заинтересовала владельца механического завода «Людвиг Нобель» в Санкт-Петербурге Эммануила Людвиговича Нобеля, который к тому же владел еще и разработкой Бакинской нефти в России и был организатором общества «Бранобель» (Товарищество братьев Нобель) по добыче и переработке нефти.

Эммануил Нобель – сын известного промышленника Людвиг Нобеля – высоко оценил перспективность изобретения Рудольфа Дизеля. Одним из главных мотивов для покупки права на производства дизель-моторов являлось его стремление увеличить сбыт своей нефти в России. С другой стороны, несомненно, что в этом приобретении играло роль также и желание дать более четкую специализацию механическому заводу «Л. Нобеля» в Петербурге, который до тех пор строил самые разнообразные предметы военного снаряжения, различные машины и, между прочим, небольшие керосиновые двигатели. Кроме того, Э. Нобелю было также известно и то, что в 1898 году русский инженер-кораблестроитель К.П. Боклевский (впоследствии профессор Военно-морской академии и Политехнического института в Ленинграде) выдвинул идею о целесообразности использования дизелей в качестве главных двигателей на судах. [6, стр. 304 – 305].



Рис. 55. Эммануил Людвигович Нобель

Это и побудило Эммануила Нобеля обратить самое серьезное внимание на изобретение Дизеля.

Таким образом, первым в России, кто заинтересовался новым двигателем Дизеля и начал в 1898 году переговоры о покупке русского патента Дизеля, всех прав на чертежи этих машин и на техническую помощь, был владелец огромных нефтяных разработок и Петербургского чугунолитейного и механического завода «Людвиг Нобель» Эммануил Нобель. Завод был основан Людвигом Нобелем в 1862 году, после 1917 года завод получил название «Русский дизель», в 1999 году завод был подвергнут банкротству и распродан).

Через профессора Деппа, бывшего сокурсника Рудольфа Дизеля, Э.Л. Нобель начинает трудные переговоры с Дизелем.

Дизель снисходительно относился к возможностям российской науки и промышленности. Как и многие западноевропейцы, он не верил, что русские смогут создать свой двигатель, основываясь на его идеях. Он считал, что рано или поздно они обратятся за помощью к Западу. Поэтому Дизель недоверчиво отнесся к идее Э. Нобеля. Он не хотел рисковать: неуспех русских мог испортить репутацию его детища на мировом рынке, а хлопот с двигателем и так хватало. *«...Двигатели Дизеля необходимо строить весьма тщательно с применением самых лучших материалов, ибо лишь при этих условиях двигатели проявляют все свойственные им качества; строить их могут наилучшие, вполне оборудованные для этой цели заводы»*, – неоднократно говорил Дизель.

Дизель начал капризничать, ставить одно условие за другим, однако русский промышленник не отступал и был готов принять все условия. Один из пунктов договора предусматривал создание в Нюрнберге «Русского общества двигателей Дизеля». Оно должно было осуществлять связь с немецкими заводами, строившими двигатели. Этим Дизель страховал себя, не веря, что русский завод сможет самостоятельно освоить выпуск новых машин. Согласно другому условию договора двигатели, изготовленные на русских заводах, можно было продавать только в России.

Депп сумел доказать Дизелю, что механический завод компании «Людвиг Нобель» в Петербурге имеет все технические возможности для производства дизель-моторов. Дизель считал наличие хороших условий обязательным и после долгих переговоров

согласился продать Э. Нобелю лицензию и комплект чертежей двигателя, работавшего на сырой нефти.

То, что произошло 14 февраля 1898 года, газетчики окрестили «делкой века». В берлинской гостинице «Паласт-отель» контракт с Дизелем подписывал Эммануил Нобель, племянник знаменитого изобретателя динамита и глава самой могущественной в России нефтяной компании «Бранобель». В это время доля России в мировой добыче нефти составляла тогда 53 процента, а компания «Бранобель» добывала 18 процентов нефти внутри империи и контролировала большую часть ее экспорта.

За право использования изобретения Нобель, не торгуясь, выложил полмиллиона рублей золотом (российский историк техники Л.И. Гумилевский сообщает, что за патент и первые чертежи Э. Нобелем была заплачена сумма в 50 тыс. фунтов стерлингов).

16 февраля 1898 года Дизель написал жене: *«Запомни сегодняшнюю дату – это день заключения моего союза с Нобелем и, по всей вероятности, исходный рубеж для событий, которые потрясут мир. Быть может, мне, отдельному маленькому человечку, удастся достичь того, чего не удалось достичь всем правительствам вместе взятым, – раздавить Рокфеллера»*.

Жена больше испугалась, чем обрадовалась. В ее ответе явно различима тревога. Видимо, женская интуиция подсказывала ей, что все это добром не кончится: *«Значит, ты отныне становишься ниспровергателем и смертельным врагом Рокфеллера. Я учту это, но с этим нефтяником лучше бы дружить, а не враждовать»*.

А 9 апреля 1898 года в Нюрнберге, согласно договору с Рудольфом Дизелем, было основано общество с целью использования выданного патента на двигатели внутреннего сгорания, а также всех патентов, выданных в России и Финляндии на данный предмет. Так возникла фирма «Русского общества двигателей Дизеля» в Нюрнберге, которая отвечала за производство двигателей в соответствии с выданным патентом за номером 261.

RUSSISCHE DIESEL MOTOR CO.

G. M. R. H.

TELEGRAPH-ADRESSE:
DIESELCO.

R. DIESEL
INGENIEUR
MÜNCHEN
Schackstrasse 2.

Frankfurt 28 1898

Nürnberg, Mai 1898

P. P.

Wir beehren uns hierdurch anzuzeigen, daß unter dem 3. April 1898, laut der mit Herrn R. Diesel getroffenen Abmachung, eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung zum Zwecke der Verwertung des dem Herrn R. Diesel erteilten russischen Patents auf Verbrennungsmotore, sowie aller in Rußland und Finnland auf dem gleichen Gegenstand erteilt worden Patente, unter der Firma

Russische Diesel Motor Co.

G. m. b. H.

errichtet worden ist und bitten wir Sie höflich, als alleinige Rechtsinhaber des russischen Diesel-Motor-Patents, in Angelegenheiten, die sich auf diesen Gegenstand beziehen, sich an unsere Bureau in

Nürnberg, Marktplatz, Badstrasse No. 12, zu wenden.

Für den alleinigen Geschäftsführer ist Herr Berthold Böing bestellt, von dessen Unterschrift und off. Kenntniß zu nehmen bitten

Hochachtungsvoll

Russische Diesel Motor Co.

G. m. b. H.

Berthold Böing

*Historisches Archiv
MAN AG Augsburg*

Рис. 56. Соглашение 1898 года о создании в Нюрнберге «Русского общества двигателей Дизеля»

Вскоре пришли и чертежи. Эммануил Нобель грезил о двигателе, работающем на сырой нефти. Он был уверен: русские инженеры, отталкиваясь от идей Дизеля, способны изготовить новый мощный и экономичный нефтяной мотор.

Поэтому перед конструкторами Э. Нобель поставил задачу – двигатель должен работать на сырой нефти: «Мы покупаем у Дизеля»

ля идею, а не выполнение, – говорил он главному инженеру завода Нордстрему. – Дизель указывает нам путь использования сырой нефти в качестве горючего непосредственно в цилиндре двигателя. И это мы покупаем. Мы пойдем этим путем. Открытие сделано. Ваше дело – практически его использовать. Мы не будем делать секрета из содержания патента, – продолжал Нобель, – мы, наоборот, предложим всем русским заводам начать постройку дизель-моторов по нашим чертежам» [6, стр. 84].

Под руководством главного инженера завода шведа Нордстрема и при консультировании профессора Г.Ф. Демппа заводские конструкторы нашли оригинальное решение, и русский двигатель был сделан за год.

Испытание первого дизеля мощностью 20 эфф. л.с., построенного уже на заводе «Людвиг Нобель», было проведено Г.Ф. Демппом 6 декабря 1899 года на нефти. Испытания проходили на специальном стенде и показали легкость пуска, плавный ход, полное сгорание топлива, надежное регулирование мощности и надежную работу на малых нагрузках. Двигатель имел диаметр цилиндра 260 мм, ход поршня 410 мм, частоту вращения 180 об/мин.

Первый дизель был вертикальным, с А-образной стойкой, крейцкопфный, четырехтактный, компрессорный, со стальнойцилиндровой втулкой. По сравнению с прототипом, построенном в Аугсбурге, была полностью изменена конструкция топливной системы для перевода двигателя с керосина на сырую нефть. Измененная конструкция форсунки и топливного насоса обеспечила возможность регулировки угла начала подачи топлива, что сделало экономичность дизеля рекордной – расход сырой нефти составил всего 221 г/эфф.с.час вместо расхода керосина у прототипа – 243 г/эфф.с.час.

Таким образом, первый в мире дизель, работающий на сырой нефти, был создан в 1899 году русским заводом. С этого времени дизелестроение стало утверждаться в качестве основного профиля петербургского завода «Людвиг Нобель».

Испытания этого двигателя завершились в декабре 1899 года, после чего он в дальнейшем не использовался в качестве источника энергии, а хранился в экспериментальном цехе завода «Русский дизель». В 1949 году его остов бесследно исчез.

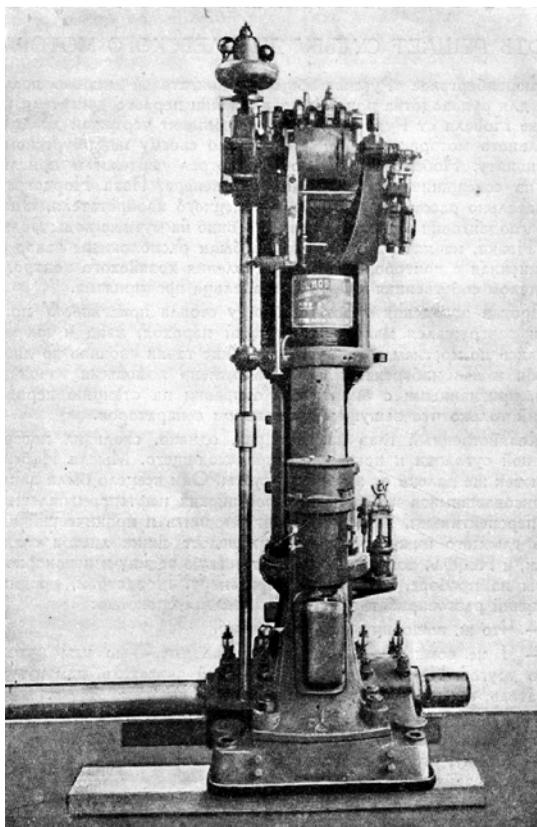


Рис. 57. Первый двигатель Дизеля производства завода «Людвиг Нобель» (1899 г.), работающий на сырой нефти

Эммануил Нобель, конечно, не купил бы этих прав, если бы не имел полной уверенности в том, что двигатели Дизеля надежно могут работать на русской сырой нефти. Почему так был уверен Нобель в возможностях дизелей?

Во-первых, потому, что сам Дизель гарантировал работу дизеля на сырой нефти. Кстати, в нашей отечественной литературе можно встретить утверждение, что двигатель Рудольфа Дизеля ранее работал только на керосине, и к работе на сырой нефти его приспособили русские инженеры на заводе Нобеля в Петербурге, работав-

шие под руководством профессора Г. Ф. Делпа. Это утверждение не совсем соответствует действительности.

Всеми работами по доводке двигателя на сырой нефти занимался главный инженер завода швед Нордстрем.

Блестящему конструкторскому таланту Нордстрема в истории дизелестроения не отводится места очевидно только потому, что Нобель, в целях поднятия авторитета фирмы, всячески обезличивал своих сотрудников, выдавая их изобретения за достижения завода «Людвиг Нобель» в целом, в то время, как в действительности завод был обязан всеми своими достижениями своим инженерам и больше всего Нордстрему. В 1917 году, пытаясь вернуться в Швецию, Нордстрем погиб на льду вблизи Кронштадта [6, стр. 234].

Во-вторых, историкам техники хорошо известно, что в 1899 году профессор Технологического института Санкт-Петербурга Г. Ф. Делп провел испытания 2-х двигателей Дизеля, принадлежащих Петербургскому заводу «Людвиг Нобель». Испытания проводились на сырой нефти (теплотворная способность нефти в среднем 10148 ккал/кг; ее удельный вес – от 0,8754 до 0,8786 т/м³). Первым, в апреле 1899 года был испытан 30-сильный двигатель постройки Аугсбургского завода, вторым – в декабре 1899 года – 20-сильный двигатель, построенный заводом «Людвиг Нобель» по чертежам, полученным с Аугсбургского завода. В конструкторском отношении оба двигателя в основном были тождественны с вышеописанной германской машиной. Результаты испытаний приведены в таблицах 4 [3, стр. 806] и 5 [3, стр. 807]. Испытания, проведенные Г. Ф. Делпом, доказали возможность работы двигателя Дизеля не только на керосине, но и сырой российской нефти.

В приведенных таблицах обращает на себя внимание незначительность изменения работы трения на всех нагрузках двигателя.

В-третьих, весьма интересные данные Г. Ф. Делп сообщает Эммануилу Нобелю об обширных опытах американского профессора Дентона над 20-сильным дизелем. Опыты эти были проведены летом 1898 года; профессор Дентон пользовался разными сортами нефти, а также и керосина; нефть имела удельный вес 0,846 – 0,852 т/м³ и темный цвет. Результаты показали полную работоспособность двигателя Дизеля на нефти. Кроме того, при работе на сырой нефти он потреблял ее менее 200 г на каждую лошадиную силу мощности в час.

Таблица 4

Двигатель Аугсбургского завода. Номинальная мощность 30 э.л.с.; диаметр цилиндра 300 мм, ход поршня 458 мм; испытания на нефти теплотворной способностью 10148 кал/кг									
Опыт №	Частота вращения, об/мин	Ne, э.л.с.	Nr, л.с.	Se, г/час	ta, °C	Qw, кал	ηi, %	ηm, %	ηe, %
1	181,3	x/x	14,45	2500	–	–	36	–	–
2	181,0	2	14,50	1345	–	–	38,2	21,1	4,6
3	180,8	4	14,56	728	–	–	39,7	21,5	8,5
4	180,5	6	14,62	580	–	–	40,2	29,1	11,8
5	180,2	8	14,70	435	–	–	40,7	35,2	14,3
6	179,9	10	14,80	379	–	–	40,7	40,3	16,5
7	179,7	12	14,95	343	–	–	40,7	44,5	18,1
8	179,4	14	15,07	319	–	–	40,5	48,2	19,5
9	179,2	16	15,22	302	–	–	40,2	51,2	20,6
10	178,9	18	15,40	289	230	940	40,9	53,9	21,5
11	178,6	20	15,54	278	275	920	39,7	56,3	22,4
12	178,3	22	15,70	270	325	900	39,4	58,6	23,1
13	178,1	24	15,87	263	365	875	39,4	60,2	23,7
14	177,8	26	16,00	257	395	850	39,2	61,9	24,3
15	177,5	28	16,16	253	420	830	38,7	63,4	24,6
16	177,2	30	16,35	249	435	805	38,6	64,7	25,0
17	177,0	32	16,54	247	445	785	38,3	65,9	25,3
18	176,7	34	16,73	245	455	770	38,0	67,0	25,5
19	176,4	36	16,94	244	465	755	37,5	68,0	25,7

Таблица 5

Двигатель завода «Людвиг Нобель». Номинальная мощность 20 э.л.с.; диаметр цилиндра 260 мм, ход поршня 410 мм, испытания на нефти теплотворной способностью 10148 кал/кг.								
Опыт №	Частота вращения, об/мин	Ne, э.л.с.	Nr, л.с.	Se, г/час	ta, °C	ηi, %	ηm, %	ηe, %
1	195,3	x/x	11,40	1430	-	42,8	-	-
2	195,3	2	11,44	840	-	49,8	14,9	7,4
3	195,3	4	11,50	484	-	49,8	25,8	12,8
4	195,2	6	11,57	366	-	49,4	34,2	17,0
5	195,1	8	11,65	310	-	49,0	40,7	20,1
6	195,0	10	11,76	278	230	48,7	46,0	22,3
7	194,9	12	11,90	258	258	47,9	50,2	24,1
8	194,8	14	12,07	246	282	47,2	53,7	25,3
9	194,6	16	12,25	236	305	46,5	56,8	26,4
10	194,4	18	12,46	230	325	45,8	59,0	27,1
11	194,2	20	12,70	226	345	45,1	61,1	27,6
12	193,8	22	13,00	224	360	44,2	62,8	27,8
13	198,2	24	13,40	223	375	43,6	64,1	27,9
14	193,0	26	13,90	223	388	43,0	65,2	27,9

Обозначения: Ne – эффективная мощность; Nr = Ni – Ne – работа трения; Se – расход нефти на эсч; ta – температура выхлопных газов; Qw – количество тепла, отданного охлаждающей воде на 1 эсч; ηi – индикаторный кпд; ηm – механический кпд; ηe – эффективный (экономический) кпд

То, что двигатель в свое время был испытан профессором Морицем Шретером только на керосине, объясняется просто – в его распоряжении не было сырой нефти. В то время в Германии легче было приобрести керосин, чем специально привозить из-за рубежа сырую нефть. Своей нефти Германия не имела.

Г. Ф. Депп прочитал одинаковые доклады о проведенной работе в апреле 1900 года на заседании «Императорского Русского технического общества», а также в «Собрании инженеров-технологов». Доклады были затем напечатаны в журналах «Записки Русского технического общества» (1901, № 1), а также «Вестнике Общества технологов» (1901, № 2, 3).

Перспективы использования изобретения Дизеля в России с ее дешевой нефтью и быстроразвивающейся нефтедобывающей промышленностью были блестяще оценены Э. Нобелем.

Таким образом, Нобель приобрел патенты Дизеля и права постройки этих машин, имея полную уверенность в том, что дизели могут надежно работать на русской сырой нефти. Работа же дизелей на керосине в России никакого интереса не представляла, так как для судов, перевозивших нефть, в качестве топлива должна была быть использована только сама нефть.

Тринклер утверждает, что Нобель, купивший чертежи и права на производство двигателей Дизеля *«...конечно, не купил бы этих прав, если бы не имел полной уверенности в том, что дизеля надежно могут работать на русской сырой нефти. Работа на керосине в России никакого интереса не представляла»* [29, стр. 36].

Таковы исторические данные по вопросу о работе дизеля на тяжелом топливе – русской и американской сырой нефти.

Сам Рудольф Дизель не только нисколько не исключал возможность работы своих двигателей на нефти, но был уверен в том, что двигатель может работать на разнообразных нефтяных топливах. На своем выступлении в Касселе летом 1897 года Рудольф Дизель доложил результаты испытания его двигателя только при работе на керосине. Позднее, в начале 1899 года, лично Дизелем был опубликован доклад о применяемых в дизелях топливах в журнале «Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure» (Летопись немецких инженеров) в № 2 от 14 января и № 5 от 4 февраля. В этом докладе Дизель сообщает, что его двигатель может работать на сортах нефти самого разнообразного фракционного состава. Но Аугсбургский

завод не располагал разными составами нефти и не мог проводить такие испытания; хотя по железной дороге можно было получить из России в бочках сколько угодно сырой нефти. Для немецкого же рынка публиковались испытания дизелей на керосине потому, что, как уже говорилось ранее, у Германии не было своей нефти, вернее, ее было микроскопически мало: нефть и керосин выписывались. Впрочем, в Германии дизели очень скоро начали работать на бурогольном смоляном масле (Braunkohlenteeröl) – это темно-желтая жидкость с очень едким запахом.

На заводе Нобеля был разработан и реализован ряд важных конструктивных усовершенствований, касающихся рабочего процесса и конструкции механической части двигателя, работающего на сырой отечественной нефти.

Самым важным усовершенствованием двигателя Дизеля явилось применение полностью автономного по рабочему процессу двухступенчатого компрессора для системы впрыскивания топлива. На двигателях, выпускавшихся европейскими заводами, тоже применялось двухступенчатое сжатие воздуха, но в качестве первой ступени использовался цилиндр самого двигателя, из которого на такте расширения отбиралась часть газа давлением около 10 бар и направлялась в компрессор. Вследствие того, что в газах неизбежно находилось какое-то количество несгоревшего топлива и сажи, воздух, поступавший из компрессора к форсунке, был загрязненным, что приводило к загрязнению каналов и распылителя форсунки. Это вызывало нарушение процесса впрыскивания топлива, ухудшало его распыливание и, в конце концов, приводило к остановке двигателя.

В двигателях производства завода Нобеля воздух для распыливания топлива поступал в компрессор из атмосферы, т. е. был чистым. Это обеспечивало стабильность работы системы топливоподачи, улучшало качество распыливания топлива и в конечном итоге обеспечивало более низкий расход топлива (сырой нефти): 221 г/эфф. л.с.ч вместо 243 г/эфф. л.с.ч керосина на двигателях европейских заводов.

Летом 1900 года на Всемирной выставке в Париже состоялся Конгресс по прикладной механике. На нем одновременно с Дизелем профессор Г. Ф. Депп сделал сообщение об опытах, проведенных им в 1899 году на заводе Нобеля в Петербурге над двигателем Дизеля. Здесь же Г. Ф. Депп 26 апреля 1900 года с гордостью зая-

вил: *«Русские инженеры показали свою техническую зрелость. Мы обеспечили двигателю Дизеля великое будущее».*

После этого сообщения дизелестроительные заводы всего мира стали переходить с керосинового топлива на нефтяное. Таким образом, с покупкой патента на двигатель Дизеля промышленником Э. Нобелем и с усовершенствованием его конструкции русскими инженерами двигатель Рудольфа Дизеля нашел особенно широкий рынок сбыта в России. Начавшаяся постройка дизелей в России дала огромный скачок развитию всего русского машиностроения и транспорта.

За три года (1900 – 1902) заводом «Л. Нобель» было построено 40 дизелей общей мощностью 1400 эфф. л. с. За весь первый доверенный период до 1914 года заводом Нобеля было выпущено:

1899 г. – 1 двигатель мощностью 20 эфф.л.с.;

1900 г. – 7 двигателей общей мощностью 190 эфф.л.с.;

1905 г. – 46 двигателей общей мощностью 2490 эфф.л.с.;

1910 г. – 54 двигателя общей мощностью 10270 эфф.л.с.;

1913 г. – 64 двигателя общей мощностью 11840 эфф.л.с.

Двигатели "Русского дизеля" были установлены на электростанциях Санкт-Петербурга, насосной станции петербургского водопровода. С их помощью освещался Торговый дом Елисеевых на Невском проспекте.

Это выдвинуло завод Нобеля в лидеры двигателестроения. Образец рекламы, характеризующий активность Нобеля в распространении двигателей, приведен на рис. 58.

На механическом заводе Нобеля были внедрены также и многие другие усовершенствования. Применена охлаждаемая рубашка цилиндра, отливаемая вместе с цилиндром, в который вставлялась гильза цилиндра. Позднее, в 1902 году, был разработан и изготовлен тронковый поршень, применяемый в подавляющем числе двигателей до настоящего времени.

Вскоре Нобель передал права постройки (сублицензии) этих двигателей ряду русских заводов: Коломенскому машиностроительному – в 1902 году, заводу Фельзера в Риге – в 1907 году (завод «Фельзер и К» был основан в 1874 году в Риге, в 1914 году переехал в Нижний Новгород, с 1922 года назывался «Двигатель Революции» в г. Горьком, с 1993 года ОАО «РУМО» в Нижнем Новгороде), Харьковскому паровозостроительному заводу (ныне завод

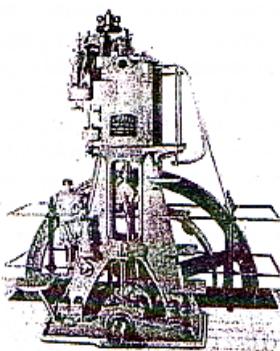
им. В. А. Малышева) – в 1911 году. Кроме того, дизели выпускались на нескольких других заводах, позже изменивших свой профиль: на заводе «Наваль» (г. Николаев) – с 1909 года, на Московском заводе Бромлея (завод «Красный пролетарий»), в Обществе Сормовских заводов (г. Нижний Новгород) – с 1911 года.

1870.  1897.

Людвиг Нобель.

Механический, Чугунно-Стале-Мѣдно-Литейный и котельный заводы.
С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Самый экономичный двигатель!



Уменьшает выхлоп! Уменьшает шум! Уменьшает расход топлива!

Меловой Двигатель Дизеля.

Двигатели Дизеля изготовляются во всехъ размѣровъ.
Двигатели работаютъ на сырой нефти.

Расходъ Нефти гарантируется не болѣе 0.8 фунта на действитель-
ную лошадиную силу въ часъ.

Затрата на топливо меньше чѣмъ въ какомъ-либо другомъ двигателѣ, и обхо-
дится отъ 0.2 до 0.8 коп. на силу въ часъ, смотря по мѣстной цѣнѣ нефти.

Двигатель постоянно готовъ къ действию, не требуя никакого разогреванія!

Рис. 58. Рекламный лист на двигатель Дизеля завода «Людвиг Нобель»

Российские предприятия, в отличие от многих европейских, аккуратно переводили изобретателю причитающиеся ему дивиденды. Как заявил один из русских промышленников, мы слишком щепетильные люди, чтобы действовать по примеру зарубежных конкурентов.

Россия стала первой в мире страной, наладившей серийное производство дизельных двигателей. Причем нескольких типов: стационарный, быстроходный, судовой, реверсивный. Россия опередила всех. Не случайно еще долгое время на всех континентах дизель-мотор будут называть «русским двигателем».

Россия стала и **родиной теплоходостроения**. В 1903 году Соромовский завод спустил на воду первый в мире дизель-электроход «Вандал» (рис. 59). Нефтеналивное судно было построено по заказу компании Нобеля.

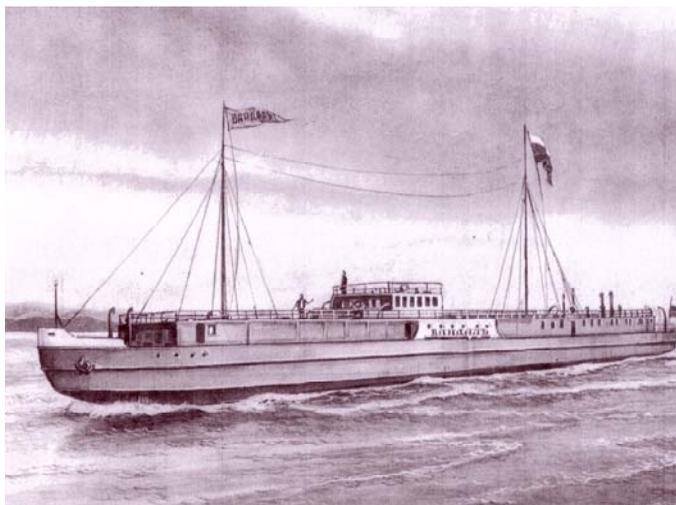


Рис. 59. Нефтеналивная баржа «Вандал»

Двигательная установка «Вандала» состояла из трех трехцилиндровых четырехтактных компрессорных дизельных двигателей шведской постройки (мощность по 120 эфф. л.с. каждый при 240 об/мин с диаметром цилиндра 290 мм и ходом поршня 430 мм) и электрической передачи. Двигатели были нереверсивными, но благодаря электрической передаче судно могло двигаться задним ходом, а также обладало высокой маневренностью, так как можно было плавно ре-

гулировать скорость судна. Электрическая передача состояла из трех электрогенераторов и трех электродвигателей, которые приводили в движение три гребных винта. Судно могло принимать 820 т груза и обеспечивало скорость 13 км/час. Корпус плоскодонный, машинное отделение располагалось посередине корпуса, танки для нефти размещались спереди и сзади от машинного отделения.

Судовая двигательная установка показала себя хорошо во время испытаний, но в первом же рейсе «Вандал» стал жертвой аварии. После ремонта судно проработало на Волге еще десять лет, после чего продолжило свою работу на реке Шексне. В 1941 году «Вандал» был передан Каспийскому морскому пароходству. В годы Великой Отечественной войны он получил название «Россия» и перевозил бакинскую нефть. Во время шторма «Вандал» затонул, был поднят, восстановлен и еще многие годы работал на Куре. По сведениям завода «Красное Сормово», в настоящее время «Вандал» сохранен как музей и стоит на Куре у городского причала азербайджанского города нефтяников Али-Байрамлы.

Таким образом, это был не только «теплоход», но и «электроход». **«Вандал» стал фактически первым в мире танкером-теплоходом и дизель-электроходом** (хотя само название «теплоход» появилось несколько позднее). По этому поводу в августе 1904 года в журнале «Русское судоходство» было опубликовано следующее сообщение о первом теплоходе: *«Товарищество братьев Нобель» выстроило в нынешнюю навигацию на своем заводе железное судно наподобие баржи ... на него были поставлены три машины ... Судно будет приводиться в движение двигателем совершенно нового образца, невиданного еще нигде, а в особенности на реке Волге ...».*

За границей первым аналогичным судном стала французская речная самоходная барка «Petit Pierre» (рис. 60) грузоподъемностью 265 тонн. Первым судовым двигателем Дизеля для судна был небольшой двигатель мощностью 25 эфф. л.с., построенный французским заводом Соттер-Гарле в 1903 году и снабженный механической сменной передачей от двигателя к гребному винту. Такая передача годилась только для малых двигателей. Для больших двигателей Дизеля большое препятствие к применению на судах представляла необходимость особого устройства для реверсирования двигателя при заднем ходе судна. Это реверсирование, легко достигаемое при паровых машинах с помощью кулис, долгое время не

могло быть осуществимо для двигателей Дизеля. Трудность устройства реверса в двигателе Дизеля состояла в том, что он сам по себе, как всякий двигатель внутреннего сгорания, не может быть пущен в ход вследствие того, что в нем нет силового резерва (каковой имеется в паровой установке и паровом котле). Трудность его пуска в ход усиливается еще вследствие высокого сжатия воздуха, применяемого в этих двигателях.



Рис. 60. Железная барка «Petit Pierre» с дизель-мотором

Однако громоздкость и тяжесть машинной установки электрохода «Вандала» побудила фирму «Людвиг Нобель» искать другие пути для использования дизелей на судах.

Второй теплоход – «Сармат» – постройки 1904 года (в Нижнем Новгороде) – двухвинтовое нефтеналивное судно грузоподъемностью 800 т, было оборудовано двумя четырехтактными четырехцилиндровыми дизелями (по 180 эфф. л.с. с диаметром цилиндра 320 мм и ходом поршня 420 мм при частоте вращения 240 об/мин), которые связаны с гребными винтами по системе, разработанной инженером завода «Л. Нобель» Ч.А. Дель-Пропосто.

Коммерческое использование этих теплоходов показало, что их энергетические установки являются значительно более экономичными, чем у пароходов. Так, «Сармат» в течение суток расходовал 1,15 тонн топлива (сырой нефти, солярового масла или мазута), в

то время как пароход аналогичных размеров и мощности сжигал 6,5 тонн угля. Эксплуатационные расходы так же заметно снижались за счет сокращения штатов машинной и кочегарной команд. Энергетическую установку «Сармата» обслуживали шесть человек: машинист, его помощник и четыре масленщика.

В 1907 году Коломенским заводом был построен колесный буксирный теплоход «Коломенский дизель» (впоследствии «Мысль», а затем «Поток Богатырь») мощностью 300 эфф. л.с., с реверсивной муфтой. **К этому судну и был впервые применен термин теплоход.**

В июле 1908 года на заводе «Л. Нобель» главным инженером Нордстремом впервые в мире была создана система реверса для 4-тактных дизелей. Дизель с системой реверса успешно прошел испытания под руководством профессора Н.А. Быкова. Два таких реверсивных трехцилиндровых дизеля (Рис. 61) мощностью по 120 э.л.с. при 400 об/мин конструкции Карла Вильгельма Хагелина, стоящих один за другим и работающих на один вал, были установлены на подводной лодке «Минога» в 1909 году. Это была первая в мире дизельная подводная лодка (рис. 62). В том же году проходила испытания и подводная лодка «Акула», имевшая трехвальную установку с дизелями завода «Л. Нобель» мощностью по 300 э.л.с. при 375 об/мин.

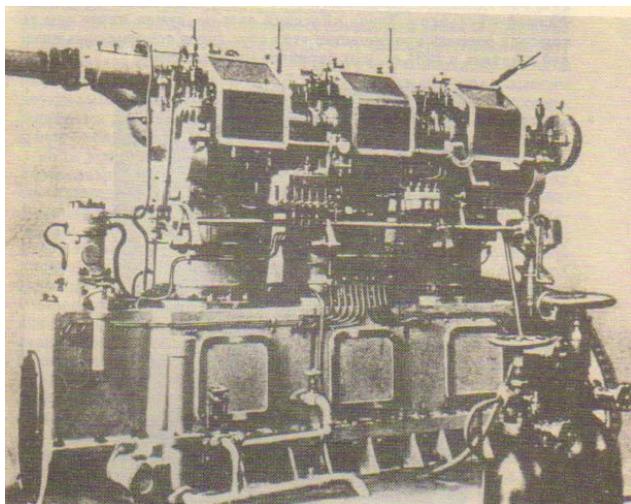


Рис. 61. Первый в мире дизель производства завода «Л. Нобель» (1909 г.), установленный на подводной лодке «Минога»

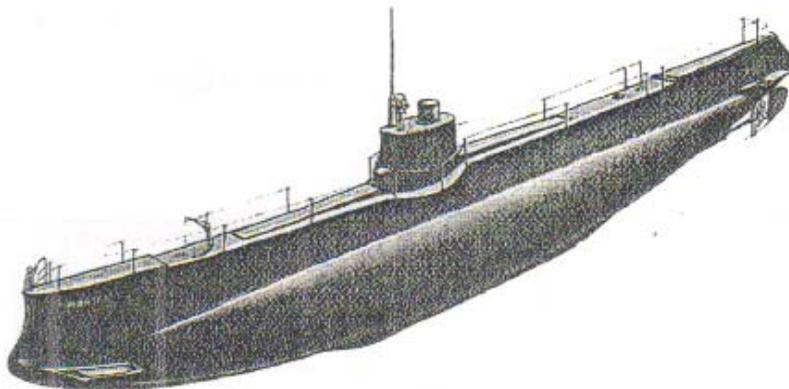


Рис. 62. Русская дизельная подводная лодка «Минога»

Судьба изобретения Рудольфа Дизеля отныне была неразрывно связана с Россией. И, по иронии судьбы, с Россией оказались связаны и его последние иллюзии.

В июле 1912 года Эммануил Нобель получил письмо, которое его обескуражило:

«Лично и доверительно.

Глубокоуважаемый г-н Нобель!

Я позволю себе обратиться к Вам с запросом, не распространяется ли устав Нобелевских премий на техническую сферу, например, на дизель-моторы. Если на этот вопрос может быть дан утвердительный ответ, то разрешите обратиться к Вам со смиренной просьбой сделать такую любезность и привлечь к дизель-мотору внимание одного из тех господ, которые будут выступать с предложениями о присуждении премий в указанной области...».

Дизель просил Эммануила Нобеля о невозможном. Конечно, его нефтяная компания делала основные перечисления в фонд Нобелевских премий. Деньги переводились из России в Швецию, согласно завещания Альфреда Нобеля, как пайщика семейных предприятий. Однако могущественный предприниматель не мог влиять на решения научного комитета. Нобель был растерян. Он не знал, что ответить Дизелю. Протекли несколько недель с того дня, как

письмо было отправлено, а ответа все не было. Для Дизеля это началось самое худшее.

Его положение было не просто тяжелым. Оно было катастрофическим. Да, в последние годы он много тратил. Возможно, даже чересчур много. Построил дворец в Мюнхене, обошедшийся в 900 тысяч марок. Окружил себя роскошью. Вязывался в сомнительные проекты: покупал нефтяные участки в Баварии, где, как оказалось, почти не было нефти, широко и необдуманно спекулировал акциями, вбухивал деньги в католические лотереи. Он проявил себя не лучшим коммерсантом, и вот результат – его имущество идет с молотка. На банковском счету остались гроши.

Но Дизель был уверен, что если он получит Нобелевскую премию или хотя бы будет выдвинут на ее соискание, успех вернется. Он все еще чувствовал себя избранным.

Ответ от Нобеля пришел через месяц. Это был отказ, вежливый и с внятными объяснениями. *«Я хотел бы горячо заверить Вас в своем искреннем уважении, но, увы, не в состоянии повлиять...»*.

Кажется, он даже не дочитал до конца. Он сел за стол, чтобы написать завещание.

Узнав об исчезновении Дизеля, Эммануил Нобель был потрясен. Чувствуя за собой вину, он протянул руку помощи семье Дизеля, обеспечив его младшего сына пособием до окончания им образования. Помощь была принята, но Евгений Дизель так и смог простить Нобелю его вежливый отказ. Впоследствии он написал в мемуарах, что если бы кто-нибудь из крупных промышленников – Эммануил Нобель в России или Адольфус Буш в Америке – предоставил отцу хотя бы полмиллиона марок, тот бы снова разбогател.

Но усовершенствование двигателя Дизеля и его широкое использование в российской промышленности не являются единственным достижением русских инженеров.

России принадлежит приоритет и в создании первого бескомпрессорного дизельного двигателя Густавом Васильевичем Тринклером.

У двигателей с распыливанием топлива сжатым воздухом с самого начала выявились присущие им недостатки – относительно большой удельный расход топлива и наличие громоздкого компрессора. Поэтому попытки создания бескомпрессорного двигателя начались давно – почти что с началом производства компрессорных дизель-моторов.



Рис. 63. Густав Васильевич
Тринклер

Густав Васильевич Тринклер (1876 – 1957) с 1897 года начинает разрабатывать проект нового теплового двигателя, работающего на жидком углеводородном топливе с воспламенением от сжатия. Летом 1898 года при переходе на 5-й курс института он уже завершил работу над проектом своего двигателя и по рекомендации профессора П. В. Кутурницкого принимается директором Путиловского завода (ныне Кировского) в конструкторское бюро для того, чтобы реализовать этот проект на практике, в заводских условиях. Здесь молодым Тринклером и был окончательно сконструирован и изготовлен первый нефтяной бескомпрессорный двигатель высокого давления с воспламенением от сжатия мощностью 10 л. с. В 1899 году с отличием и занесением на Мраморную доску он окончил Петербургский технологический институт, а с осени 1899 года по осень 1900-го Г. В. Тринклер отбывает воинскую

повинность в гвардейском Измайловском полку, совмещая военную службу с проведением испытаний построенного им двигателя во внеслужебное время.

В 1902 году Г. В. Тринклер по требованию Эммануила Нобеля вынужден прекратить свои опыты по созданию бескомпрессорного двигателя и уезжает строить свои двигатели на завод «Братья Кертинг» в Ганновере (Германия), где и работает до середины 1907 года главным конструктором. Здесь создается промышленный образец бескомпрессорного двигателя, названный позднее «Тринклер-мотором».

Первую патентную заявку на нефтяной двигатель с воспламенением от сжатия Г. В. Тринклер подал 7 января 1897 года, но патента не получил из-за отмеченного внешнего сходства с некоторыми существующими системами двигателей внутреннего сгорания. Тем не менее, в 1897 году на Путиловском заводе при содействии директора завода Н. И. Данилевского начались работы над созданием двигателя с воспламенением от сжатия конструкции Г. В. Тринклера.

Двигатель конструкции Тринклера принципиально отличался от двигателя Дизеля тем, что хотя топливо здесь тоже самовоспламенялось в результате высокого сжатия заряда воздуха в цилиндре, но распыливалось и вводилось в камеру сгорания оно не с помощью воздуха, сжимаемого в компрессоре, а с помощью воздуха,

выходящего из особого устройства – поршенька, размещавшегося в крышке цилиндра и приводившегося в действие от кулачной шайбы, установленной на распределительном валу. Сжатый в цилиндре воздух попадал в рабочую полость этого поршенька, где дожимался и обеспечивал распыливание и подачу в камеру сгорания топлива через воздушную форсунку, в которую топливо поступало самоотеком. Кроме того, обычную для того времени «закрытую» форсунку Тринклер заменил форсункой «открытого» типа. Важной особенностью двигателя Тринклера при этом явилось то, что надежно предотвращалось преждевременное воспламенение топлива в цилиндре благодаря тому, что подавалось оно в камеру сгорания в конце такта сжатия воздуха. В двигателе Дизеля это происходило на большей части хода сжатия.

При такой конструкции двигатель уже не нуждался, как двигатель Дизеля, в дополнительном компрессорном цилиндре или компрессорном агрегате, которые приводились в действие от самого двигателя и отбирали от 6 до 10% вырабатываемой им мощности.

Двигатель был построен в течении 1902 года, опыты начались в конце января 1903 года. Его проектная мощность была легко достигнута, а расход топлива был доведен до 221 г/эфф. л. с. час. Испытания двигателя провел известный берлинский теплотехник, профессор Евгений Мейер, который испытал двигатель при помощи тормоза Прони в течение двух дней – 7 и 8 октября 1904 года по 9 – 10 часов в день; 9 октября он произвел полный осмотр разобранной машины и уехал, взяв с собой для проверки индикатор, которым снимались диаграммы во время работы.

В начале 1905 года фирма «Братья Кёртинг» приступила к выпуску двигателей на рынок. Постепенно были разработаны и начали строиться двигатели с размерами и мощностью, приведенными в табл. 6.

Таблица 6.

Типы «Тринклер-моторов», выпускаемых фирмой «Братья Кёртинг»

Параметры	Марка двигателя						
	NT-19	NT-21	NT-24	NT-25	NT-29	NT-30	NT-32
Номинальная мощность, эфф.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

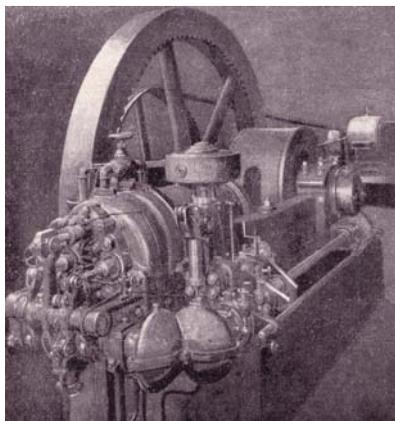
В «Тринклер-моторе» впервые был осуществлен рабочий цикл смешанного сгорания, с подводом теплоты вначале по почти изохорному и далее по близкому к изобарному процессам и осуществлен принцип бескомпрессорной подачи топлива в цилиндр двигателя.

Говоря о деятельности Г.В. Тринклера по созданию бескомпрессорного дизельного двигателя, можно привести любопытное высказывание немецкого профессора теплотехники Витца, приведенное в книге «История теплотехники» [22, стр. 309] члена Академии Наук СССР, профессора А. А. Радцига: *«История попыток Тринклера добиться поддержки русских промышленников для осуществления своей идеи чрезвычайно поучительна для характеристики экономической и промышленной отсталости дореволюционной России. Если бы эта поддержка была оказана (в размере, несравненно меньшем, чем это сделали немецкие промышленники для Дизеля), то весьма вероятно, что из двигателя Тринклера выработался бы раньше, чем за границей, тип бескомпрессорного дизеля».*

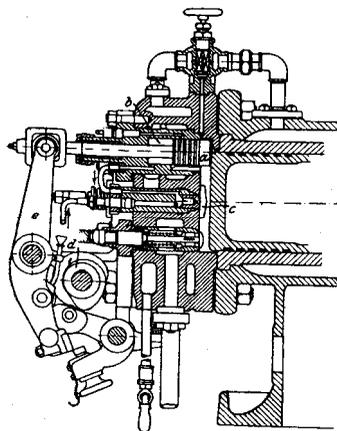
В конечном итоге, кроме замечательного изобретения Густава Тринклера, со времени продажи патента Дизелем и по настоящее время, отечественная наука не внесла в конструкцию дизеля ни единого радикального улучшения, позволившего довести дизель до того уровня, который он имеет сегодня.

Однако недостаточно надежная работа топливной аппаратуры первых бескомпрессорных двигателей вынуждала продолжать выпуск в больших масштабах компрессорных дизелей для использования их в качестве главных судовых двигателей. Выпуск компрессорных дизелей Рудольфа Дизеля окончательно прекратился лишь в 1935 г.

Все бескомпрессорные двигатели постройки тех лет имели незначительную мощность (не выше 20 – 30 л.с.) и на судах могли использоваться лишь в качестве вспомогательных двигателей. Только в 1915 – 1916 годах в Германии и Англии начали выпускать бескомпрессорные двигатели, пригодные для использования в качестве главных судовых. Первый бескомпрессорный судовой двигатель был построен заводом Веккерса в Германии в 1914 году. В нем топливо подвергалось сжатию до высокого давления и затем вводилось в цилиндр. В дальнейшем в бескомпрессорных двигателях Дизеля стало применяться или непосредственное распыливание горючего – высоким давлением, созданием воздушных вихрей и длинных струй, или распыливание с помощью добавочной камеры.



а



б

Рис. 64. Общий вид бескомпрессорного двигателя Тринклера (а) и устройство головки цилиндра (б)

В России, первой осуществившей работу двигателя по бескомпрессорному принципу, начало строительства бескомпрессорных двигателей относится к 1926 году. Разработкой бескомпрессорных двигателей занимались заводы «Русский Дизель» (бывший завод «Людвиг Нобель») в Ленинграде и «Двигатель революции» (бывший завод «Фельдзер и К^о») в Горьком. Причем первый опытный образец двигателя был испытан на заводе «Русский Дизель», а первый промышленный образец был выпущен на заводе «Двигатель революции».

В 1926 году на заводе «Двигатель революции» создается первый после двигателя Г.В. Тринклера отечественный серийно выпускаемый бескомпрессорный двигатель марки БК-38 (рис. 65), разработанный под руководством главного конструктора завода О. Н. Штеблера.

Отто Николаевич Штеблер в 1905 году получил образование инженера-механика, 5 лет работал инженером в Германии, 13 лет возглавлял конструкторское бюро завода «Красное Сормово» в Нижнем Новгороде, работал на ленинградском заводе «Русский дизель», а потом продолжил работу на заводе «Двигатель революции». Из перечисленного можно предположить, что производственная и практическая деятельность Штеблера и Тринклера могли пересекаться и Отто Николаевич вполне мог быть хорошо знаком с работами Густава Васильевича Тринклера по созданию бескомпрессорного дизеля.

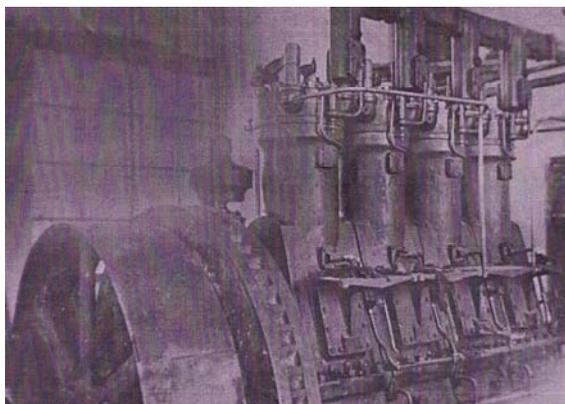


Рис. 65. Бескомпрессорный двигатель 4БК-38 производства завода «Двигатель революции» (1926 год)

Двигатель Штеблера начал серийно выпускаться в 1926 году в одно-, двух-, трех- и четырехцилиндровом вертикальном исполнении. При 300 об/мин он развивал мощность от 35 до 140 л.с. Удельный вес этих машин был меньше по сравнению с ранее выпускавшимися дизелями на 30 – 40%. Выпуск двигателей осуществлялся на уровне зарубежных машин аналогичного класса. Это был первый отечественный двигатель со сварной конструкцией остова. Он не только не уступал зарубежным аналогам, но по простоте эксплуатации, надежности, весу и минимальному расходу цветных металлов превосходил их. В те годы завод «Двигатель революции» был единственным в стране дизельным заводом, выпускавшим машины собственной конструкции, без лицензий иностранных фирм, без применения импортных материалов и деталей. В 1934 году завод «Двигатель революции» полностью завершил производство компрессорных двигателей и перешел на выпуск бескомпрессорных.

На заводе «Русский Дизель» работы по бескомпрессорному двигателю начали производиться в 1925 году. С целью освоения бескомпрессорного дизеля для одноцилиндрового отсека, изготовленного на заводе еще в 1914 году, В.А. Ваншейдт разработал и запатентовал две оригинальные конструкции насосов–форсунок. 21 февраля 1925 года комиссией, в которую входили известные теплотехники профессора А.А. Радциг, Д.Н. Дьяков и Б.Г. Харитонович, было установлено, что механическое распыливание топлива спо-

собствовало увеличению мощности (35 л.с.) на 15%. Это была первая в СССР попытка организации рабочего цикла бескомпрессорного двигателя. Однако в 1925 году до производства двигателя дело не дошло.

После этого в 1926 году был подготовлен к серийному выпуску двухтактный одноцилиндровый бескомпрессорный дизель, развивающий мощность 50 л.с. при 300 об/мин, который прошел официальные испытания лишь в 1927 году. В этот период задача состояла в том, чтобы не разрабатывать вновь двигатель, а приспособить уже выпускаемые на заводах компрессорные двигатели Дизеля к механическому бескомпрессорному распыливанию топлива.

Этот одноцилиндровый двигатель послужил базой для создания в 1927 году двух- и трехцилиндровых бескомпрессорных вспомогательных двухтактных двигателей для танкеров и пассажирских теплоходов. Двигатель создавался под руководством главного конструктора Всеволода Александровича Ваншейдта.



Рис. 66. Всеволод Александрович Ваншейдт

В 1929 году ему было предложено преподавать на кораблестроительном факультете Ленинградского политехнического института, где он организовал и возглавил кафедру «Двигателей внутреннего сгорания», а через год был утвержден в ученом звании профессора.

Всеволод Александрович Ваншейдт (1890 – 1982). Закончив гимназию, он в 1908 году поступил в Санкт-Петербургский Технологический институт, а в 1914-м получил квалификацию инженера-технолога. В том же году он поступил на завод «Русский дизель» в качестве помощника, а позже – заведующего сборочным цехом и испытательной станцией. К этому времени относятся его первые опыты по исследованию процесса газообмена в двухтактном быстроходном двигателе.

В период 1920 – 1923 годов он начал педагогическую деятельность в электротехникуме им. В.И. Ленина и Государственном институте опытной агрохимии. В 1923 году В.А. Ваншейдт был приглашен на должность главного конструктора по судовым дизелям завода «Русский дизель», где он занимался проектированием и внедрением в производство компрессорных и бескомпрессорных судовых дизельных двигателей для морского и речного

В 1938 году В. А. Ваншейдт завершил свою практическую работу на заводе и все силы направил на педагогическую деятельность в ЛКИ. В 1941 году он защитил докторскую диссертацию. В последующие годы к этой основной работе добавилось заведование кафедрой ДВС в Военно-морской академии им. А. Н. Крылова. Главным направлением его деятельности явились совершенствование рабочего процесса с механическим распыливанием и повышение технико-экономических показателей судовых дизелей. Второе направление, в дальнейшем развитое его учениками – профессором П. А. Истоминым и доцентом В. К. Румбом (впоследствии – к.т.н., заведующий кафедрой судовых ДВС и дизельных установок Санкт-Петербургского государственного морского технического университета.), охватывало исследования динамики, напряженно-деформированного состояния, а также колебания деталей судовых дизелей и валопроводов. Ваншейдтом было подготовлено множество учеников и последователей, был создан уникальный справочник «Дизели», написано множество трудов, посвященных работе двух- и четырехтактных двигателей внутреннего сгорания. В 1961 году ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», он был награжден шестью медалями, а его имя занесено в Книгу почета ЛКИ.

Двигатель работал по смешанному циклу подвода теплоты, т. е. часть топлива сгорала при постоянном объеме, а остальная – при постоянном давлении. Поперечный и продольный разрезы двигателя показаны на рис. 67.

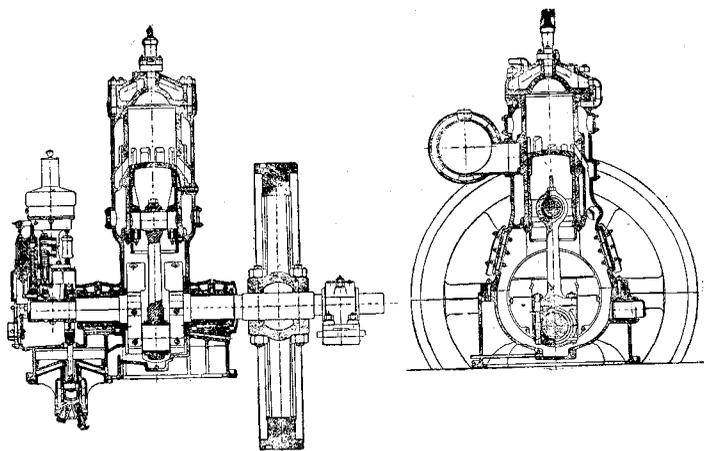


Рис. 67. Продольный и поперечный разрезы бескомпрессорного двухтактного двигателя производства завода «Русский дизель»

Рабочий процесс двигателя протекал следующим образом. При ходе рабочего поршня вверх атмосферный воздух засасывался в кривошипную камеру через автоматические пластинчатые клапаны, расположенные по шести в каждой крышке люков кривошипной камеры. Этот же воздух через канал поступал и в цилиндр добавочного продувочного насоса. При этом ходе поршня воздух сжимался в рабочем цилиндре до давления примерно 28 ата.

При ходе поршня вниз всасывающие автоматические клапаны камеры закрывались и воздух одновременно начинал сжиматься в кривошипной камере и в цилиндре добавочного насоса, а после открытия верхней кромкой поршня продувочных окон начинали поступать в цилиндр для продувки и зарядки его.

Испытания двигателя проходили 6 января 1927 года в присутствии профессоров Н. А. Быкова и А. А. Радцига.

Но вернемся в 1910 год, когда Дизель реально смог высоко оценить работу русских конструкторов.

В 1910 году Дизель был приглашен профессором Г. Ф. Деппом в Россию для участия в работе Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания, проходившего в рамках работы Императорского русского технического общества. Здесь он реально увидел те достижения, которые выполнили русские инженеры: работающие на электростанциях Дизель-моторы, суда с дизельными двигателями, электрическое освещение в Санкт-Петербурге от дизельных электростанций.

О причинах организации такого съезда в России было сказано в сообщении секретаря бюро съезда Владислава Войцеховича Средницкого, инженера фабрики Ясюнинского Владимирской губернии [31, стр. 14]. В сообщении говорилось: *«Мысль об особом для русской промышленности значении двигателей внутреннего сгорания, высокая степень развития этой отрасли машиностроения и широкое применение их у нас ... – все эти соображения вызвали идею о проведении Съезда».*

В работе съезда приняли участие 194 человека. Среди них были виднейшие русские и иностранные специалисты в области ДВС. На съезде присутствовали:

Депп Георгий Филиппович (1854 – 1921) – профессор теплотехники Санкт-Петербургского технологического института, Председатель Бюро Съезда.

Нобель Эммануил Людвигович (1859 – 1932) – сын Людвиг Нобеля и племянник Альфреда Нобеля, представитель третьего поколения династии Нобелей,

основоположник российского дизелестроения, создатель первого теплохода и дизельного двигателя для первой подводной лодки, крупный российский нефтепромышленник, владелец завода «Л. Нобель». После смерти всех четырех братьев он управлял огромной промышленно-финансовой корпорацией, созданной Нобелями за полстолетия. После смерти Альфреда Нобеля Эммануил стал основным наследником его состояния. Однако, завещание Альфреда Нобеля не было должным образом оформлено и только от решения Эммануила зависело признание или непризнание завещания о передаче всего его огромного состояния в фонд международной научной премии. Завещание гласило: «Все мое движимое и недвижимое имущество должно быть обращено моими душеприказчиками в ликвидные ценности, а собранный таким образом капитал помещен в надежный банк. Эти средства должны принадлежать фонду, который ежегодно будет вручать доходы от них в виде премий тем, кто за прошедший год внес наиболее существенный вклад в науку, литературу или дело мира и чья деятельность принесла наибольшую пользу человечеству». Стоимость имущества Нобеля оценивалась примерно в шестьдесят два миллиона фунтов стерлингов. Оспорить завещание пытались многие наследники, обращавшиеся с этим спорным вопросом к королю Швеции, но Эммануил Нобель был непреклонен. «Я восхищен благородным поступком своего дяди. Вся его доля в товариществе («Товарищество Бранобель» – прим. авт.) будет перечислена в фонд Нобелевской премии по мере возможности», – заявил он душеприказчикам. В России был награжден орденами Св. Анны, Св. Владимира, Св. Станислава I степени. В 1909 году по указу Николая II за исключительные пожертвования в пользу науки и образования был присвоен чин действительного статского советника, «генеральский» чин, который давал право на наследственное дворянство его потомкам. В 1918 году Эммануил Нобель, чудом спасшийся от революционных событий в России, продал Бакинские нефтепромыслы Рокфеллеру (Standard Oil of New Jersey) и, покинув Россию в 1921 году вместе с семьей, перебрался в Швецию, полностью отойдя от всех дел.

Боклевский Константин Петрович (1862 – 1928) – российский инженер-кораблестроитель. В 1898 предложил применять нефтяные двигатели внутреннего сгорания на судах. Внес вклад в развитие теплоходостроения, предложив в 1903 году проект теплохода с нефтяным двигателем внутреннего сгорания. Профессор Санкт-Петербургского политехнического института и Военно-морской академии, генерал-майор Корпуса корабельных инженеров. Организатор и декан первого в России кораблестроительного факультета Санкт-Петербургского политехнического института. Создал при институте первую в России высшую авиационную школу (воздухоплавательные курсы, на базе которых впоследствии был образован авиационный факультет), устроил аэродинамический



Боклевский Константин Петрович (факультет), устроил аэродинамический

скую лабораторию и лабораторию авиадвигателей. Главный инспектор заводов морского ведомства, председатель Технического совета Регистра СССР.



Гриневецкий Василий Игнатьевич

тактного двигателя внутреннего сгорания двойного сжатия и расширения, предназначенного для тепловоза (1906 г.). При испытаниях на Путиловском заводе в Санкт-Петербурге двигатель дал положительные результаты. Над реализацией этого двигателя в 1907 – 1911 годах работали способные инженеры, выпускники ИМТУ Брилинг Н. Р. и Мазинг Е. К. Гриневецкий правильно оценил значение тепловозной тяги для железных дорог и намечил пути конструирования тепловозов. Великую Октябрьскую социалистическую революцию встретил враждебно. В 1919 г. в книге «Послевоенные перспективы русской промышленности» пытался доказать, что восстановление и развитие отечественной промышленности невозможно без реставрации капиталистического строя и без привлечения иностранного капитала.



Брилинг Николай Романович

Гриневецкий Василий Игнатьевич (1871-1919) – профессор Императорского Московского Технического Училища, выдающийся русский теплотехник. Ввел в теплотехнику подробное изучение действительных рабочих процессов, происходящих в паровых машинах и двигателях внутреннего сгорания. В 1907 г. в труде «Тепловой расчет рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания» Гриневецкий изложил основы теории двигателей и впервые предложил метод теплового расчета двигателя внутреннего сгорания, до сих пор лежащий в основе проектирования и анализа рабочих процессов этих двигателей. Автор двух-

Брилинг Николай Романович (1876 – 1961) – русский – советский ученый в области автомобилестроения, двигателей внутреннего сгорания и теплотехники. Будучи студентом Императорского Московского технического училища (в последствие МВТУ), Брилинг дважды подвергался аресту и высылке за распространение ленинской "Искры". В 1907 защитил докторскую диссертацию "Потери в лопатках паротурбинного колеса", в которой впервые были освещены все факторы, определяющие КПД паротурбинного колеса. С 1908 преподавал в МВТУ, где в 1915 году по его инициативе было положено начало подготовке специалистов по транспортным дви-

гателям. В советское время им были разработаны формулы для подсчета теплопередачи и система теплового расчета двигателя внутреннего сгорания, описал основные тепловые процессы, определяющие энергетические и экономические показатели быстроходных транспортных дизелей, дал теоретическое обоснование создания двигателей высокой экономичности и высокой литровой мощности. Брилинг сконструировал ряд оригинальных автомобильных и авиационных двигателей, первый советский малолитражный автомобиль НАМИ-1, аэросани. Среди работ наиболее известны курс "Двигатели внутреннего сгорания" и "Исследование рабочего процесса и теплопередачи в двигателе Дизель". Член-корреспондент АН СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Мазинг Евгений Карлович (1880 – 1944) – русский – советский ученый, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, выпускник Императорского Московского технического училища. Развивая идеи своего учителя Гриневецкого, разработал методику теплового расчета двигателей внутреннего сгорания, исследовал вопросы генерирования газа и его использования в двигателях. Труды Мазинга по вопросам сгорания твердого и жидкого топлива нашли применение при проектировании двигателей внутреннего сгорания, с 1920 г. профессор, заведовал кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» в МВТУ. В 1930 году был репрессирован по делу «Промпартии».



Мазинг Евгений Карлович

Дель-Пропосто Чезидно Анжелович – инженер завода «Людвиг Нобель», разработчик оригинальной системы реверсирования судовых двигателей для нефтеналивной баржи «Сармат».

Зейлигер Мирон Павлович – инженер-теплотехник завода «Людвиг Нобель». Сведений о работах Зейлигера в России очень мало, так же как и сведений о нем самом. После революции он эмигрировал в Германию, где издал основные свои труды по расчету рабочего процесса быстроходных двигателей. Основные труды посвящены сравнению тепловых циклов смешанного сгорания Тринклера и изобарного цикла Дизеля.

Тринклер Густав Васильевич (1876 – 1957) – инженер-техник по тепловым двигателям Сормовского завода (Сормово, Нижегородская губерния).

Данилевский Николай Иванович – член совета машиностроительного завода Гартмана. До 1902 года был директором Путиловского завода в Санкт-Петербурге (ныне Кировский завод). При его содействии на заводе создавался первый бескомпрессорный дизельный двигатель с воспламенением от сжатия конструкции Тринклера Г.В.

Мамины Яков Васильевич и Иван Васильевич – Завод Нефтяных Двигателей (с. Балаково, Самарская губерния, Николаевский уезд) – изобретатели и строители калоризаторных нефтяных двигателей, получивших название «Русский Дизель» (1906 год).

В 1899 году на восточной окраине Балаково открылся Чугунно-литейный механический завод братьев Я. и И. Маминых. С 1901 г. Мамины вплотную стали заниматься двигателями внутреннего сгорания – бескомпрессорным мотором с высоким сжатием, и уже в 1903 году создается первый двигатель конструкции Якова и Ивана Маминых. Он успешно проходит заводские испытания, и вывеска была заменена на новую – «Специальный завод нефтяных двигателей бр. Я. и И. Маминых с. Балаково на Волге». Сначала на его основе завод Маминых выпускал локомобили. В 1904 году братья подали заявку на первое изобретение, а в 1906 году получили привилегию и патент №14061 на русский нефтяной двигатель под названием "Русский Дизель". В конце 1912 г. Я.Мамин изготовил опытные образцы двух "Русских тракторов" — малого и большого, экономично работавших на сырой нефти. Специалисты сразу дали тракторам Мамина самую высокую оценку. Балаковский завод оказался первенцем русского тракторостроения. Балаковские двигатели экспонировались как на российский рынок, так и на международных торговых и промышленных выставках. В итоге 6 серебряных медалей, высшие награды и Гран-при за «изящество конструкции».

Яков Васильевич Мамин (1873 – 1955), механик, изобретатель в области дизелестроения и тракторостроения, создатель двигателя “Русский дизель” (калоризаторный нефтяной двигатель) в 1906 г. и трактора “Русский трактор” в 1910 г.. Родился в крестьянской семье. Окончив приходскую школу, поступил в ученики к кустарю-лудильщику, затем в мастерскую Ф. А. Блинова – изобретателя первого русского гусеничного трактора с паровым двигателем. Изобрел 2-лемешный плуг (малая серебряная медаль на выставке в Саратове, 1893), пожарный насос (медаль и премия 300 руб. на выставке в г. Пензе). Открыл свою мастерскую. Усовершенствовал паровой двигатель трактора Блинова, Я. В. Мамин стал изобретателем двигателя высокого сжатия, работающего на нефти, “Русский дизель”, на базе которого им же был создан колесный трактор “Карлик” (1910), известный затем как “Русский трактор”. В 1915 создал новый трактор “Гном” (в 1917 пошел в производство). На заводе “Возрождение” Я. Мамин приступил к серийному выпуску тракторов и двигателей. В 1921 испытывал электроплуг с меньшим весом на полях Тимирязевской академии. В 1924 успешно прошли испытания трактора “Карлик” (построенного на заводе “Возрождение” в г. Маркштадте) на опытных полях с.-х.

академии им. К. А. Тимирязева. Проф. В. П. Горячкин одобрил изобретение как простейший тип с.-х. трактора. Однако, распространилось партийное мнение, будто компактные и легкие трактора Мамин создает для классово враждебных кулацких хозяйств, поэтому не все его тракторы нашли достойное применение, и в частности, 8-сильного «Карлик». В 1937 Я.В. Мамин приехал в Челябинск, работал в институте механизации с.-х. (ЧИМЭСХ) науч. сотрудником. Я. Мамин продолжал совершенствовать 2-тактный газовый двигатель марки ЧИМЭСХ, работающий на разных видах топлива, в т. ч. и на соломе. Создал модель газогенератора, также работающего на соломе (1939), изобрел работомер для механич. учета и контроля работы трактора. Я. В. Мамин был награжден орденом Трудового Красного Знамени (1954), медалью “За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.”, золотой и бронзовой медалями ВСХВ (1955).

Иван Васильевич Мамин (1876 – 1938 гг.; умер в заключении как «враг народа»), изобретатель двигателя “Русский дизель”, долгие годы Советской власти оставался в тени, а если и вспоминали о нем, то только в негативном аспекте. На самом деле И.В.Мамин не менее яркая личность, чем его известный брат, изобретатель колесного трактора Яков Мамин. А молчание о нем объяснялось страхом говорить правду о «враге народа». В 1911 году, И.Мамина избирают в старосты. Несмотря на трудности военного времени, И.Мамин субсидирует женскую начальную школу для девочек из бедных семей (обучение было бесплатным), вкладывает деньги в больничную кассу завода (рабочие и их семьи пользовались бесплатным медицинским обслуживанием). События 1917 года прервали успешную деятельность И.Мамина на общественном поприще. В новую власть он не верил. После 4 марта 1918 года, названного советскими историками эсеровским мятежом, Иван Васильевич уезжает из города в надежде вернуться, но в 1936 году по доносу был арестован и выслан в административный поселок Дудинка Красноярского края. К моменту ареста ему было около 60 лет. В 1938 году последовал повторный арест, после которого Иван Васильевич получает по приговору «тройки» десять лет лагерей без права переписки. Больше никаких сведений о нем семья не получала. Постановлением Президиума московского суда 1986 года И.В.Мамин реабилитирован посмертно за отсутствием состава преступления.

Из иностранных специалистов съезда (девять человек) помимо Р. Дизеля следует отметить профессора Г. Юнкерса и инженера К. Винанда (завод «Отто – Дейтц»).

За время проведения членами Съезда были совершены экскурсии на объекты, на которых выпускались или которые были оснащены двигателями внутреннего сгорания: завод Общества Лесснера, завод «Людвиг Нобель», моторное судно «Болиндер», Санкт-Петербургский политехнический институт, 1-е Российское товарищество Воздухоплавания, электрическая станция Санкт-Петербургского Общества электрических сооружений, Санкт-Петербургская городская водопроводная станция.

По завершении работы был выпущен сборник с материалами съезда (рис. 69).

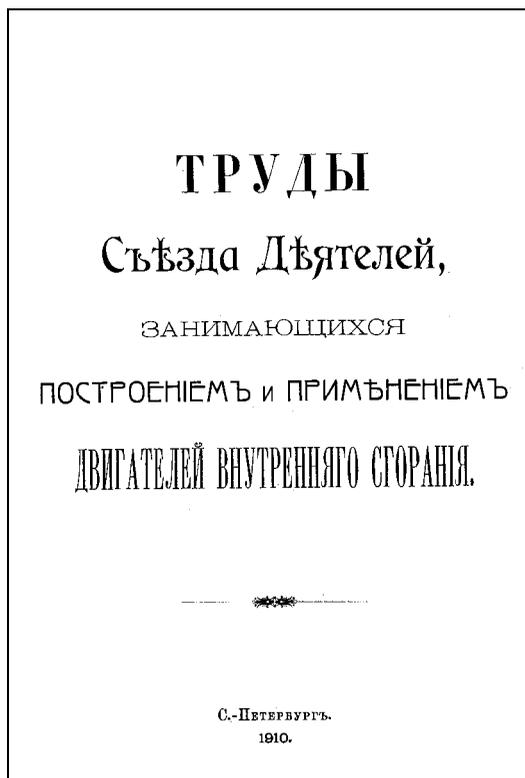


Рис. 69. Титульный лист издания Трудов съезда

Среди прозвучавших на съезде докладов, наиболее интересными с точки зрения развития дизелестроения в России, следует отметить следующие:

– доклад Филиппова Дмитрия Дмитриевича, инженера электромеханика (Санкт-Петербург), прочитанный 9 мая на тему «Возникновение, развитие и ближайшие задачи применения двигателей внутреннего сгорания для торгового и военного флота России»;

– доклад Тринклера Густава Васильевича, инженера (Сормовский завод), прочитанный 10 мая на тему «Проблема Дизеля и различные попытки ее разрешить»;

– доклад Зейлигера Мирона Павловича, инженера-технолога (Санкт-Петербург), прочитанный 13 мая на тему «Термодинамическое исследование быстроходных двигателей Дизеля»;

– доклад Рудольфа Дизеля («Машиненфабрик Аугсбург-Нюрнберг», Германия), прочитанный 14 мая на тему «О развитии двигателей Дизеля».

Все выступления (на съезде было заслушано 17 докладов) в основном касались вопросов строительства и эксплуатации двигателей Дизеля. Это направление деятельности съезда было практически сразу определена речью г-на Лаврова Н.С. на открытии съезда [31, стр. 13 – 14]. В своей вступительной речи он сказал:

«... самым замечательным, приковавшим внимание всех в области двигателей внутреннего сгорания, должен считаться двигатель Дизеля.

Изобретатель этого двигателя мюнхенский инженер Дизель предлагал создать двигатель, работающий не только на жидком топливе, но и на твердом. Но применение угольной пыли практически оказалось невозможным, так как засаривало цилиндры смесью золы с густой массой смазочных масел.

Собственно, полной победы над паровой машиной и остальными двигателями внутреннего сгорания Дизель не добился. Ему не удалось достичь того, чтобы процесс был изотермичен. Изобретатель стремился достигнуть в своем двигателе идеальных условий работы известного цикла Карно.

Основных условий цикла Карно сам Дизель не надеялся добиться и справедливо видел трудности довести сжатие до 250 атмосфер, которые являются необходимым условием изотермического процесса.

В конце концов, Дизелю удалось достигнуть удовлетворительной работы двигателя не на угольной пыли, не на газе, а сначала на керосине при сжатии воздуха до 45 атмосфер.

Признавая всю важность достигнутых инженером Дизелем результатов, мы должны констатировать, что, к сожалению, широта распространения этого, весьма полезного изобретения не коснулась еще широкого поля мелкого и сельскохозяйственного промысла. Может быть, к этому желательному результату мы и придем; я бы сказал, что мы, может быть, накануне этого.

До сих пор, однако, двигатель Дизеля завоевывает себе все большее и большее применение, так как на речные и морские суда большой грузоподъемности ставятся двигатели Дизеля, и есть проекты постановки их на военные суда, которые могли бы, обогнув весь земной шар, ни разу не принять на борт топлива, кроме сделанного раз запаса».

Что же особенного отмечалось в этих докладах?

В докладе М.П. Зейлигера «Термодинамическое исследование быстроходных двигателей Дизеля» были приведены:

– теоретические доказательства того, что двигатель Дизеля работает по смешанному циклу подвода теплоты, и вывод формулы расчета термического КПД смешанного цикла;

– данные по выпуску двигателей Дизеля в России (переделанные для использования в качестве топлива сырой нефти): за годы, когда заводом «Людвиг Нобель» были приобретены права на постройку двигателей Дизеля и когда в дальнейшем эти права переданы им на другие заводы.

В докладе Д. Д. Филиппова «Возникновение, развитие и ближайшие задачи применения двигателей внутреннего сгорания для торгового и военного флота России» было рассмотрено состояние российского флота, пути развития кинематических схем передачи крутящего момента на движитель судна, оценена применимость колесных и винтовых конструкций для судов торгового и военного флота. В своем докладе Д.Д. Филиппов вместо понятия двигатель Дизеля применяет выражение нефтяной двигатель, связанное с тем, что российские двигатели в отличие от двигателя Дизеля работают на нефти.

В экономической части доклада было приведено сравнение затрат на эксплуатацию паротурбинных установок и нефтяных двигателей. В результате расчетов была показана суточная экономия на топливе корабля с нефтяным двигателем. Кроме того, было показано, что дальность хода военного корабля с нефтяным двигателем значительно выше, чем с паротурбинным, что было продемонстрировано соответствующей таблицей доклада. По этому поводу Филиппов отметил: « ... район плавания крейсера с нефтяными двигателями настолько велик, что судно может пройти 11-ти узловой скоростью из Либавы (ныне порт Лиена на Балтийском море в Латвии – прим. авт.) вокруг мыса Доброй Надежды во

Владивосток, вернуться обратно в Либаву и снова пройти тем же путем до Владивостока без пополнения своего запаса топлива».

В заключении Д. Д. Филиппов сказал: «При сооружении флота с нефтяными двигателями открываются совершенно новые горизонты. Дело постройки нефтяных машин стоит у нас несколько не ниже заграницы. В практике же применения этих двигателей на судах мы, несомненно, идем впереди. По частной инициативе наших заводов, как я указывал выше, побуждаемой благоприятными экономическими условиями, в смысле природных богатств нефтяным топливом, это дело создано и развилось у нас в России. Теперь уже существует на Волге целый флот с нефтяными двигателями, окончательно вытеснившими паровую машину».

Характер своего доклада Рудольф Дизель определил в начале выступления: «Чувствую некоторое смущение, так как я в состоянии дать вам лишь очень немного. Ваше почетное приглашение сделать здесь сообщение последовало несколько поздно. Таким образом, я лишен возможности детально выполнить свою задачу. При спешном выезде из Мюнхена я успел приготовить и взять с собой лишь некоторые из моих диапозитивов. Я прошу вас не рассчитывать на научные или технические детали, так как я коснусь интересующего вас вопроса лишь в общих чертах. Имея в виду возрастающий интерес к двигателям внутреннего сгорания, я постараюсь охарактеризовать в сжатом историческом очерке положение вопроса от возникновения этих двигателей и до сегодняшнего дня, останавливаясь преимущественно на Дизель-моторах».

Характеризуя особенности своего «рационального двигателя», Рудольф Дизель говорит: «Как известно, принято различать три способа сжигания топлива. Издавна известен способ сгорания в паровых котлах – сгорание угля на колосниковой решетке или сжигание газа в печи. Это – старый и классический способ. Второй способ состоит в том, что воздух смешивают с горючим материалом и сжигают эту смесь. Сюда относится способ сжигания топлива в известном газовом двигателе Отто – Дейтц, который работает взрывами. Третий способ состоит в том, что сжимают до определенного давления чистый воздух, необходимый для сгорания топлива, и топливо вводят в пространство со сжатым воздухом. Это единственный способ, при котором мы имеем возможность влиять на процесс горения при помощи конструктив-

ных средств, при других же способах обычно сгорание предоставляется самому себе. Вот причина, почему этот способ может быть столь экономичен. ... Использование тепла при разных тепловых процессах весьма разнообразно. Вам известно, что паровая машина переводит не более 17% тепла в индикаторную и не более 14% в эффективную работу. Для наилучших газовых машин соответствующие цифры 25 и 18%, а для Дизель-мотора 45 и 38%».

Развивая свою мысль об экономичности Дизель-мотора, Дизель приводит диаграмму и констатирует: «Согласно приведенной диаграмме (рис.70) действительный валовый расход топлива для Дизель-моторов составляет около 2000 кал на силу независимо от продолжительности наблюдений. При газовых двигателях (4000 – 6000 кал) и особенно при паровых машинах (9000 – 15000 кал) замечается большая разница в результатах специальных опытов продолжительной эксплуатации».

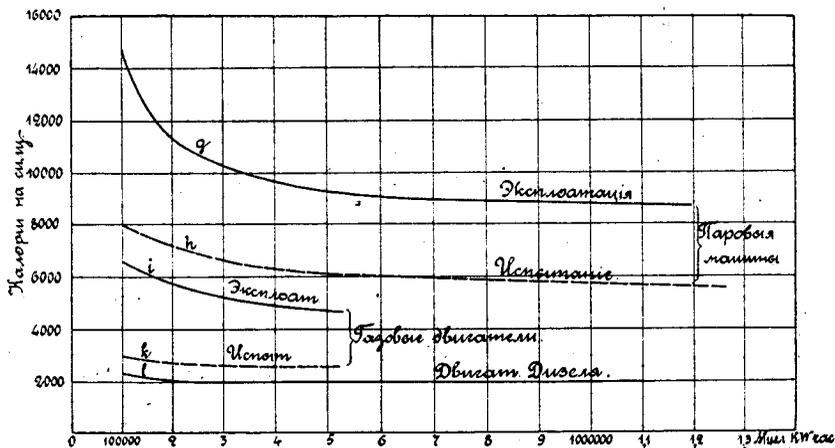


Рис. 70. Диаграмма экономичности Дизель-мотора по сравнению с другими видами тепловых двигателей

И относительно преимуществ применения жидкого топлива Дизель говорит: «В Дизель-моторах употребляют как жидкое, так и газы, но жидкое топливо совершенно вытеснило газ, и Дизель-мотор приобрел для жидкого топлива точно такое же значение, какое имеют паровые машины для угля. Жидкое топливо встреча-

ется всюду, а где его нет, доставка обходится дешево; поэтому двигатель Дизеля можно назвать универсальным, Особенно же выгодно его применение во флоте. Жидкое топливо, занимая мало места на судне, дает ему возможность совершить 1,5 раза кругосветное путешествие без остановки для пополнения запаса».

В заключение Дизель определил перспективы применения Дизель-мотора: *«Машиной этой можно пользоваться и на локомотивах и вообще применять ее для всевозможных целей в мелкой промышленности. Новостью является автомобильный Дизель-мотор для передвижения груза. Вал делает 1000 оборотов. Сгорание при больших числах оборотов также надежно, как и при малом. Так как техника производства малых двигателей недостаточно еще развита, то необходимо решить еще несколько вопросов (как например, вопрос о регулировании), прежде чем автомобильный мотор станет пригодным для употребления.*

Этот двигатель пригоден и для паровозов, причем Дизель-мотор непосредственно приводит в движение паровоз. Если результаты этого нового вида применения окажутся удачными, то это явится чрезвычайно важным обстоятельством для такой страны, как Россия, у которой достаточно жидкого топлива. Из всего этого можно заключить, что Дизель-мотор в состоянии во всех областях вытеснить паровую машину. Россия является одной из стран, представляющих самые благоприятные условия для Дизель-мотора. Надеюсь, что она извлечет значительную пользу из этого обстоятельства».

Как следует из приведенных цитат, Дизель придает особое значение применения двигателя для мелкой промышленности. Дизель считает, что этот двигатель «будет противодействовать развитию централей». При этом мелкая промышленность будет, по его мнению, размещаться в окрестностях городов или даже в деревнях, а «не быть централизованной в городе без света, без воздуха и без достаточного пространства». Наряду с этим могут существовать и другие возможности применения нового двигателя: в крупной промышленности, на локомотивах, на пассажирских экипажах, на судах.

После доклада Дизелю было задано 11 вопросов, но прений по докладу не последовало.

Г. В. Тринклер своим докладом «Проблема Дизеля и различные попытки ее разрешить» обозначил разногласия между заявленными

Дизелем тезисами конструкции «рационального теплового двигателя» и реально полученным двигателем и подверг критике труды Дизеля в создании двигателя, работающего от сжатия [31, стр. 138] (доклад был прочитан Тринклером еще до появления на съезде Рудольфа Дизеля, который опоздал на первые его заседания):

«... что собственно подразумевать под проблемой Дизеля. Дизель в 1893 году издал брошюру под названием «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärme-Motors», в которой он установил некоторые тезисы, на основании коих предполагал строить свой двигатель. Эти тезисы не были осуществлены в той машине, которую Дизель в действительности построил.

Первый тезис его был: «Наибольшая температура процесса достигается одним сжатием чистого воздуха». Это следует так толковать, что с помощью адиабатического сжатия мы получаем наивысшую температуру процесса. Как известно, в действительности изотермического процесса горения Дизель не осуществил. Самый процесс сжигания топлива представляет собой содержание второго и третьего тезиса, которые заключаются в том, что он предложил сжигать топливо постепенно, изотермически, с огромным избытком воздуха. Это требование давало бы, однако, слишком большой объем рабочих цилиндров, и практика показала, что это действительно не было осуществлено Дизелем – по крайней мере, в тех машинах, которые были построены и обнародованы Дизелем в 1897 году. Оказалось, что горение там при полной нагрузке совершается при избытке воздуха только в 30%. Это нельзя назвать большим избытком воздуха. Дизель, однако, в своем докладе в 1897 году напоминал и торжественно заявил, что его машина, созданный им двигатель, является блестящим подтверждением выработанной им в свое время теории.

Это его заявление, конечно, было осуждено в литературе, и одним из первых обратил на это внимание профессор Е. Мейер, поместивший в «Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure» 1897 года, стр. 1108, статью, в которой указывает, что температура горения в осуществленном дизелевском двигателе, после сжатия, повышается в 2 раза, так что говорить об изотермическом горении здесь нельзя. Затем он указывал на то, что избыток воздуха при горении весьма незначителен и выяснил, что экономичность двигателя Дизеля кроется вовсе не в том, что он осуществил свои

пресловутые тезисы, а всякий процесс горения при высоком давлении, а тем более процесс изотермический, т. е. при постоянном давлении, является самым выгодным и экономичным; профессор Мейер указал на то обстоятельство, что не наибольшая температура процесса в двигателе является решающей, а наивысшее давление, потому что, если мы на короткий момент и превысим внутри горючих газов температуру плавления стенок цилиндра, стенки все же не успеют расплавиться, потому что при быстром ходе двигателя это будет кратчайший момент; но если мы давление доведем до такой величины, что оно превысит прочность частей машины, то он моментально разлетится на куски.

Я хочу точно определить, что я понимаю под проблемой Дизеля.

Если понимать те тезисы, которые были выставлены Дизелем и которые охранены его русским патентом № 261 (выданным в 1897 году), то, конечно, существующий двигатель, который мы называем Дизелем, не осуществляет этих тезисов. Под проблемой Дизеля нужно, по моему мнению, подразумевать задачу распыления топлива, в частности жидкого топлива, в сильно сжатом воздухе внутри рабочего цилиндра, с целью получения самовозгорания и постепенного, без повышения давления, сжигания топлива. Вот в чем заключается принцип двигателя Дизеля. Мы создали двигатель Дизеля тем, что чистый воздух сжали до весьма высокого давления, отдельно от нефти, причем избежали преждевременных вспышек, и распыливаем в сжатом воздухе чистую нефтяную пыль; таким образом, Дизелю нужно приписать не честь создания брошюры и прославлять его не за создание новой идеи, не за создание теории и тезисов, а за ту энергию, с которой он провел свои опыты до конца и этим подарил нам необычайно ценный двигатель.

Профессор Ридлер в своей книге о больших газовых двигателях говорит, что отвлеченные идеи в технике бывают дешевы как ежевика и в промышленности честь принадлежит не тому инженеру, который идею бросил, а тому, кто эту идею осуществил на практике, потому что до конца провести идею в жизнь является гораздо труднее, чем высказать ее. Во всяком случае, я должен оговориться, что, если я и позволил себе здесь критиковать Дизеля, то я все же в высшей степени ценю его заслуги перед человечеством».

Характеризуя результаты своей деятельности по созданию двигателя, работающего от сжатия, Тринклер заявил:

«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 со 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».

В конечном итоге Съезд воздал должное Дизелю и высоко оценил его заслуги в деле создания нового типа двигателя. По воспоминаниям Г. Ф. Делпа, Дизель не рассчитывал на такой прием в России, и свершившееся еще крепче убедило его в правильности своей деятельности по созданию Дизель-мотора.

Уже в конце своей жизни, когда все решения были приняты, в знак признания приоритета России в мировом дизелестроении Рудольф Дизель преподнес Эммануилу Нобелю свой труд — книгу «Возникновение двигателя Дизеля» с исторической надписью [1]:

«Вы первыми поняли значение этого изобретения для нефтяной промышленности и первыми, уже в 1898 году приняли решение и позже осуществили применение дизель-мотора на больших кораблях.

*В знак дружбы и благодарности.
Дизель.*

10 сентября 1913 года».

В целом же, характеризуя значимость и вклад России в работах по развитию двигателя Дизеля, можно привести цитату из переписки М. П. Зейлигера с профессором В. С. Наумовым о тяжелом продвижении двигателя Дизеля на рынок в связи с трудностями его доводки. Эмигрировавший в Германию профессор теплотехники, бывший инженер завода «Людвиг Нобель» Мирон Павлович Зейлигер писал в Россию профессору В.С. Наумову [14, стр. 6: выдержки из письма приведены Наумовым в предисловии к книге М.П. Зейлигера «Двигатели повышенной мощности»]: *«Сообщаю Вам, что в 1900 – 1901 г.г. завод Круппа бросил изготовление дизелей; то же собирался*

сделать и Аугсбургский завод, и только завод Нобеля смело и с уверенностью продолжал выхаживать тяжелые детские болезни двигателя. Нефтяным двигателем сделался дизель в России, ибо за границей долго еще он работал на керосине или очищенной нефти, здесь же он с самого начала был приспособлен для сырой нефти и мазута. Первые попытки применения дизеля для судов были произведены также в России и, как ни странно, вплоть до войны (Первая мировая война – прим. авт.) Западная Европа презрительно смотрела на эту «забаву». Первое применение дизеля для локомотивов сделано также по русскому почину».

Как уже отмечалось выше, Дизель и сам предпринял попытку установки своего двигателя на локомотив, но он оказался плохо приспособленным к практической работе на железнодорожном транспорте.

Развитие теплоходостроения в России породило мысль о применении дизель-мотора для локомотивной тяги [4, стр. 162]. Почти одновременно с работами Дизеля и Клозе в России профессором Гриневецким велись работы над проектом специального локомотивного дизель-мотора. В 1909 году такой двигатель был построен на Путиловском заводе и вплоть до начала войны с ним производились опыты. Война не дала их закончить, но впоследствии Гриневецкий разработал несколько проектов тепловозов со своим локомотивным двигателем.

В то же время на Коломенском заводе под руководством Мейнеке и на Ташкентской железной дороге под руководством Ю. Б. Ломоносова, проектировались тепловозы с применением электрической передачи. Проект Ломоносова был вполне закончен и отдельные части тепловоза были даже построены, но в целом проект не был осуществлен. Он погиб в недрах бюрократических канцелярий министерства путей сообщения.

Опыт построенного самим Дизелем локомотива был учтен и помог в дальнейшем избежать крупных ошибок.

В год смерти Дизеля студент А. Н. Шелест в качестве дипломного студенческого проекта предложил оригинальный проект тепловоза, где в паровых цилиндрах должна была бы работать смесь продуктов сгорания и пара. Этот проект был высоко оценен специалистами.

В 1915 году появился проект инженера Лонткевича, который впервые высказал мысль о применении передачи работы дизель-

мотора на ведущие оси через трехступенчатую коробку передач. Эта система передачи была уже значительным шагом вперед в сравнении с тепловозами Гриневецкого и самого Дизеля.

В царской России не удалось, однако, осуществить ни одного из этих проектов. Отдельными элементами их воспользовались заграничные конструкторы.

Решительный перелом в развитии тепловозостроения в России наступил только в 1922 году, когда идеей тепловоза заинтересовался В. И. Ленин. Этому способствовала и достаточно к этому времени изученная им книга Гриневецкого «Проблема тепловоза и ее значение для России», в которой Гриневецкий правильно оценил значение тепловозной тяги для железных дорог и наметил пути конструирования тепловозов и которую, судя по воспоминаниям современников, Ленин досконально изучил.

Поэтому, несмотря на тяжелое хозяйственное и финансовое положение молодой Советской Республики, Совет Труда и Оборона 4 января 1922 года вынес постановление о признании в нашей стране за тепловозами особого и важного значения.

По личному распоряжению В. И. Ленина была в октябре 1922 года выдана значительная сумма для заказа за границей трех опытных тепловозов различной конструкции.

Вместе с тем начата была и постройка тепловоза с электропередачей по проекту профессора Ленинградского электротехнического института Якова Модестовича Гаккеля на заводе «Красный путиловец». Он учел опыт Дизеля и русских конструкторов, потерпевших неудачу с попыткой непосредственного связывания дизель-мотора с ведущими осями, и решил применить электрическую передачу. К этой идее не без значительных колебаний возвращалась в это время и техническая мысль. Дело в том, что первые теплоходы на Волге, построенные Эммануилом Нобелем, приводились в движение именно посредством электропередачи, но их заменили очень скоро теплоходы, где дизель-мотор работал непосредственно на винт. Следуя примеру судового двигателя, конструкторы отказались вначале от электрической передачи. Но так как не удавалось осуществить практически годный тепловоз с непосредственным связыванием дизеля с осями – вновь возникла мысль испробовать на тепловозе электропередачу.

Гаккель Яков Модестович (1874 – 1945) – инженер-электрик, заслуженный деятель науки и техники, родился в Иркутске, в семье военного инженера. Окончил Петербургский электротехнический институт. Будучи студентом последнего курса, принимал участие в революционном движении и подвергся аресту. Окончить институт ему было разрешено при условии дальнейшей работы в отдаленных местностях Сибири. В Сибири, на Ленском прииске близ Бодайбо, он принимал участие в достройке гидроэлектростанции и прокладке от неё до приисков первой в России высоковольтной линии электропередачи. В 1905 году ему было разрешено вернуться в Петербург, где он начинает преподавать в Электротехническом институте, одновременно участвуя в проектировании и строительстве электрического петербургского трамвая. В тот же период Яков Модестович увлекается самолётостроением, и в 1909 году начинает постройку первого самолёта по собственному проекту, участвует в создании «Первого русского товарищества воздухоплавания», организатором которого являлся Боклевский. Всего он спроектировал около полутора десятков самолётов, десять из которых были построены, а пять или шесть смогли подняться в воздух. Его аэропланы различной конструкции (среди которых был первый в России самолёт-амфибия) принимали участие в выставках, устанавливали рекорды, однако не строились промышленными сериями. Отсутствие заказов привело к тому, что в 1912 году конструктор был вынужден отказаться от активной деятельности в области авиации, хотя занимался разработкой новых самолётов и позднее вплоть до 1924 года. Представленные им в начале 1920-х годов проекты не были реализованы из-за нехватки средств в условиях разрухи после Гражданской войны. В 1920-х годах Яков Модестович начинает заниматься тепловозостроением и 5 августа 1924 года на пути Балтийского судостроительного завода выходит построенный по его проекту тепловоз ЩЭЛ1, первый в мире практически используемый тепловоз. В 1934 году Гаккель сконструировал паровой трактор, а разработанная им паровая установка использовалась также на речных катерах. С 1936 года Яков Модестович преподавал в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта. Я. М. Гаккель стал автором многих научных работ и изобретений.



Рис.71. Гаккель Яков Модестович

Проект Гаккелем был сделан очень быстро, но построен по нему тепловоз был только в 1924 году. Тепловоз был собран из старых, без дела валявшихся машин (рис. 72). Основной агрегат – дизель-мотор был взят со старой подводной лодки; электрические

части были собраны также из старых заброшенных машин. Тем не менее, этот тепловоз не только успешно прошел опытный период, но даже проработал в эксплуатации в течение трех лет.



Рис. 72. Тепловоз ЩЭЛ1 Гаккеля (на фотографии справа – в музее на Варшавском вокзале Петербурга)

Лежащая в основе тепловозостроения система электропередачи заключается в том, что на экипаже устанавливается быстроходный двигатель Дизеля, непосредственно связанный с генератором электрического тока. Ток передается электромоторам, которые связаны с ведущими осями. Тепловозы этой системы являются, таким образом, по существу тоже электровозами, с той разницей, что имеют свою собственную электростанцию, питающую моторы. Эта система устранила основной недостаток тепловоза Дизеля и обеспечила возможность держать дизель-мотор под постоянной нагрузкой и с постоянным числом оборотов, что поставило его в наиболее благоприятные условия работы.

Так в 1924 году была практически реализована в России русскими инженерами мечта Дизеля об установке дизель-мотора на локомотив.

Таким образом, участие России в истории создания и развития двигателя Дизеля определило не только дальнейшую судьбу самого мотора, но и способствовало увековечиванию имени самого изобретателя – Рудольфа Дизеля.

Глава 8. Трагедия Рудольфа Дизеля

В чем состоит трагедия Дизеля и кто основной виновник этой трагедии.

Во-первых, Дизель и сам хорошо понимал, что полученный двигатель не соответствовал тем тезисам, которые он выдвинул в своем первом патенте и брошюре при описании «рационального» двигателя. С первых же минут самостоятельной работы двигатель упорно не хотел следовать представленным Дизелем тезисам. Но добиваться реализации своих тезисов Дизель не мог. Капитал ждал и так долго. Он требовал возврата тех значительных средств, которых потребовали опыты Дизеля и которые составили по сообщению профессора Людерса до 400.000 марок золотом, и процентов от вложенных средств [20, стр. 29]. Дизель же для реализации своего «рационального» двигателя нуждался в дальнейших кредитах. Немыслимо было обмануть доверие финансистов, одолживших ему средства для осуществления идеи, и, чтобы сохранить себе право на дальнейшие эксперименты и работу, **он вынужден был назвать двигатель, созданный в Аугсбурге, осуществлением своей идеи.**

Он шел на компромиссы, чтобы, отступая, сохранить себе свободу в будущем, вновь возвратиться к своей идеи и биться над полным решением задачи, поставленной себе двадцать лет назад.

И здесь заслуга Дизеля, осуществившего созданный рабочий цикл с высоким коэффициентом полезного действия, была неизмерима, но противоречила его основному жизненному принципу: **«Инженер все может».**

Он отступал и **считал себя обманутым** за то, что в этой гонке за процентами от нового двигателя, предприниматели не хотели дальнейших ожиданий в создании нового двигателя.

Во-вторых, в качестве топлива для двигателя должна была применяться каменноугольная пыль. Именно такой двигатель ждала Германия. Для немецкой экономики это было жизненно важно. Страна лидировала в угледобыче, а нефтяных источников была лишена. Угольный двигатель Дизеля мог ослабить зависимость Германии от нефти Рокфеллера. Именно поэтому завод Фридриха

Круппа в Эссене и машиностроительная фабрика в Аугсбурге выделили изобретателю деньги. И в созданном Дизелем двигателе все было хорошо. За одним исключением. Он не работал на заявленном топливе. Угольная пыль упорно не хотела оживлять гигантскую машину. Дизель не сделал обещанного: его двигатель потреблял не угольную пыль, на что рассчитывали хозяева угольного Рура, а жидкое топливо. Это их всполошило, так как их доходы уплывали буквально сквозь пальцы к хозяевам нефти. Дизеля обвинили в дилетантстве, шарлатанстве, антигражданстве. С высот своего триумфа Дизель не замечал, как сходились над его головой копыта великой войны, войны Угля и Нефти.

Правда Дизель начал осуществление своего двигателя с применения в нем в качестве горючего угольной пыли, в полном, стало быть, соответствии с экономическими условиями капиталистического хозяйства Германии, но ни немецкому, ни английскому, ни французскому углю, разумеется, не было никакого дела до благих намерений изобретателя.

Дизель понимал, что созданный им двигатель не может способствовать усилению экономической и военной мощи Германии, так как двигатель потреблял в качестве топлива нефть, которой не располагала ни одна европейская держава, включая Германию. Но в то же время, двигатель создавал предпосылки для бурного развития промышленности стран, имеющих природные запасы нефти – таких, как Россия.

Дизель должен был получить причитающееся ему не за то, что он намеревался изобрести, а за то, что он в действительности создал. **Создан же им был двигатель не только не нужный Германии, но и прямо враждебный ее промышленным интересам**, находивший себе применение в чужих странах и усиливавший их захватнические империалистические стремления. И это причитающееся вылилось в нарастающую критику и последующую трагедию изобретателя.

В отношении использования жидких топлив Дизель не видел для своего двигателя больших перспектив, так как Германия не располагала собственными месторождениями нефти, а завозить ее из-за границы представлялось не только экономически невыгодным, но и недопустимым со стратегической точки зрения. Использование в качестве топлива газа (светильного, силового, доменно-

го) предполагало его получение в процессе газификации из каменного бурого угля или антрацита в раскаленных ретортах или специальных газогенераторах. И Германия располагала большими запасами антрацита, расположенными в Рейнской области, большими запасами угля в Рурском, Саарском, Силезском, Саксонском и Верхнее-Баварском угольных бассейнах и большими перегонными заводами бурых углей в Саксонско-Тюрингском округе и в Месселе, близ Дармштадта. С учетом того, что большинство немецких марок бурого угля допускают полную экономичную газификацию, свободную от смол, шлаков и золы, а выход летучих компонентов начинается уже при 500°C – 600°C , то с определенной достоверностью можно предположить, что Дизель стремился к получению высоких давлений и температур сжатия воздуха в рабочем цикле двигателя из-за стремления использовать процесс выхода летучих компонентов из порошка бурого угля в самом двигателе. При этом в процессе постепенного выхода летучих компонентов из угольного порошка процесс горения должен был происходить постепенно, и легко воспламеняемые летучие компоненты служили своего рода запальным топливом для сгорания основной части порошкообразного топлива.

Производство жидкого моторного топлива собственного производства из каменного угля Германия начала много позднее изобретения двигателя Дизелем – лишь с приходом к власти Гитлера. В 1932 году председатель крупнейшего химического концерна «ИГ Фарбениндустри» Георг фон Шницлер предложил Адольфу Гитлеру, тогда еще члену рейхстага, начать работы по гидрогенизации каменного угля под высоким давлением с целью получения синтетического моторного топлива, имевшего огромное значение для готовившейся Гитлером «войне моторов». Гитлер хорошо понимал, что Германия, не имевшая собственных запасов нефти, не сможет обеспечить свою боевую технику горючим, а без горючего она мертва. И, еще не будучи канцлером Германии, Гитлер стал лично курировать проект создания немецкого синтетического топлива, а как только в 1933 году он пришел к власти, немедленно открыл этому проекту «зеленую улицу».

Вскоре Германия начала широкое производство синтетического моторного топлива из местного угля и к началу Второй мировой войны немцы уже производили в год до десяти миллионов тонн

бензина и дизельного топлива по новым технологиям. Кроме реализации своих военных планов, начало производства собственного жидкого топлива дало возможность реализации Гитлером идей выдающегося автомобильного конструктора Фердинанда Порше по созданию «народного автомобиля» («жук – Фольксваген») для каждой немецкой семьи и создания по всей Германии сети автомобильных дорог – автобанов.

Таким образом, какой бы характер в дальнейшем не принимали выступления отдельных лиц против дизель-моторов и против самого изобретателя, чем бы они не прикрывались, истинным вдохновителем выступлений против Дизеля оказался только уголь, почувствовавший в нефти грозного врага, вооруженного созданным Дизелем двигателем.

В-третьих, появление недорогого и надежного в эксплуатации двигателя означало не только победу нефти над углем, но и послужило началом нападков на самого изобретателя, как со стороны хозяев угольного Рура, так и создателей подобных, близких по идеям, двигателей.

Дизель подвергся резкой критике и обвинениям в том, что он ничего не создал, и что все, сделанное Дизелем, есть повторение уже изобретенного ранее. Дизеля обвиняли в технической безграмотности и не компетентности: *«Дизель ничего не изобрел ... он лишь собрал изобретения ...»*, – говорили хозяева угольного Рура.

После исчезновения Дизеля в его бумагах нашли документы, свидетельствующие о том, что в 1898 году Дизель выплатил 20 тысяч марок Эмилю Капитэну (Capitaine), Юлиусу Зейнлейну (Julius Söhnlein) и Отто Кёллеру в качестве компенсации. Трое немецких инженеров подали в суд жалобу о нарушении их патентов "принципов конструкции двигателя внутреннего сгорания с автоматическим воспламенением». Кроме того, был еще английский инженер Герберт Акройд-Стюарт, который в 1885-1890 гг. получил несколько патентов, связанных с усовершенствованием мотора, работавшего на жидком топливе. Целью его работ было создание высокого сжатия рабочей смеси перед началом ее горения. И хотя это совпадало с направлением работ Дизеля, Стюарт, в отличие от своих немецких коллег, не стал возбуждать дела о нарушении прав.

Действительно, если рассматривать конструкцию и те принципы работы «рационального» теплового двигателя Дизеля, изложен-

ные в книге, вышедшей в 1893 году, и его первом патенте, то можно с уверенностью сказать, что многие решения, примененные Дизелем, бесспорно, имели более раннюю историю создания.

В этом контексте в литературе проскальзывает часто совершенно другой вопрос: а был ли Рудольф Дизель изобретателем "двигателя Дизеля"?

Прежде всего, четырехтактный цикл работы двигателя Дизеля и принцип самовоспламенения топлива, заложены в работах Бо-де-Роша. В начале 1862 года французский инженер путей сообщения Бо-де-Роша (Alph. Beau de Rochas) для улучшения теплоиспользования рекомендовал доводить сжатие до самовоспламенения смеси, в результате чего теоретически было обосновано создание 4-х тактного рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания. Именно использование этого принципа по иску французских промышленников и наследников Бо-де-Роша и фирмы «Братья Кертинг» [22, стр. 192] стало в свое время судебным приговором немецкому патенту Отто, в результате которого патент Отто был аннулирован и несчастный изобретатель, забросив дела, употребил остаток жизни на бесконечные судебные процессы, отнявшие у него имущество и здоровье [6, стр. 75].

Что касается самой конструкции двигателя – двигатель-компаунд, заявленный как основной вариант в брошюре Дизеля, то эта конструкция была известна еще из опытов Николауса Аугуста Отто. В 1879 году Отто построил трехцилиндровый газовый двигатель-компаунд, который находился в эксплуатации в Эльсдорфе (Рейнская провинция) с 1880 по 1884 годы. В двигателе боковые цилиндры предназначались для высокого давления, центральный цилиндр – для низкого давления. В двигателе использовался принцип двойного расширения [3, стр. 739 – 740].

В отношении схемы двигателя типа компаунд можно сказать, что, вероятно, последним, кто пытался использовать такое конструктивное исполнение двигателя, был русский профессор теплотехники Василий Игнатьевич Гриневецкий, который в начале XX века также предложил поршневую машину с двухступенчатым сжатием и расширением для двигателя локомотива – прообраз комбинированного двигателя внутреннего сгорания.

В отношении принципов, заложенных в основу работы «рационального» двигателя, следует обратиться к тезисам, изложенным

Дизелем в его брошюре. Первый тезис гласит: *«Создание наивысшей температуры цикла (температуры сгорания – прим. авт.) не за счет процесса сгорания и не в течение этого процесса, но до сгорания и независимо от него, с помощью одного лишь механического сжатия чистого воздуха (или смеси воздуха с нейтральными газами или парами)»*. То есть самовоспламенение должно происходить от нагретого высоким сжатием воздуха. Работы по увеличению степени сжатия проводили Пристман (Priestman) на своем двигателе в 1889 году [3, стр. 770 – 772], Эмиль Капитэн (Kapitaine) на опытных образцах двигателей в 1889 – 1891 годах [3, стр.795], Юлиус Зейнлейн (Julius Söhnlein), английский изобретатель Герберт Аккройд-Стюарт. Причем направление работ Капитэна в основных чертах совпадало с работами, взятыми позднее и независимо от него Рудольфом Дизелем в «рациональном тепловом двигателе». Целью обоих являлось возможно высокое сжатие воздуха и впрыскивание в этот сжатый воздух распыленного керосина, при чем одновременно должно было происходить его постепенное сгорание.

Рассчитывая теоретическую индикаторную диаграмму и вводя изотермический процесс сжатия воздуха, Дизель применил впрыск воды в сжимаемый воздух. Если обратиться к истории развития двигателей внутреннего сгорания, то можно увидеть, что еще Гюгон (Hugon) примерно в 1858 году впрыскивал воду в цилиндр газового двигателя двойного действия с тем, чтобы понизить температуру сгорания и предупредить чрезмерный нагрев скользящих распределительных органов (золотников впуска свежей рабочей смеси и выпуска отработавших газов). Далее Пристман на двигателе 1889 года имел систему подачи горячей воды из рубашки охлаждения двигателя с целью иметь возможность сжимать рабочую смесь до более высоких давлений. Вода подавалась в цилиндр одновременно с рабочей смесью, при этом удалось избежать получения преждевременных вспышек. [3, стр. 770 – 772]. Банки (Banki) в 1894 году [3, стр. 775] построил керосиновый двигатель, засасывающий вместе с рабочей смесью некоторое количество воды, что должно было обеспечить возможность осуществления высокого сжатия без предварительных вспышек. При чисто теоретическом рассмотрении впрыскиваемая вода ухудшает индикаторный коэффициент полезного действия, так как она увеличивает удельную теплоемкость смеси и уменьшает перепад температур. Однако, тео-

ретически подсчитанная потеря тепла, перевешивалась выгодой, получаемой от возможности осуществления более высоких степеней сжатия.

Таким образом, казалось бы, двигатель Рудольфа Дизеля явился лишь результатом заключительных работ, обобщивших идеи, исследования и достижения ученых, изобретателей и конструкторов разных стран, накопленные за многие годы. И все же в его двигателе было практически реализовано то принципиально новое, что не захотели увидеть или не смогли его современники-оппоненты. **Это новое заключалось в реализации еще никем не предложенного цикла работы двигателя с почти изобарным подводом теплоты.** Такой цикл был создан в результате опытных работ с четырьмя вариантами нового двигателя и отличался от запатентованного Дизелем ранее. Создание им нового цикла — реальность, которую, казалось бы, трудно было не разглядеть. Оппоненты же его, к сожалению, этого не заметили. Да и сам Дизель, по-видимому, не увидел в этом основы для своей защиты. В совокупности цикл, по которому работал двигатель Рудольфа Дизеля, не был не предложен, не осуществлен ни в одном двигателе.

В связи с изложенным, становится уместным привести высказывание немецкого инженера-эксперта по двигателям внутреннего сгорания Гуго Гюльднера: *«Основной задачей конструктора двигателей является правильное применение в каждом отдельном случае тех апробированных систем двигателей, которые удержались из большого числа существующих на рынке конструкций и сделались в большей или меньшей степени конструктивными образцами. Залог успеха конструкторской разработки состоит в том, что она основывается на уже известных данных»* [3, стр. 58].

В четвертых, надо рассматривать сам феномен личности Дизеля. Дизель был человеком твердой воли и решимости. Для таких людей не возможность реализации своих идей является большой собственной трагедией.

В 1876 году вместе с семьей профессора Бауерфейнда Дизель посещает Париж, где уже после возвращения из Англии жили отец и мать.

Дизель после долгой разлуки увидел своих родителей. Увидев отца, он удивился тому, как не похож был этот усталый, покорный, измученный человек на того Теодора Дизеля, который еще так не-

давно на глазах у Рудольфа с такой пленительной твердостью сражался против судьбы. Долго еще образ усталого, разбитого старика стоял перед глазами юноши.

Тогда уже впервые мелькнула в нем жестокая мысль, которую он высказал себе с мужественной решимостью и затем нередко повторял окружающим: *«Нет, если доживешь до пятидесяти пяти лет и не сможешь больше дела делать, лучше будет уйти из жизни совсем!»* [6, стр. 58 – 59]

Это был страшный вывод. Для людей его твердости и решимости мыслями подобного рода определяется весь жизненный путь.

На эту же тему Дизель пытался вести беседу и с американским изобретателем Эдисоном, когда он в 1912 году был в Америке по приглашению общества двигателей Дизеля. Эта историческая встреча двух великих людей к величайшему восторгу американцев состоялась 6 мая в Нью-Йорке. Вот как описывал эту встречу в своей книге Лев Гумилевский [5, стр. 161 – 162]:

Дизель осматривал знаменитые лаборатории Эдисона в Менлопарке близ Нью-Йорка. Разговор изобретателей мало касался области, в которой они оба работали. Каждый слишком хорошо знал все радости и муки своей деятельности, однако и Дизель, упрямству и трудоспособности которого можно было удивляться, сам с изумлением рассматривал своего собеседника. Этот мужественный человек, совершенно глухой, проводивший всю жизнь в своих лабораториях в неусыпных поисках вещественного оформления своих безграничных идей, являл собою живое свидетельство истины: гений есть труд. Сбрасывая с высокого лба львиную гриву седых волос, он со смехом указывал на папку, хранившую очередную кипу новых патентов Эдисона. Количество их исчислялось тысячами. Только одним этим вопросом занимался штат секретарей и юристов.

Каждое изобретение гениального американца сопровождалось сотнями опытов; чтобы найти для применения в электрической лампочке в качестве светящегося волоска бамбуковое обугленное волокно, им было перебрано свыше тысячи самых разнообразных материалов растительного, животного и минерального мира и опробовано при всевозможных условиях.

Дизель не отрывал глаз от этой оцениваемой американцами в миллиард долларов головы гениального самоучки и думал о том, с

какой скорбью и отчаянием должно было бы хоронить человечество людей, уносящих с собой в могилу такую бездну знаний, непотворимого научного опыта.

– Думаете ли вы когда-нибудь о смерти? – неожиданно спросил его Дизель.

Эдисон взглянул на своего собеседника и пожал плечами. Этому живому американцу, исполненному сил и жизненной энергии, мысли о смерти никогда не приходили в голову, смерть его не интересовала. Он мог понять вопрос только так, как сам смотрел на это дело, и отвечал, оглядывая просторные помещения мастерских:

– Да, конечно. У меня есть план на этот счет, думаю, что это будет самое лучшее, что можно придумать.

– Именно?

– Конечно, это будет ближе к концу. Я объявлю конкурс способнейшего инженера в Америке, сам проэкзаменую всех, кто пожелает, и затем выберу себе заместителя и посвящу его в курс всех моих начинаний.

Дизель смутился.

– Это превосходная мысль. Однако, я спрашивал о чем-то другом, о вашем отношении к своей собственной смерти, к уничтожению вашего человеческого, живущего и страдающего «я».

– О, у меня нет никакого отношения к этому, – смеясь, ответил американец. – Вернее, у меня не было времени думать об этом, я занимаюсь делом, а не метафизикой.

Дизель смущенно смолк. Он понимал своего собеседника и с сожалением подумал о том, что сам потерял где-то в трудном житейском своем пути этот изумительный оптимизм и бодрость, с которыми начинал жизнь.

Постоянные нападки на Дизеля, порой необоснованная критика созданного им мотора, приближающееся банкротство и чувство потерянности цели – все это создало ту обстановку, которая стала причиной глубокой личной трагедии изобретателя.

Глава 9. Версии гибели Рудольфа Дизеля

Исчезновение Рудольфа Дизеля с парома «Дрезден», как и всякое таинственное и трагическое событие, породило в свое время немало версий причин его гибели.

Существовало, например, предположение, что Дизеля убрал Германский генеральный штаб, опасавшийся накануне войны передачи англичанам сведений о двигателях, строящихся для немецких подводных лодок.

Странно, но почему-то на первых порах никого не волновал вопрос: а зачем, собственно говоря, Рудольф Дизель отправился в Англию и что там собирался делать? Лишь когда пришла пора над этим задуматься, возникла версия: Дизель был убит, так как собирался продать свой патент англичанам. Эту гипотезу высказали английские, а потом и американские журналисты. Например, журнал «Нью-Йорк уорлд» в 1915 году писал: *«Устранение творца принципиально нового двигателя выглядит как обвинение в измене фатер-ланду. С другой стороны, преследовалась цель сохранить тайну двигателя, необходимого для подводных лодок. Изобретателя сбросили за борт, чтобы патент не попал к англичанам...»*.

Версия об убийстве представляется наиболее правдоподобной и логичной. Это отметил в своих мемуарах и Уинстон Черчилль, который во время последнего плавания Дизеля был первым лордом адмиралтейства и прилагал огромные усилия для модернизации британского флота. Можно допустить, что именно Черчилль явился инициатором поездки немецкого инженера в Лондон.

Дело в том, что англичане очень заинтересовались изобретением Дизеля, решив использовать его на своем военном флоте. Стремясь во что бы то ни стало сохранить британское господство на море в условиях возраставшей военной мощи кайзеровской Германии, командование английского флота решило установить на некоторые свои корабли новые двигатели, изобретенные Дизелем. Тем самым планировалось освободить их от тяжелого, громоздкого, делавшего военные корабли не столь маневренными угля. Главный сторонник модернизации британского флота адмирал Фишер, как и

первый лорд адмиралтейства, понял, что изобретение Дизеля позволяло значительно расширить акваторию действия боевых кораблей и избежать появления дыма, который задолго предупреждал о том, что корабли должны появиться на линии горизонта. Дизель же мог заключить контракт века и значительно поправить свое финансовое положение.

Конечно же, поездка в Англию изобретателя перспективного двигателя не могла остаться незамеченной в Германии, готовящейся к войне. В итоге агенту или агентам кайзеровской тайной полиции было поручено ликвидировать «предателя». Разыгранный вариант «акции» был, видимо, признан самым оптимальным: изобретателя сбросили в море. Шляпа и плащ, оставленные на палубе, должны были подкрепить версию о самоубийстве. Изобретателя объявили без вести пропавшим, а для того чтобы пустить следствие по ложному пути, придумали версию о самоубийстве.

Странно, что досконально не была выяснена роль попутчиков изобретателя — Грейса и Люкманна. И можно ли быть уверенными, что никто из команды «Дрездена» действительно не видел ночью ничего странного? Впрочем, кто нес ответственность за расследование этого криминального происшествия? Происшествие, которое произошло в открытом море на немецком пассажирском судне...

Неужели правда, что Дизеля, словно героя детективного романа, ликвидировала кайзеровская разведка? Тайну эту так никто и не разгадал.

Высказывалось также предположение, что Дизеля просто смыло за борт волной, когда он вышел ночью на палубу. Якобы Дизель в последние месяцы был на грани нервного срыва и перенес несколько сердечных приступов. С пылом очевидцев репортеры описывали, как изобретатель, чтобы как-то справиться с бессонницей, вышел на палубу подышать свежим воздухом, а там с ним случился сердечный приступ — изобретатель навалился на перила, потерял равновесие и рухнул за борт. Ночью этого никто не заметил.

Но эта версия была моментально опровергнута. Во-первых, лечащий врач Дизеля заявил, что никакие сердечные недуги не донимали его пациента. Во-вторых, с решительным опровержением выступил капитан «Дрездена»: высота перил на пароходе более метра, и любой несчастный случай из-за неосторожности исключается. Может быть, исчезнувший пассажир был пьян? Но все знавшие

Дизеля в один голос заявили: абсурд, изобретатель в рот не брал спиртного!

В газетах появилась иная версия: самоубийство. Дизелю, дескать, грозило банкротство, полное разорение. Его изыскания, экспериментальные работы финансировал Крупп, вложив в это предприятие немалые деньги. И теперь пришло время платить по счетам...

Но и эта версия была подвергнута серьезным сомнениям, так как Крупп получил монопольное право использовать изобретения Дизеля на территории Германии. Ладно, соглашались сторонники этой версии, пусть не банкротство, но мало ли какие могут быть причины для самоубийства! Возможно, у Дизеля была какая-то тайна, о которой никто не знал...

Оппоненты возражали: если это было самоубийство, то как объяснить поведение Дизеля за несколько часов до его кончины? Он весь вечер находился в благодушном настроении, был разговорчив, даже шутил. Зачем тогда приготовил ночную пижаму? А часы на стенке каюты? Зачем просил стюарда разбудить его в определенное время? Разве так ведет себя человек, решившийся на отчаянный поступок? Да и вряд ли он ушел бы из жизни, не оставив даже Прощальной записки своим близким, тем, кого так нежно любил. И уже совсем трудно представить, что Дизель вознамерился покончить с собой по пути в Англию, где его ожидал очень выгодный контракт.

Ходили слухи о причастности к этой трагедии Эммануила Нобеля. Получив права на производство двигателей Дизеля, Эммануил Нобель после успешного проведения испытаний двигателя собственного изготовления в период с 1902 по 1912 год передал права на постройку двигателей на другие российские заводы. Но прямого уточнения о том, каким образом производились расчеты с Дизелем за изготовленные на российских заводах двигатели, ни в каких сообщениях нет. И платили ли российские заводы за производство двигателей? Возможно, к моменту исчезновения Дизеля за Эммануилом Нобелем накопился очень большой долг? Может по этому Дизель и обращался к Нобелю по поводу ходатайства перед Нобелевским комитетом о присуждении ему премии?

Однако, основной причиной его гибели биографы Дизеля считают готовящийся унижительный удар, о котором ему стало известно от издателей книги Людерса.

Но, вероятно, на это загадочное событие необходимо взглянуть именно с той точки зрения, что Дизель, обманутый всеми, не получивший достойной поддержки от промышленности, достигший предельного по его представлению возраста, решил свою проблему по-своему. Этим он не только избавлялся от банкротства, но и от всех посягательств на свое изобретение. Уже некому было сказать, что он все свои разработки позаимствовал из прежних конструкций и теорий, никто не мог обвинить его в технической неграмотности и некомпетентности, никто не мог сказать, что он ничего не изобрел.

Доказать никто ничего так и не сумел, но по мере того, как журналисты раскапывали новые факты из жизни Рудольфа Дизеля, образ инженера окутывал все более плотный покров тайны...

Семья отстаивала версию самоубийства – дескать, дела Дизеля находились в плачевном состоянии, нервы вновь расшатались. И впрямь, чтобы выплатить многочисленные долги покойного, пришлось продать дом-дворец – все равно денег не хватило. А в завещании оказались подробные инструкции, которые совсем не старый еще инженер приготовил на случай своей смерти.

Родственники Дизеля тоже были убеждены, что он покончил с собой. В пользу этой версии говорило не только странное и непонятное поведение Дизеля в последний год жизни, но также выяснившиеся позднее некоторые обстоятельства. Так, перед своим отъездом он подарил жене чемодан и просил не открывать его несколько дней. В чемодане оказалось 20 тысяч марок. Это было все, что осталось от громадного состояния Дизеля. Или еще: отправляясь в Англию, Дизель взял с собой не золотые часы, как обычно, а карманные стальные...

Но если это – самоубийство, то почему же, спрашивают некоторые биографы, Рудольф Дизель, всегда пунктуальный и щепетильный в любых формальностях, не оставил ни завещания, ни даже записки? Почему еще накануне смерти он с интересом обсуждал некоторые вопросы, важные для его карьеры, и за несколько часов или даже, может быть, минут до исчезновения он с энтузиазмом говорил с товарищами о деталях своего предстоящего выступления в автотехнике?

Ведь еще в середине сентября 1913 года, за несколько дней до своей таинственной смерти, Дизель писал семье: *«Я абсолютно убежден, что вскоре будет изготовлен автомобильный*

двигатель, работающий на сырой нефти. И тогда я буду считать главную цель моей жизни достигнутой». Добиться этой цели самому Рудольфу Дизелю было не суждено, и лишь десятилетие спустя «моторы с воспламенением от сжатия» появились на дорожных транспортных средствах (рис. 73) [13].



Рис. 73. Бортовой грузовик 1924 года с четырехцилиндровым двигателем мощностью 45 л.с. и цепным приводом – первый в мире грузовик с дизельным двигателем

В целом, основными этапами в истории развития двигателей Дизеля можно отметить следующие:

1893 – 1897 – изобретение дизельного мотора Рудольфом Дизелем на машиностроительном заводе в Аугсбурге.

1897 – первый серийный двигатель Дизеля.

1899 – первый дизельный двигатель, предназначенный для работы на сырой нефти, построенный на заводе «Людвиг Нобель» в России.

1903 – первая нефтеналивная баржа «Вандал» в России и первое каботажное каналное судно "Petit Pierre" во Франции, оборудованные дизельными двигателями.

1904 – 1907 – первая электростанция, оснащенная дизельными двигателями фирмы M.A.N. мощностью 2400 л.с. в Киеве.

1909 – первая подводная лодка «Минога», построенная в России.

1912 – первое датское морское судно «Зеландия» с хорошими мореходными качествами, оборудованное двумя дизельными двигателями M.A.N. мощностью 2100 л.с.

1924 – первый пригодный к эксплуатации локомотив с дизельным двигателем в России и первый грузовой автомобиль фирмы M.A.N. с дизельным двигателем 45 л.с. с цепным приводом трансмиссии.

1925 – первый грузовой автомобиль фирмы M.A.N. с карданной передачей на трансмиссию.

На этом мы и закончим историю триумфа выдающегося инженера-изобретателя Рудольфа Дизеля и его тяжелой личной трагедии, трагедии мужественного, но, как оказалось, чрезвычайно раннего человека. Воплощение им в своем двигателе накопленного ранее мирового опыта двигателестроения, реализация в нем многих еще не осуществленных идей, а в целом создание нового типа двигателя, ставшего вехой в энергетическом и транспортном машиностроении.

Когда Дизеля не стало, наиболее вероятной причиной его гибели сочли все же самоубийство: сознание подсказало ему только один шаг как выход из создавшегося для него положения, но это был шаг за борт... Так гражданин мира ушел в небытие, лишившись последней привилегии — двух метров сырой земли.

Но мир воздал Рудольфу Дизелю довольно редкую в истории техники честь: начал писать его имя с маленькой буквы, называя созданный им двигатель «дизелем». Это был шаг в Вечность. Дизель стал в ряд с немногими во главе прогресса, и уже второй век творцы новых автомобилей, локомотивов, лайнеров и всего того, где требуется современный мотор, поклоняются творению Дизеля.

А почти через год, в июле 1914 года, началась первая мировая война. Это окончательно отодвинуло на задний план загадку исчезновения Рудольфа Дизеля...

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Список литературы, на которую имеются ссылки в тексте

1. Воеводин, В. Первые в мире, первые в России: Эммануил Нобель. [Электронный ресурс]. <http://www.cfin.ru/press/pmix/2001-4/14.shtml>
2. Грибов, И.В. Двигатели внутреннего сгорания. Ч.1. Тяжелые двигатели / И.В. Грибов. – М., Транспечать НКПС, 1930. – 389 с.
3. Гюльднер, Г. Двигатели внутреннего сгорания / Гуго Гюльднер. – М., Макиз, 1927. – 864 с.
4. Гумилевский, Л. История локомотива. ОНТИ. М.- Л., 1937. – 216 с.
5. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель. Его жизнь и деятельность / Лев Гумилевский. – М.-Л.: Энергоиздат, 1934. – 182 с.
6. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель / Лев Гумилевский. – М., 1935. – 296 с.
7. Гумилевский, Л. Творцы первых двигателей / Лев Гумилевский. – ОНТИ., М.- Л., 1936.
8. Дизель, Р. О развитии двигателей Дизеля. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания». – С.Петербург, 1910, стр. 113 – 115.
9. Джодж, А. Быстроходные дизели / А. Джодж. – М., ОНТИ. НКТП. СССР., 1938. – 308 с.
10. Дмитриев, В.П. К истории развития дизелестроения на заводе «Русский дизель» / В.П. Дмитриев, В.Р. Пургин, Н.Т. Рыжов // Двигелестроение. – 1993. – №1 – 2. С. 8 – 13.
11. Дуббель, Г. Двигатели внутреннего горения / Генрих Дуббель. – М.-Л., 1932. – 640 с.
12. Жизнь и смерть Рудольфа Дизеля. [Электронный ресурс]. <http://www.yazib.org/yb030601.html>
13. Заседание 14-го мая 1910 года в 8 часов вечера под председательством Э.Л. Нобеля. Доклад д-ра Р. Дизеля. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания», С.Петербург, 1910. – С. 27 – 28.

14. Зейлигер, М. Двигатели повышенной мощности. (Пер. с нем.) / М.П. Зейлигер. – Л., 1927. – 311 с.

15. Зейлигер, М.П. Термодинамическое исследование быстроходных двигателей Дизеля. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания», С.Петербург, 1910, стр. 22 – 34.

16. Карл фон Линде – человек, который успел все. [Электронный ресурс].
<http://www.rp1990.ru/company/publications/2009/131.html>

17. Контышева О. «Яков Гаккель». [Электронный ресурс].
(<http://pressa.irk.ru/kopeika/2009/35/006001.html>)

18. Матвеев, Ю.И. Развитие и распространение дизелей в России. К 100-летию русской привилегии Г.В. Тринклера на дизельный двигатель / Ю.И. Матвеев, Е.И. Андрусенко. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», – 2010. – 148 с.

19. Мельник, А. Биография Рудольфа Дизеля. [Электронный ресурс] <http://www.dizelist.ru/index.php?option>

20. Мельник, А. Губительная страсть Рудольфа Дизеля. [Электронный ресурс] <http://www.zr.ru/articles/37856>

21. Новиков, Л.А. Нобели в России / Л.А. Новиков // Двигателестроение. – 2009.- №2. – С. 12 – 17.

22. Радциг, А.А. История теплотехники / А.А. Радциг. – М.–Л., 1936. – 430 с.

23. Радциг, А.А.. Сади Карно и его размышления о движущей силе огня». В кн.: «Архив истории науки и техники». Вып. 3. Л., 1934 г.

24. Рудольф Дизель: «Я иду впереди лучших умов человечества». История создания дизельного двигателя. // МАН в России. – 2008. – №1. – С. 3 – 6. [Электронный ресурс].
<http://www.mrmz.ru/article/kp/books/1.htm>

25. Рудольф Дизель. Патент №67207. [Электронный ресурс].
www.carstock.ru/Dictionary/Rudolf_Diesel

26. Румб, В.К. Первые отечественные бескомпрессорные двигатели / В.К. Румб // Двигателестроение. – 2008. – №1. – С. 46 – 48.

27. Сади Карно. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. Серия «Классики естествознания», книга 7. Госиздат, М – Петроград, 1923. – 74 с.

28. Таинственная смерть Рудольфа Дизеля. [Электронный ресурс]. <http://www.100velikih.ru/view86.html>

29. Тринклер, Г.В. Двигателестроение за полу столетие (изд. 2-е) / Г.В. Тринклер. – Л.: Речной транспорт, 1958. – 168 с.

30. 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, стр. 137 – 150.

31. Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания. С.Петербург, 1910.

32. Ушакова, Г.А. История одной книги. [Электронный ресурс] <http://vs600.nounb.sci-ennov.ru/kp/books/2.html>

33. Филиппов, Д.Д. Возникновение, развитие и ближайшие задачи применения двигателей внутреннего сгорания для торгового и военного флота России. В книге «Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания», С.Петербург, 1910, стр. 72 – 84.

34. Шпанов, Н. Рождение мотора / Н. Шпанов. – М. – Л., ОНТИ НКТП Энергоиздат, 1934. – 220 с.

35. MaK Toplaterne. – 1993, №67, November. (Diesel Engine Journal for our Business Friends).

36. Verkleij C.J. “100 Jaar Dieselmotor”. Swz. 1992. – №2. [Электронный ресурс]. <http://www.swzonline.nl/swz-archief/S&W%20archief/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

II. Список литературы о Рудольфе Дизеле [5, стр. 177]

A. Труды Рудольфа Дизеля

A1. Diesel Rudolf, «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Verbrennungsmotoren», Verlag Springer, Berlin, 1893.

A2. Diesel Rudolf, Solidarismus. Natürliche wirtschaftliche Erlösung des Menschen, Verlag Oldenburg, München, 1903. *

A3. Diesel Rudolf, Die Entstehung des Diesel Motors, Verlag Springer, Berlin, 1913. **

Примечание:

* – экземпляр книги был подарен Рудольфом Дизелем писателю Алексею Максимовичу Горькому и хранится в Центральной областной библиотеке им. В.И. Ленина г. Нижнего Новгорода.

** – экземпляр книги был подарен Рудольфом Дизелем владельцу механического завода «Людвиг Нобель» в г. Санкт Петербурге Эммануилу Людвиговичу Нобелю.

Б. Биография Рудольфа Дизеля

На немецком языке

Б1. Hennig R., Buch berühmter Ingenieure, Verlag Neufeld und Henius, Berlin, 1923, S. 167 – 203.

Б2. Matschoss K., Männer der Technik, Verlag VDI, Berlin, 1925, S. 56.

Б3. Feldhaus F., Deutscher Techniker und Ingenieur, Verlag Kempfen, München, 1912, S. 172.

Б4. Eckstein I., Historisch-biographische Blätter, Industrie, Handel und Gewerbe, Ecksteins Biographischer Verlag, Berlin, 1900.

Б5. Fürst A., Ein Erfinderschicksal (Rudolf Diesel), Zeitschrift “Unu”, Berlin, 1925, S. 61 – 64.

Б6. Nachruf für Rudolf Diesel, “VDI”, Berlin 1913, S. 1649.

Б7. Nachruf für Rudolf Diesel, “Stahl und Eisen”, Berlin 1913, S. 1748.

Б8. “50 Jahre Kältetechnik 1879 – 1929”, Geschichte der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen A – 9, Wiesbaden 1929.

На русском языке

Б9. Генниг Р., Рудольф Дизель, биография. Перевод с немецкого А.П. Горбунова. Сборник «Успехи современного дизелестроения», под редакцией В.Ю. Гиттиса, Ленинград, 1924.

Б10. Викентьев Е., Рудольф Дизель (с портретом), журнал «Теплоход», № 1 – 4, Ленинград, 1913.

Б11. Депп Г.Ф., Памяти Рудольфа Дизеля, журнал «Теплоход», № 1 – 4, Ленинград, 1913.

Б12. Н.Б., Рудольф Дизель (некролог), журнал «Двигатель» «20», Ленинград, 1913.

Б13. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель. Его жизнь и деятельность / Лев Гумилевский. – М.-Л.: Энергоиздат, 1934. – 182 с.

Б14. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель / Лев Гумилевский. – М., 1935. – 296 с.

III. История дизелестроения [5, стр. 177 – 178]

На немецком языке

Б1. “Diesel’s rationeller Warmemotor” – 2 Vorträge von R. Diesel und M. Schroeter, Verlag Springer, Berlin, 1897.

Б2. Riedler A. Dieselmotoren, Verlag für Fachliteratur G. m. b. H, Wien, Berlin, London, 1914.

Б3. Meyer P., Beiträge zur Geschichte des Dieselmotors, Verlag Springer, Berlin, 1913.

- B4. Lüders I., Der Diesel-Mythus, Verlag M. Krayn, Berlin, 1913.
- B5. Schroeter M., Diesel's rationeller Wärmemotor, VDI, Berlin, 1897, S. 845.
- B6. Uibrich Kurt, Rudolf Diesel und seine Werk, Zeitschrift "Der Ansparn", Hamburg, 1929, Heft 10.
- На русском языке*
- B7. Кесицкий Н., Развитие двигателей Дизеля. Журнал «Известия Общества по надзору за паровыми котлами», №1 – 9, Киев, 1913.
- B8. Депп Г., Корреспонденция из-за границы. Журнал «Вестник Общества технологов», №7, С. Петербург, 1897.
- B9. Дизель Р. Теория и конструкция рационального термического двигателя. Перевод с немецкого Л. Боровича. Журнал «Вестник Общества технологов». С. Петербург, 1898 г.: стр. 439, и 1899 г.: стр. 45, 117, 153, 202, 203.
- B10. Саткевич В. Мотор Дизеля и его современная научная и жизненная оценка. Сборник «Технический ежегодник». С. Петербург, 1900.
- B11. Блументаль С. Рациональный двигатель Дизеля. Журнал «Бюллетень Политехнического общества» №1. Москва, 1913.
- B12. Нагель А. Современные двигатели Дизеля. Журнал «Бюллетень Политехнического общества», №1. Москва, 1913.
- B13. Нагель А. Современные двигатели Дизеля. Доклад второй. Перевод с немецкого Жуковского и Иконена. Сборник «Успехи современного дизелестроения». Ленинград, 1924.
- B14. Депп Г. Опыты с двигателями Дизеля на заводе Нобель в СПб. Журнал «Записки Русского технического общества», №1. С. Петербург, 1901.
- B15. Силин Е. Судовой двигатель Дизель в России. С. Петербург, 1908.
- B16. Гиттис В. Тепловоз германских железных дорог. Журнал «Вестник Общества технологов», №24. С. Петербург, 1913.
- B17. Филиппов Д. Дизель в торговом и военном флоте. Журнал «Вестник инженеров», №10, 1924 и №4 – 6, 1925. Москва.

Патент №67207.

**Воссоздание текста и перевод выполнены с прилагающегося
текста американского патента №542846 от 16 июля 1895 г.
«Метод и устройство для превращения теплоты в работу»
([www.carstock.ru/Dictionary/Rudolf Diesel](http://www.carstock.ru/Dictionary/Rudolf_Diesel))**



Eigentümer
des Kaiserlichen
Patentamts.

KAISERLICHES



PATENTAMT.

PATENTSCHRIFT

— № 67207 —

KLASSE 48: LUFT- UND GASKRAFTMASCHINEN.

AUSGELEBEN DEN 28. FEBRUAR 1893.

RUDOLF DIESEL IN BERLIN.

Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 28. Februar 1892 ab.

Das Arbeitsverfahren der bisher bekannten Motoren, welche die Verbrennungswärme von Brennstoffen direct im Cylinder zur Arbeitsleistung verwenden, ist durch das theoretische Indicator-diagramm (Fig. 1) gekennzeichnet.

Auf der Curve 1, 2 wird ein Gemenge von Luft und Brennstoff comprimirt, im Punkt 2 wird das brennbare Gemenge entzündet; durch die nun folgende Verbrennung tritt eine plötzliche Drucksteigerung von 2 nach 3 ein, begleitet von einer sehr bedeutenden Temperatursteigerung; die explosionsartige Verbrennung ist eine so rasche, daß der Weg des Kolbens während der Verbrennung nahezu Null ist. Im Punkt 3 ist die Verbrennung der Hauptsache nach beendet. Von 3 nach 1 hin findet Expansion unter Arbeitsverrichtung statt, wodurch Druck und Temperatur der Verbrennungsgase wieder sinken.

Bei allen bisher bekannten Verbrennungsverfahren ist der Verbrennungsvorgang sich selbst überlassen, sobald die Zündung stattgefunden hat; der Druck und die Temperatur werden bei denselben nicht während des eigentlichen Verbrennungsvorganges im Verhältnis zum jeweiligen Volumen der Luftmasse geregelt oder gesteuert.

Aus diesem unrichtigen Verhältnis zwischen Druck, Temperatur und Volumen entspringen bei allen diesen Verfahren folgende Nachteile:

1. Die durch die Verbrennung entstehende Temperatur ist immer so hoch, daß die mittlere Temperatur des Cylindersinhaltes, welche das Dichthalten der Organe, die Schmierung,

überhaupt den praktischen Gang der Maschine ermöglicht, nur durch energische Kühlung der Cylinder- bzw. Ofenwände erreichbar ist, wodurch ein großer Wärmeverlust entsteht.

2. Die Verbrennungsgase werden durch die Expansion ungenügend abgekühlt und entweichen noch sehr heiß, was einen zweiten großen Wärmeverlust bedeutet.

Auch diejenigen Motoren, welche von 1 nach 2, Fig. 1, reine Luft comprimiren und in der Nähe des Punktes 2 plötzlich Brennmaterial unter gleichzeitiger Zündung einspritzen, zeigen die Drucksteigerung 2, 3, verbunden mit bedeutender Temperatursteigerung.

Dasselbe findet statt bei den Motoren, welche die Compression 1, 2 so hoch treiben, daß die durch Compression entstehende Temperatur das Gemisch von selbst entzündet. Die Entzündungstemperaturen der meisten Brennmaterialien liegen sehr niedrig, für Petroleum z. B. bei 70 bis 100° C.; wenn durch die Compression diese Temperatur entstanden ist, was schon bei niedrigen Drucken der Fall ist (bei Petroleum unter 5 Atm., bei Gas ca. 15 Atm.), so findet die Zündung von selbst statt; die auf die Zündung folgende Verbrennung steigt aber auch hier die Temperatur sehr bedeutend und erzeugt die Drucksteigerung 2, 3, Fig. 1. Die bei der Verbrennung auftretende höchste Temperatur oder Verbrennungstemperatur ist von der Entzündungstemperatur, welche nur von den physikalischen Eigenschaften des Brennmaterials abhängt, vollständig unabhängig.

In Praxis beansprucht der Explosions- oder Verbrennungsvorgang eine materielle Zeit, daher gestaltet sich die Linie 2, 3 nicht ganz vertical, sondern, wie punktiert, etwas schräg, mit dem abgerundeten Uebergang bei 3.

Das charakteristische Kennzeichen aller dieser Verfahren bleibt jedoch: Steigerung des Druckes und der Temperatur durch die Verbrennung und während derselben und hierauf folgende Arbeitsleistung durch Expansion; Verbrennungsvorgang nach Zündung sich selbst überlassen.

Das im Folgenden beschriebene neue Verfahren unterscheidet sich vollkommen von allen bisher bekannten. Dasselbe ist durch das theoretische Diagramm (Fig. 2) veranschaulicht. Nach diesem Verfahren wird nach der Curve 1, 2 reine atmosphärische Luft in einem Cylinder so hoch comprimirt, daß durch diese Compression von vornherein vor dem Eintreten einer Verbrennung der höchste Druck des Diagramms und gleichzeitig damit die höchste Temperatur entsteht, also die Temperatur, bei welcher die später erfolgende Verbrennung stattfinden soll, d. h. die Verbrennungstemperatur (nicht Entzündungstemperatur).

Soll z. B. die spätere Verbrennung bei 700° stattfinden, so ist der Druck 64 Atm., für 800° 90 Atm. u. s. w.

Hierauf wird in diese comprimirte Luftmasse von außen fein vertheilter Brennstoff allmählig eingeführt; derselbe entzündet sich, da ja die Luftmasse durch Compression weit über die zur Zündung nöthige Temperatur erhitzt ist; gleichzeitig mit der allmählichen Einfuhr von Brennstoff geht eine Expansion der Luftmasse einher, welche derart geregelt ist, daß die durch Expansion hervorgerufene Abkühlung die durch Verbrennung der einzeln einfallenden Brennstoffpartikel entstehende Wärme sofort aufhebt; infolge dessen aufsert sich die Verbrennung nicht in Temperatursteigerung, sondern lediglich in Arbeitsleistung, und auch nicht in Drucksteigerung, da sie infolge der gleichzeitigen Expansion bei abnehmendem Druck stattfindet.

Die Verbrennung findet statt nach der Curve 2, 3, Fig. 2, sie ist auch nicht plötzlich, sondern findet statt während einer bestimmt vorgeschriebenen Admissionsperiode von Brennstoff während des Kolbenweges w , welche Admissionsperiode durch eine Steuerung geregelt und bestimmt wird, und welche den Erfolg hat, daß der Verbrennungsvorgang nach der Zündung nicht sich selbst überlassen ist, sondern während der ganzen Dauer seines Verlaufes derart geregelt wird, daß Druck, Temperatur und Volumen in vorgeschriebenem Verhältnis stehen. Die Länge dieser Admissionsperiode ist es, welche von der Steuerung festgestellt wird; auch der Regulator be-

einflusst die Länge dieser Periode, welche, wie die Admissionsperiode der Dampfmaschinen, 10 pCt. und mehr des Kolbenweges betragen kann, aber auch unter gewissen Umständen bis auf wenige Procent des Kolbenweges heruntergehen kann.

Würde man die Luft ohne Brennstoffzufuhr expandiren lassen, so würde die Curve 2, 1 entstehen, d. h. die Expansion würde keine Arbeit leisten, sondern lediglich die vorher aufgewendete Compressionsarbeit an den Kolben zurückgeben; dadurch aber, daß Brennstoff allmählig eingeführt wird, entsteht zwischen Curve 1, 2 und 2, 3 an jeder Stelle eine Druckdifferenz p , infolge deren die Expansionsarbeit größer wird als die Compressionsarbeit und eine Nutzarbeit entsteht.

Im Punkt 3 des Diagramms hört die Brennstoffzufuhr auf und die Expansion der Verbrennungsgase geht selbstthätig und arbeitsverrichtend nach Curve 3, 4 weiter. Da der Druck im Punkt 2 zur Erzeugung der höchsten Temperatur ein sehr höher war und auch im Punkt 3 noch sehr hoch ist, so wird die Expansion von 3 nach 4 eine so starke Abkühlung der Gasmasse herbeiführen, daß dieselbe beim Verlassen der Maschine nur unbedeutende Wärmemengen entführt.

Auch hier wird in Praxis die Ecke a des Diagramms sich nicht scharf ausprägen, sie wird vielmehr die punktiert angedeutete abgerundete Form annehmen; auch sind die im Laufe des Textes vorkommenden Ausdrücke, wie »Verbrennung ohne Temperatursteigerung« u. s. w. nicht mathematisch scharf aufzufassen, da der Praxis Rechnung zu tragen ist; es soll nur gesagt sein, daß bei dem neuen Verfahren der höchste Druck und die höchste Temperatur der Hauptsache nach nicht durch Verbrennung, sondern durch mechanische Compression erzeugt werden, und daß durch die Verbrennung und während derselben eine Temperaturerhöhung entweder gar nicht oder nur unbedeutend eintritt, jedenfalls unbedeutend gegen die Erwärmung durch Compression.

Das charakteristische Kennzeichen des Verfahrens bleibt dabei immer folgendes:

Steigerung des Druckes und der Temperatur auf ungefähr ihren Maximalwerth nicht durch Verbrennung, sondern vor der Verbrennung durch mechanische Compression reiner Luft und hierauf folgende Arbeitsleistung durch allmähliche Verbrennung während eines bestimmt vorgeschriebenen Theiles der Expansion, charakterisirt durch eine bestimmt markirte und durch die Steuerung festgelegte Admissionsperiode von Brennstoff.

Nach dem Vorgesagten erzeugt also die Verbrennung selbst, im Gegensatz zu allen bisher bekannten Verbrennungsverfahren, keine bezw.

unwesentliche Temperaturerhöhung; die höchste Temperatur wird durch Compression der Luft erzeugt; sie liegt also in unserer Hand und wird dementsprechend in mäßigen Grenzen gehalten; da außerdem die nachfolgende Expansion die Gasmasse sehr stark abkühlt, so ist ersichtlich, daß keine künstliche Kühlung der Cylinderwände erforderlich ist, daß vielmehr die für die Dichthaltung der Organe, die Schmierung, überhaupt den praktischen Gang der Maschine nötige Mitteltemperatur des Cylinderinhalts lediglich durch das Verfahren selbst hergestellt wird, wodurch sich dasselbe ebenfalls von allen bekannten Verfahren unterscheidet.

In Fig. 3 ist noch eine Abänderung des Verfahrens dahin veranschaulicht, daß die erste Periode der Luftcompression unter Wassereinspritzung erfolgt, wodurch zunächst die flachere Curve 1, 2 entsteht, und daß hierauf erst der zweite Theil der Compression ohne Wassereinspritzung nach der steileren Curve 2, 3 erfolgt, worauf die Verbrennung und Expansion genau geleitet wird, wie bei Fig. 2.

Man erreicht hierdurch viel höhere Compressionsdrücke als bei Fig. 2, ohne deshalb in hohe Temperaturen zu gelangen, welche eine Kühlung des Cylinders erfordern würden.

Infolge des höheren Druckes alles kühlt aber die nachfolgende Expansion von 3 nach 4 die Gasmasse stärker ab; die Abgase entweichen also kälter als bei Fig. 2 und entführen noch weniger Wärme.

Die Abgase können hierbei sogar unter atmosphärischer Temperatur gekühlt entlassen werden und daher noch zu Kühlzwecken dienen.

Der Erfolg des neuen Verfahrens gegen alle bisher bekannten ist eine bedeutende Brennmaterialersparnis für gleiche Arbeitsleistung.

Alle Brennmaterialien in allen Aggregatzuständen sind für Durchführung des Verfahrens brauchbar.

Bei Flüssigkeiten oder Gasen bezw. Dämpfen wird während der Admissionsperiode und so lange dieselbe dauert ein Gas- bezw. Flüssigkeitsstrahl unter Druck möglichst vertheilt in die comprimirt Luftmasse eingeführt. Feste Brennstoffe können in Pulver- oder Staubform eingestreut werden; solche festen Stoffe, welche beim Erhitzen backen oder sich aus anderen Gründen nicht zum Einstreuen eignen, werden vorher vergast. Flüssige Brennstoffe können vorher in Dampf verwandelt und in dieser Form eingeführt werden. Schwer entzündliche Stoffe, wie Anthracit u. dergl., können mit leicht entzündlichen, wie Petroleum u. dergl., gemischt eingeführt werden.

Das Verfahren ist durchführbar in einfach oder doppelt wirkenden, stehenden oder liegenden Cylindern, mit einem oder mehreren auf

gleicher Schwungradachse arbeitenden Kolben mit ein- oder mehrstufiger Compression und Expansion.

Die Fig. 4 und 5 zeigen einen Motor mit einfach wirkendem Cylinder *C* mit Plungerkolben *P*, deren Details für hohe Drücke construirt sind. Kolben *P* ist durch Geradföhrung *a*, Pleuelstange *b* und Kurbel *c* mit der Schwungradachse *d* in gewöhnlicher Weise verbunden.

Die Schwungradwelle treibt bei *f* vermittelst Hyperbelzahnräder die vertical nach oben gehende Welle *g*, welche den Regulator trägt und ihrerseits die horizontale Steuerwelle *h* in Rotation versetzt. Auf letzterer sitzen unrunde Scheiben *i*, welche im richtigen Moment das Luftventil *A*, Fig. 5, und das Kohlenventil *k* öffnen; die letztere Steuerung ist in Fig. 4 ganz sichtbar; die des Ventils *A* ist analog. Beide Ventile würden, sobald die unrunder Scheiben *i* außer Wirkung kommen, durch Federn *l* auf ihre Sitze gedrückt.

Das Verfahren in dem Cylinder *C*, wie es der vorliegenden Erfindung entspricht, ist folgendes:

1. Abwärtsgang des Kolbens *P*, hervorgerufen durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades aus vorhergehenden Arbeitshüben. Dabei wird atmosphärische Luft durch das offene Ventil *A* in den Cylinder *C* gesaugt; die unterste Stellung des Kolbens ist in Fig. 4 punkirt und mit 1 bezeichnet.

2. Aufwärtsgang des Kolbens *P*, immer noch durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades und bei nunmehr geschlossenem Ventil *A*. Dabei wird die vorher angesaugte Luft comprimirt, und zwar auf so hohe Drücke, daß die Temperatur, bei welcher die spätere Verbrennung stattfinden soll, also die ungefähr höchste Temperatur des Verfahrens, lediglich durch diese Compression entsteht. Dieser Compressionsdruck ist durch die vorgeschriebene Verbrennungstemperatur ein unzweideutig bestimmter und wird hergestellt durch den Kolben *P*, welcher in seiner (punktirten) Endstellung 2, Fig. 4, das angesaugte Luftquantum auf das dem vorgeschriebenen Druck entsprechende Volumen gepreßt hat.

Solche Drücke können nicht erreicht werden, wenn der Luft von vornherin Brennmaterial beigemischt ist, wie z. B. bei Gas- und Petroleummotoren, da in diesem Falle schon bei niedrigen Drücken unterwegs, d. h. sobald die Entzündungstemperatur des Brennstoffes erreicht ist, die ja im allgemeinen sehr niedrig liegt, Entzündung eintritt und somit Unterbrechung der vorgeschriebenen Compression durch Verbrennung erfolgt, so daß in solchen Fällen das vorgeschriebene Verfahren undurchführbar ist.

3. Zweiter Abwärtsgang des Kolbens *P* oder eigentlicher Arbeitsgang.

Der Trichter *B* enthält pulverisirte Kohle, welche durch die in Fig. 5 sichtbare Seitenöffnung *n* eingebracht wird. Dieser Trichter ist vom Cylinder *C* abgeschlossen durch einen Hahn *D*, welcher von der Steuerungswelle aus vermittelst der gezeichneten Hyperbelräder in Rotation versetzt wird.

Der Hahn ist in Fig. 6a bis 6d gezeichnet; er besitzt eine seitliche Rille *r*, Fig. 6, welche sich in der oberen Stellung (Fig. 6a) mit Kohlenstaub aus dem Trichter füllt; bei der Drehung wendet sich die Rille nach dem Innern des Cylinders (Fig. 6b); in dieser Stellung gleicht sie zunächst der Druck zwischen dem Innern des Cylinders und der Rille aus, da das lockere Pulver einem Druckausgleich kein Hinderniß bietet; in den weiteren Stellungen, wovon eine durch Fig. 6c dargestellt ist, läßt der Hahn den Kohlenstaub in die comprimirt Luft einfallen; wegen der hohen Temperatur dieser Luft entzündet sich die Kohle und erzeugt Wärme, welche augenblicklich im Moment des Entstehens durch ein entsprechendes Vorwärtsschreiten des Kolbens in Arbeit umgewandelt wird.

Das Einfallen des Pulvers findet allmählig in vorgeschriebener Zeit statt; der Vorgang ist sehr ähnlich dem einer Sanduhr; die Dimensionen des Einfallspaltes bestimmen die Zeitdauer des Einfallens während der vorgeschriebenen Admissionsperiode des Brennstoffes; das Kohlenquantum wird durch die Größe der Hahnritze bestimmt.

Diese inneren Organe in Verbindung mit der äußeren Steuerung bewirken, daß die Admissionsperiode eingehalten wird, und daß die letzten Kohlentheile erst einfallen, wenn der Kolben am Ende der Admissionsperiode anlangt.

Die soeben ausführlich beschriebene allmähliche Verbrennung findet also statt, bis der Kolben die Stellung 3 (in Fig. 4 punktiert) erreicht hat; in diesem Moment ist die Hahnritze entleert und geht am Einfallspalt vorüber; die Brennstoffzufuhr hört also auf. Die Luft, gemischt mit den Verbrennungsgasen, expandirt selbstthätig und arbeitsverrichtend weiter, wobei die ganze Gasmasse wegen des hohen Druckgefülles sehr weit abgekühlt wird, und lediglich durch Arbeitsleistung und ohne Kühlung der Cylinderwände, welche letztere im Gegentheil isolirt sind (isolirende Hülse *s*, Fig. 4).

4. Zweiter Aufwärtsgang des Kolbens *P* durch die lebendige Kraft des Schwungrades.

Dabei wird durch Ventil *A* (oder durch ein besonderes Ausblaseventil) die Gasmasse blasrohrartig in ein nach außen führendes Rohr *p*, Fig. 5, abgeführt; da dieselbe schon vorher durch Expansion fast völlig gekühlt ist, so

entführt sie nur unbedeutende Wärmemengen, als Veriust. Die Rückstände der Verbrennung sind in minimaler Menge in feinsten Staubform in den rasch bewegten und wirbelnden Verbrennungsgasen enthalten und blasen einfach mit aus.

Nach diesem zweiten Aufwärtsgang beginnt das ganze Spiel von neuem.

Die Ingangsetzung des Motors erfolgt, indem man durch die Oeffnung *r*, Fig. 4, comprimirt Luft aus einem Vorrathsgefäß einführt vermittelst eines bei *q* anzuschließenden Rohres; das Vorrathsgefäß wird vom Motor selbst während des Ganges mit comprimirt Luft gefüllt gehalten. Man kann auch bei *q* eine besondere Vorrichtung anbringen, welche es ermöglicht, den Motor durch Entzündung einer kleinen Menge Explosivstoff in Gang zu setzen.

Die Regulirung der Maschine erfolgt, indem bei zu raschem Gang ein Regulator bekannter Construction *E* das Einfallen von Brennstoff aus dem Trichter in die Rille verhindert.

Das kleine Kohlenventil *k* geht allmählig vermittelst der unrunder Scheibe *i* und der Zugstange *m* jede zweite Tour auf und läßt ein gewisses Quantum Kohle zur Rille gelangen. Bei zu raschem Gang rückt der Regulator durch die Zugstange *n* die Rolle am unteren Ende der Stange *m* aus dem Bereich der unrunder Scheibe *i*; das Ventil *k* bleibt also geschlossen und es fällt keine Kohle in den Hahn, also auch nicht in den Cylinder, bis die normale Geschwindigkeit wieder hergestellt ist.

Der beschriebene Motor kann auch liegend ausgeführt werden; die Construction der Organe ändert sich dabei nicht, sondern lediglich deren Lage. Statt des Plungerkolbens kann ein Scheibenkolben angewendet werden, wodurch der Cylinder doppelwirkend wird.

Die beschriebene Ausführungsform hat ähnlich wie die meisten Gasmotoren nur jede zweite Tour einen Arbeitsgang. Man kann aber solcher einfach wirkender Cylinder zwei oder mehr auf gleicher Schwungradachse kuppeln, wodurch der Gang des Motors gleichmäßiger wird.

Man kann die Compression der Luft sowohl, als die Expansion der Verbrennungsgase stufenweise vornehmen und kommt dadurch beispielsweise auf die Ausführungsform Fig. 7.

In dieser Fig. 7 sind die Ventile nur schematisch angedeutet, das Gestell, die Pleuelstange, das Schwungrad u. s. w. weggelassen; alle diese Organe gestalten sich genau wie die Fig. 4 und 5.

In Fig. 7 sind zwei Cylinder *C* mit Plunger *P*, also zwei Verbrennungscylinder, vorhanden, welche in Construction, Steuerungsdetail u. s. w. vollkommen identisch mit dem

Cylinder Fig. 4 und 5 sind. Diese beiden Cylinder *C* sind vermittelt der gesteuerten Ventile *b* an die zwei Seiten eines größeren Mittelylinders *B* angeschlossen; durch die ebenfalls gesteuerten Ventile *a* sind die beiden Verbrennungscylinder mit dem Luftgefäß *L* in Verbindung.

Die Kurbeln der beiden Cylinder *C* stehen gleich und sind gegen die Kurbel des Mittelylinders *B* um 180° versetzt.

Das neue Verfahren bei dieser Ausführungsform gestaltet sich wie folgt:

Kolben *Q* saugt beim Aufwärtsgang unter sich atmosphärische Luft durch Ventil *d* an, comprimirt dieselbe beim Abwärtsgang auf einige Atmosphären und drückt die Luft hierauf durch Ventil *g* nach dem Luftgefäß *L*.

Der untere Theil des Mittelylinders dient also lediglich als Luftpumpe und bewirkt die Vorcompression der Verbrennungsluft. Diese Vorcompression darf nur so weit gehen, daß die durch dieselbe entstehende Erwärmung der Luft in mäßigen Grenzen bleibt. Bei *g* sind noch Wasserdüsen sichtbar, durch welche man während der Vorcompression, zum Zweck der Niedrighaltung der Temperatur, Wasser einspritzen kann. Dieses Wasser wird dann durch den Hahn *h* des Luftgefäßes wieder entlassen.

Das Verfahren kann sowohl mit als ohne Wassereinspritzung durchgeführt werden.

Der Vorgang in den Cylindern *C* ist genau derselbe, wie bei Fig. 4 und 5 geschildert wurde. Nur saugt der Kolben *P* beim Abwärtsgang die Luft nicht aus der Atmosphäre, sondern aus dem Gefäß *L*, wo die Luft bereits unter dem Druck steht. Beim Aufwärtsgang vollbringt also der Kolben *P* die zweite Stufe der Compression bis auf die vorgeschriebene Höhe. Die Endstellungen des Kolbens unten und oben sind punkirt mit 1 und 2 bezeichnet.

Hierauf geht Kolben *P* wieder abwärts unter allmählicher Brennmaterialzufuhr und gesteuerter Verbrennung bis zur Stellung 3, wie früher geschildert.

Bei 3 hört die Brennstoffzufuhr auf und die Luft expandirt weiter; ist der Kolben in der untersten Stellung 1 angekommen, so öffnet sich das Ventil *b*; Kolben *Q* ist in diesem Moment gerade oben infolge der Stellung der Kurbeln; beim Weitergang geht *P* aufwärts und *Q* abwärts, und es findet weitere Expansion der Verbrennungsgase bis auf das Volumen des Cylinders *B* statt; hierauf schließt sich Ventil *b* und *f* öffnet sich, so daß beim nächsten Aufwärtsgang von Kolben *Q* die Verbrennungsgase durch *f* in die Atmosphäre entlassen werden, und zwar völlig gekühlt, da deren ganzer Wärmeinhalt durch die arbeitsleistende Expansion aufgezehrt ist.

Es wurde schon erwähnt, daß bei dieser Ausführungsform die Abgase mit Temperatur unter der atmosphärischen entlassen werden und eventuell noch zu Kühlzwecken dienen können.

Da die Cylinder *C* nur jede zweite Tour eine Verbrennungsperiode haben, so erreicht man durch das Anbringen von zwei solchen Cylindern, daß bei jeder Tour eine Verbrennung, d. h. ein Arbeitsgang, eintritt, indem die Verbrennung abwechselnd rechts und links stattfindet. Nichts steht im Wege, statt zweier Verbrennungscylinder deren nur einen, oder andererseits mehr als zwei anzubringen, wobei dann auch der untere Theil des Cylinders *B* als Expansionscylinder benutzt werden kann; die Luftpumpe zur Vorcompression muß dann für sich allein bestehen und vorcomprimirte Luft in das Reservoir *L* liefern.

Die Luft des Reservoirs *L* dient bei dieser Ausführungsform ohne Weiteres zur Inangsetzung des neuen Motors, indem man denselben einige Touren lang mit Volldruck aus diesem Reservoir speist und die Verbrennung erst einleitet, wenn das Schwungrad die nöthige lebendige Kraft erreicht hat.

Die Vorrichtung für allmähliche Brennstoffzufuhr richtet sich nach den speciellen Eigenschaften des gerade angewendeten Materials.

Für feste gepulverte Stoffe kann statt des beschriebenen rotirenden Hahnes eine Streudüse oder eine kleine Pumpe angewendet werden; für Flüssigkeiten verwendet man eine Zerstäubungsdüse oder ein kleines Pümpchen; für Gase ebenfalls eine kleine Pumpe oder irgend eine Vorrichtung, welche geregelt und allmähliches, mit dem Kolbenweg in bestimmter Abhängigkeit stehendes Einführen des Brennstoffes gestattet.

Lediglich als ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 8 bis 10 noch ein Motor gezeichnet, welcher das geschiederte Verfahren mit flüssigen Brennmaterialien durchführt, und bei welchem gleichzeitig die äußere Steuerung, insbesondere diejenige zur allmählichen Zufuhr von Brennstoff, eine ganz andere Construction zeigt.

Diese Maschine besteht aus zwei ganz gleichen, einfach wirkenden Cylindern mit Pumpenkolben, deren Kurbeln auf der gemeinsamen Schwungradwelle gleich stehen. Gestell, Schwungrad und Antrieb der Steuerwelle gestalten sich fast genau wie bei Fig. 4 und 5 und sind nicht gezeichnet.

In den Cylindern findet die Verbrennung abwechselnd statt, so daß bei jeder Tour ein Arbeitsvorgang auftritt.

In Fig. 8 ist der eine Cylinder in Verticalschnitt, der zweite in Vorderansicht mit seiner isolirenden Hülle gezeichnet.

ab so allmählig stattfindet, daß die Verbrennung wegen des ausschließenden Kolbens und der dadurch bewirkten Expansion der verdichteten Luft (bezw. des Gases) ohne wesentliche Druck- und Temperaturerhöhung erfolgt (Curve 2-3 des Diagramms Fig. 2), worauf nach Abschluß der Brennstoffzufuhr die weitere Expansion der im Arbeitscylinder befindlichen Gasmasse stattfindet (Curve 3-4 des Diagramms Fig. 2).

3. Eine Ausführungsart des unter 1. gekennzeichneten Verfahrens, bei welcher zwecks mehrstufiger Compression und Expansion an dem Verbrennungscylinder eine Vorcompressionspumpe mit Zwischenbehälter und ein Nachexpansionscylinder angeschlossen wird, oder bei welcher mehrere Verbrennungscylinder unter sich oder mit den genannten Cylindern für Vorcompression und Nachexpansion gekuppelt werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen.

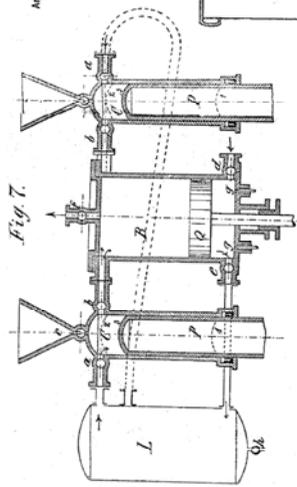


Fig. 7.

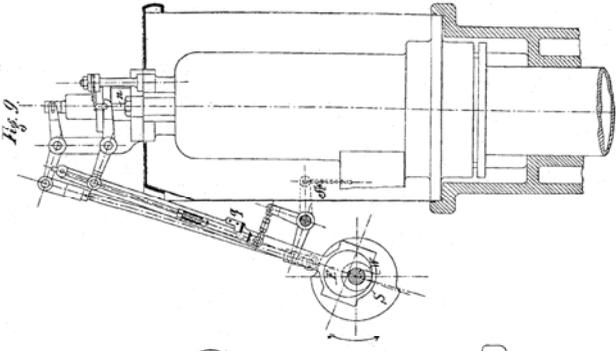


Fig. 9.

RUDOLF DIESEL IN BERLIN.
 Arbeitervorführer und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen

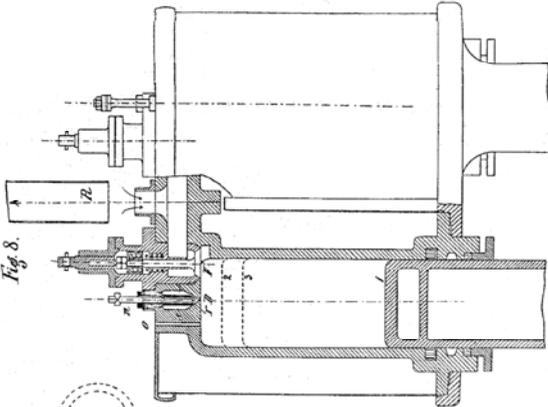


Fig. 8.

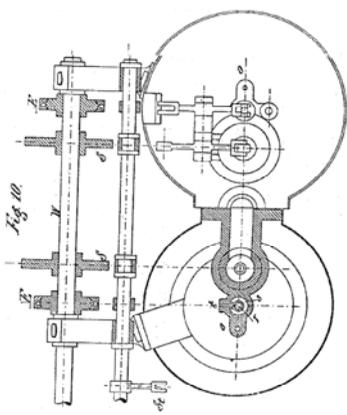


Fig. 10.

Zu der Patentschrift
 Nr. 67207.

UNITED STATES PATENT OFFICE.

RUDOLF DIESEL, OF BERLIN, GERMANY.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. 542,846, dated July 16, 1895.

Application filed August 26, 1892. Serial No. 444,246. (No model.) Patented in Germany February 28, 1892, No. 67,207; in Switzerland April 2, 1892, No. 6,221, and in England April 14, 1892, No. 7,241.

To all whom it may concern:

Be it known that I, RUDOLF DIESEL, a subject of the Kingdom of Bavaria, residing at Berlin, in the Kingdom of Prussia, German Empire, have invented a new and useful Process for Obtaining Motive Power by the Combustion of Fuel of Any Kind, (for which I have obtained Letters Patent in Great Britain, No. 7,241, dated April 14, 1892; in Switzerland, No. 5,221, dated April 2, 1892, and in Germany, No. 67,207, dated February 28, 1892,) of which the following is a specification.

My invention has reference to improvements in the methods of and apparatus for converting heat into work.

In the accompanying drawings, Figure 1 represents the theoretical diagram of a gas-engine of a usual construction. Figs. 2 and 3 are theoretical diagrams of the cycles according to my invention. Fig. 4 is a sectional elevation of a single-acting engine constructed according to my invention. Fig. 5 is a sectional detail thereof. Fig. 6 illustrates detail sections of the admission-plugs for the fuel. Fig. 7 is a sectional elevation of a modified form of engine. Figs. 8 and 9 are sectional elevations of a second modified form. Fig. 10 is a sectional plan thereof.

Similar letters and figures indicate corresponding parts throughout the several views of the drawings.

The cycle of the ordinary internal combustion-engines is illustrated by the theoretical diagram shown in Fig. 1. The curve 1 2 in said diagram represents the compression of the mixture of air and gaseous fuel. At point 2 the mixture is ignited and by the now ensuing combustion or explosion a sudden increase of pressure is produced, accompanied by a very considerable increase in temperature. The explosion being substantially instantaneous, the stroke of the piston during combustion is approximately zero. At point 3 the combustion is essentially finished. From 3 to 1 an expansion takes place in performing work, accompanied by a decrease in pressure and temperature.

Heretofore the combustion of the gaseous mixture has been left entirely to itself immediately after ignition, no attempt having been made to regulate or control the pressure and

temperature during the combustion with reference to the existing volume of the body of air. From this condition of matters result the following disadvantages: First, the temperature produced by the combustion is so high that it is impossible to obtain a mean temperature which will permit lubrication and the maintenance of the parts in proper condition for practical working without the presence of arrangements for cooling the cylinders; second, the products of combustion are insufficiently cooled by expansion and escape while in a hot condition, with the consequent loss of heat and energy. Particular types of the above-mentioned class of engines also possess the same defects.

In engines where the air is first compressed from 1 to 2, Fig. 1, and the fuel then injected in the neighborhood of point 2 and the mixture ignited simultaneously with injection, show the increase of pressure 2 3 and a considerable increase of temperature. Again, the same takes place in engines which carry the compression of the gaseous mixture to such a degree that the same is spontaneously ignited by the temperature of compression.

The points of ignition of most fuels are very low. (Petroleum at from 70° to 100° centigrade.) When by compression this temperature has been reached, (in the case of petroleum at a pressure less than five atmospheres and in the case of gas at about fifteen atmospheres,) the ignition takes place, and by the ensuing combustion the temperature is very considerably raised and the increase of pressure 2 3, Fig. 1, is produced. The highest temperature of combustion is entirely independent of the burning or igniting points, the same depending on the physical properties of the fuel. Practically, of course, the combustion or explosion requires a short but material time, and for this reason the line 2 3 is not quite vertical, but somewhat inclined, with a rounded transition at 3.

The characteristic feature of the cycles of all these engines may therefore be expressed as follows: increase of pressure and temperature by and during combustion and the subsequent performance of work by expansion, the process of combustion being left to itself after ignition.

The method forming my present invention differs from all those previously described, and is illustrated by the theoretical diagram shown in Fig. 2. Referring to this diagram, pure atmospheric air is compressed, according to curve 1 2, to such a degree that, before ignition or combustion takes place, the highest pressure of the diagram and the highest temperature are obtained—that is to say, the temperature at which the subsequent combustion has to take place, not the burning or igniting point. To make this more clear, let it be assumed that the subsequent combustion shall take place at a temperature of 700°. Then in that case the initial pressure must be sixty-four atmospheres, or for 800° centigrade the pressure must be ninety atmospheres, and so on. Into the air thus compressed is then gradually introduced from the exterior finely-divided fuel, which ignites on introduction, since the air is at a temperature far above the igniting-point of the fuel. The gases in the cylinder are now permitted to expand with the gradual introduction of fuel and the expansion so regulated that the decrease in temperature by expansion counterbalances the heat produced by the combustion of the fresh particles of fuel. The effect of combustion will therefore not be increase in temperature or pressure, but increase in actual energy exerted. The combustion takes place according to the curve 2 3, Fig. 2, from which it will be seen that it is not in the nature of an explosion, but rather takes place during a period of time corresponding to the portion w of the stroke of the piston and determined by the point of cut-off. At the point of cut-off 3 the supply of fuel ceases and the expansion of the gases of combustion, without transfer of heat, continues according to curve 3 4. Since the pressure at point 2 of the diagram was very high and is still very high at point 3, the consequent expansion after cut-off (3 to 4) so cools the gases that in leaving the engine they carry away only an insignificant quantity of heat. It will thus be seen that the combustion of the gases is not left to itself after ignition, but is so regulated during its whole duration that pressure, temperature, and volume are in a prescribed proportion.

If the air were allowed to expand without any supply of fuel, the curve 2 1 would be formed—i. e., the expansion would do no work, but restore only the previous work of compression; but by gradually introducing fuel a difference of pressure p is formed between the curves 1 2 and 2 3, in consequence whereof a useful effect is produced.

As with the other types of engines before mentioned, the diagram will assume more the nature of the diagram shown by broken lines. The characteristic features of the cycle according to my present invention are therefore, increase of pressure and temperature up to the maximum, not by combustion, but prior to combustion by mechanical compression of air, and thereupon the subsequent

performance of work without increase of pressure and temperature by gradual combustion during a prescribed part of the stroke determined by the cut-off.

According to what has been above stated, the process of combustion itself differs from all the hitherto methods, in that there is no increase of temperature produced, or at the most only a very slight one, and the highest or extreme temperature is produced by the compression of the air. It is therefore under control and will be kept within moderate limits, and moreover, in view of the cooling of the products of combustion by the subsequent expansion, no artificial cooling is required for the cylinder, the mean temperature of the gases being such that the parts of the engine can be kept tight and lubricated.

In Fig. 3 I have shown a diagram obtained when the previously-described method is varied by cooling the air during the first portion of the compression—for instance, by means of an injection of water. In this case the flat curve 1 2^a is formed and then the steeper curve 2^a 2. By this means I can attain considerably higher pressures than those obtained by the first method without reaching such high temperatures as would necessitate artificial cooling of the cylinder. In consequence of the greater fall of pressure in expanding from 3 to 4, the gases are cooled to a greater extent than before and a higher useful effect is obtained. The exhaust-gases may in this case be cooled even below the temperature of the surrounding atmosphere and utilized for refrigerating purposes.

My method of working the fuels may be carried out with any kind of fuel, whether solid, liquid, or gaseous. In the case of liquids, gases, or vapors a jet of the fluid under pressure is dispersed in as finely-divided state as possible into the compressed air during the period of admission. Solid fuels may be introduced in a pulverulent or comminuted condition. Such solid fuels which agglomerate in heating or are unsuitable for other reasons are previously converted into gases. Liquid fuels may be previously converted into vapor and introduced in this form. Substances—such, for instance, as anthracite—which are not readily inflammable may be mixed with readily inflammable material, such as petroleum or the like.

The method of working the fuel above described may be carried out in any suitable engine, either single or double acting, and in engines containing one or more cylinders. I will now proceed to describe some particular forms especially constructed for carrying out said method.

Reference being had at present to Figs. 4 and 5 of the drawings, the letter C designates a single-acting cylinder especially constructed for the use of coal in a finely-divided condition. P is a plunger constructed for high pressures. b is the connecting-rod; c , the crank; d , the shaft, and a the guides for the plunger.

E is the governor whose shaft *g* is connected to the shaft *d* by suitable gears at *f*. At the upper end of the cylinder is located a hopper B provided with a charging-opening *n*, Fig. 5, and placed in communication with the cylinder. A disk-valve *k* closes the discharge end of the hopper and below the same is located a turning valve or plug D by which the fuel is fed to the cylinder. A is the air-admission valve arranged in a passage entering the cylinder laterally. The valves are in this instance operated from a horizontal shaft *h* geared to the governor-shaft *g*. On the distributing-shaft *h* is secured a cam *i*, connected with the stem of the air-admission valve A, and on said shaft is mounted a second similar cam operating the hopper-valve *k* by a lever-and-rod connection *m*. Suitable springs *l* hold the valves A *k* upon their seats. The fuel-admission valve D is turned by a suitable worm-and-gear connection with the distributing-shaft *h*.

Referring to Fig. 6, it will be seen that the valve D is provided with a radial groove or chamber *r*, which, when facing upward, is charged with fuel and when brought to face downward discharges the same into the cylinder, the pressure being equalized owing to the loose condition of the fuel.

I will now proceed to describe the operation of the engine. On the first downward stroke of the plunger induced by the inertia of the fly wheel atmospheric air is drawn into the cylinder through the open admission-valve A. The midway position of the plunger P is shown by full lines in Fig. 4, in which position the valve A is closed. On the succeeding upward stroke, also induced by the inertia of the fly-wheel, the air in the cylinder is compressed by plunger P to such an extent that the temperature at which later on the combustion has to take place is produced by this compression only. The pressure is determined by the temperature of combustion of the fuel. On the second downward stroke or actual working stroke of the plunger the fuel-admission valve D is turned to admit the fuel to the cylinder. This introduction of fuel takes place gradually with the turning of the valve in proportions depending on the size of the chamber *r* therein. The fuel, as it gradually falls into the highly-compressed air, ignites and is consumed, producing heat which is converted into work on the forward stroke of the piston. The supply of fuel continues until the piston has arrived to the position 3, when the chamber *r* is empty and has cleared the inlet-opening of the cylinder. After the point of cut-off the gases continue to expand and perform work, while in view of the great reduction in pressure they are considerably cooled, and this solely by doing work. Consequently the cylinder need not be cooled by artificial means, but may be provided with an insulating-jacket *s*. On the second upward stroke of the piston the exhaust-gases are driven out with considerable force through

the valve A or through a separate exhaust-opening into a pipe *p* and led away. The residues of combustion being suspended in a finely-divided state in the whirling gases are blown out with the same. The motor is started by introducing through the opening *v* compressed air from a reservoir by means of the pipe *q*. If desired a special device may be used at *q* for igniting a small quantity of explosive matter. The supply of fuel is regulated by the governor E in any suitable manner—for instance, by permitting the hopper-valve *k* to remain closed in case the engine runs too fast, thus depriving the engine of fuel until the normal speed is re-established. This may be accomplished by throwing the end of the lever *m* out of contact with its operating-cam *i* for one or more strokes of the engine by the rod-and-lever system *n*, connected with the sleeve of the governor.

It is evident that the engine described may be arranged horizontally without altering the principle of the construction by suitably changing the positions of the parts or a double-acting engine may be constructed on the same principle; also, two or more single engines may be coupled in the usual manner to form a multiple engine.

The compression of the air, as well as the expansion of the gases, may be effected by increments. An engine for operating in this manner I have illustrated in Fig. 7. In this figure the valves are indicated diagrammatically. The frame, the connecting-rod, the fly-wheel, &c., are omitted, all these parts being exactly the same as shown in Figs. 4 and 5. The engine consists of two cylinders C with plungers P—that is to say, two combustion-cylinders, the construction, distributing devices, &c., of which are identical to those of the cylinder represented in Figs. 4 and 5. These two cylinders C are connected by means of the controlled valves *b* to the two sides of a larger central cylinder B, and by the two valves *a*, which are also controlled, the two combustion-cylinders are in communication with the air-reservoir L. The cranks of the two cylinders C are arranged in the same position and they form, with the crank of the central cylinder B, an angle of one hundred and eighty degrees. The operation of this engine is as follows: The piston Q of cylinder B draws in air during its upward stroke through valve *d*, compresses the latter in its downward stroke to a certain pressure, and then forces the air through valve *g* to the air reservoir L. The lower part of the central cylinder therefore only serves as an air-pump and effects the preparatory compression of the air for combustion. This preparatory compression should go only to such an extent that the heating of the air produced by this compression remains within moderate limits. Water-nozzles are arranged at *g*, through which during the preparatory compression water at a low temperature may be injected. This water is then discharged again through the cock

$\frac{1}{2}$ of the air-vessel. The process may, however, be carried out either with or without injection of water. The action in the cylinder C is exactly the same as has been described with reference to Figs. 4 and 5, excepting that piston P does not draw in the air directly from the atmosphere, but from reservoir L, in which the air is under pressure. On its upstroke piston P therefore effects the second stage of the compression up to the prescribed degree. The lower and upper end positions of the piston are shown in dotted lines and marked 1 and 2. Piston P now moves downward again to position 3, fuel being during this time gradually introduced and the combustion controlled, as above described. At 3 the admission of fuel ceases and the air continues to expand. When the piston has arrived in its lowest position, valve *b* opens, and piston Q is at this moment just in its upper position owing to the arrangement of the cranks. Piston P then moves upward and piston Q downward, and a further expansion of the combustion gases up to the volume of cylinder B takes place, whereupon valve *b* closes and valve *f* opens, so that in the ensuing upward stroke of piston Q the gases of combustion are expelled through valve *f* into the atmosphere in a perfectly-cool condition, since their entire heat will have been consumed by the work done in expanding.

It has already been mentioned that in this construction the exhaust-gases can be caused to escape with a temperature which is below that of the surrounding atmosphere, so that they may then serve for refrigeration. As the cylinders C have a working-stroke only once in every two revolutions, I attain by arranging two such cylinders a working-stroke for each revolution, as the combustion is made to take place alternately in the two cylinders. There is no objection to using only one combustion-cylinder in place of two, or, on the other hand, more than two, in which latter case the lower part of the cylinder B may then be used as an expansion-cylinder. The air-pump for the preparatory compression should then be arranged separately and force previously-compressed air into the reservoir L. The compressed air in the reservoir L serves in this construction also for starting the motor, as the latter may be fed during several revolutions from this reservoir with full pressure, the ignition taking place after the fly-wheel has attained the necessary momentum.

The device for gradually introducing fuel is dependent on the peculiar properties of the material employed. For solid pulverized substances in lieu of the described revolving cock a powder-nozzle or a small pump may be used. For liquids a spray-nozzle or a small pump is employed. For gases also a small pump or any other suitable device permitting the gradual introduction of the fuel in a definite proportion to the piston-stroke may be used.

Figs. 8 to 10 show a construction for a motor in which liquid fuel is employed, and at the same time the external distributing device, in particular the device for gradually introducing fuel, is of a quite different construction. This engine consists of two identical single-acting cylinders provided with plunger-pistons, the cranks of which are arranged on the common fly-wheel shaft in the same position. The frame, fly-wheel, and distributing device are substantially the same as illustrated in Figs. 4 and 5 and therefore not represented. The combustion in the cylinders takes place alternately, so that at each revolution a working-stroke is effected. The process in each cylinder is the same as described with reference to Figs. 4 and 5, viz: drawing in of air through valve V, then compression by one stroke up to the end position 2 of the piston, (shown in dotted lines); introduction of liquid fuel through nozzle D and combustion of same during the prescribed period of admission 2 3, Fig. 8; finally, expansion of the gases of combustion and exhausting through valve V into an outward-leading pipe R. As the drawing in of air follows immediately after the exhaust, the valve V remains open during a whole revolution and then closed during a whole revolution. This simplest possible regulation is effected by cam S, Figs. 9 and 10, by means of the bent lever, as shown in the drawings. The cam S is carried by the distributing-shaft W, which latter is driven by the shaft of the fly-wheel in a similar way, as in Figs. 4 and 5. The nozzle D is kept closed by the needle *n* and serves for gradually admitting the fuel. The liquid fuel is in the inner space *r* of the nozzle D, and is maintained there by means of a feed-pump (not shown) provided with an air-chamber under a pressure which is higher than the highest pressure of compression of the air in the cylinder.

In Fig. 10 is shown at *t* the branch pipe for the liquid fuel coming from the pump and leading to the nozzle. At the moment of the highest compression—i. e., when the piston is in the position 2—the needle *n* is opened by the distributing-gear and allows a thin jet of liquid to enter through the very small opening D, as the liquid is under a pressure greater than the cylinder-pressure. This entrance of fuel continues up to position 3 of the piston, where the distributing device cuts it off exactly, whereupon the gases of combustion, continue to expand. For regulating the jet of fuel I have provided here exactly the same construction by which, in Sulzer's valve-gears, the period of steam admission is regulated. An eccentric E moves the steel side piece *q* in an oviform curve up and down. The steel block *r* is attached to the rod which actuates needle *n*. As soon as the piece *q*, moving downward, strikes against the piece *r*, the needle is opened and remains open until the steel piece *q* releases the piece *r*. As the piece *r* is adjustable from the governor

h of the air-vessel. The process may, however, be carried out either with or without injection of water. The action in the cylinder C is exactly the same as has been described

Figs. 8 to 10 show a construction for a motor in which liquid fuel is employed, and at the same time the external distributing device, in particular the device for gradually

by means of the rod *S*₄ (see Fig. 9), the governor regulates simultaneously in the two cylinders the duration of the period of admission of fuel, and in consequence thereof the speed of the engine.

In Figs. 8 and 10 there is formed round the nozzle D an annular space *s*, which is in free communication with the interior of the cylinder. When the piston moves backward under decreasing pressure, the air flows from this annular space back into the cylinder and serves in this way both for dividing the jet of fuel and for producing turbulent motion for distributing the combustion heat over the whole air volume. This annular space *s* is only of practical importance and is not essential for the process.

There is, moreover, in Figs. 8 and 10 at O an opening for introducing compressed air or gases from explosive substances serving to start the motor. When in Fig. 8, in place of liquid, gas or vapor is compressed in the inner space *r* of the nozzle D the same construction may be employed. It is therefore not necessary to show a construction of engine for this application. It is especially to be remarked that the thermal results are independent of the kind of gas contained in the cylinder. It is sufficient if the quantity of air necessary for combustion is provided. The other considerable quantity of gas, which acts only as a carrier of heat, may consist in former combustion gases, added foreign gases, and vapors or aqueous vapor without altering the result.

It follows from the above that closed engines might be arranged so as to take up at each stroke only a small quantity of fresh air for insuring the combustion, but which retain essentially always the same body of gas, a small exhaust of course excepted.

What I claim as new, and desire to secure by Letters Patent, is—

1. The herein described process for converting the heat energy of fuel into work, consisting in first compressing air, or a mixture of air and neutral gas or vapor, to a degree producing a temperature above the igniting point of the fuel to be consumed, then gradually introducing the fuel for combustion into the compressed air while expanding against a resistance sufficiently to prevent an essential increase of temperature and pressure, then discontinuing the supply of fuel and further expanding without transfer of heat.

2. In an internal combustion engine, the combination with the cylinder and piston, of a valved suction inlet for air or a mixture of air and neutral gas, a valved fuel feed constructed to gradually discharge the fuel into the cylinder, and means in operative connection with the feed valve for opening the same at the commencement of the working stroke of the piston and for closing the same at a predetermined part of the stroke, substantially as described.

3. In an internal combustion engine of the character specified, the combination of a combustion cylinder provided with means for gradually introducing fuel therein up to the point of cut-off, a compressor for air, a reservoir connected with the latter and with the cylinder, and an expansion chamber for the exhaust gases, substantially as described.

In testimony whereof I have signed my name to this specification in the presence of two subscribing witnesses.

RUDOLF DIESEL.

Witnesses:
LUDWIG GLASER,
EDUARD FEITZ.

R. DIESEL.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

No. 542,846.

Patented July 16, 1895.

Fig. 1.

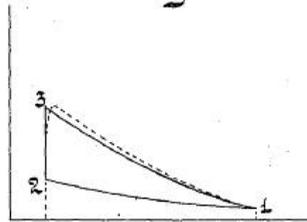


Fig. 2.

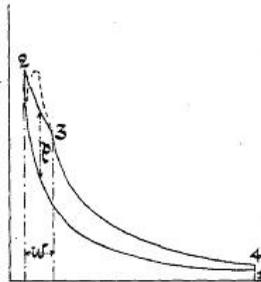
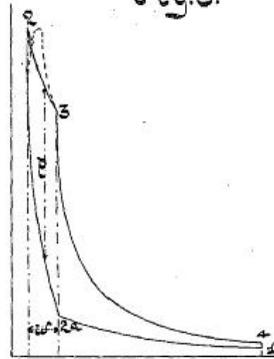


Fig. 3.



WITNESSES:

Chas. W. Arnold
Eugenie A. Peridon

INVENTOR:

Rudolf Diesel,

BY

Alfred Dubau
ATTORNEY

(No Model.)

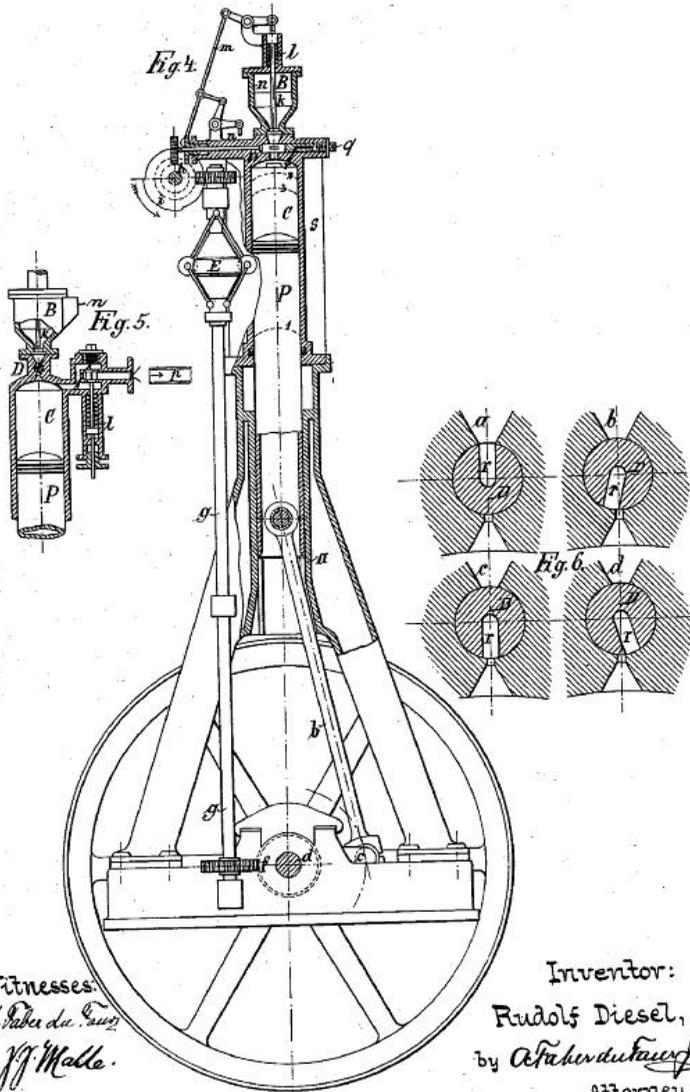
5 Sheets—Sheet 2.

R. DIESEL.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

No. 542,846.

Patented July 16, 1895.



Witnesses:
R. Diesel
J. F. Malle

Inventor:
Rudolf Diesel,
by *A. F. Malle*
Attorney.

R. DIESEL.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

No. 542,846.

Patented July 16, 1895.

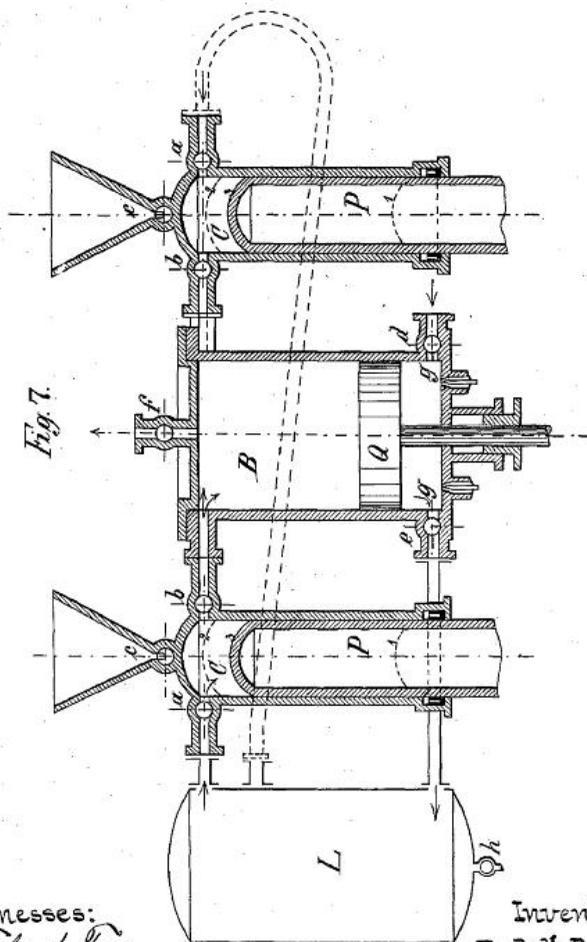


Fig. 7.

Witnesses:
A. Faber du Faur,
J. J. Wall.

Inventor:
Rudolf Diesel,
by *Alfred Dickhoff,*
Attorney,

R. DIESEL.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

No. 542,846.

Patented July 16, 1895.

Fig. 8.

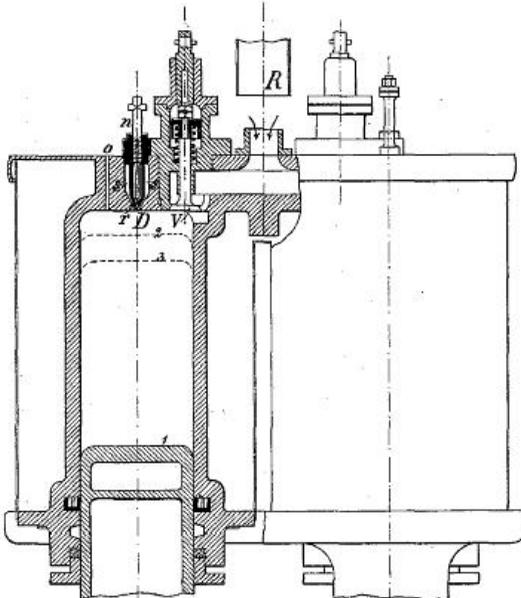
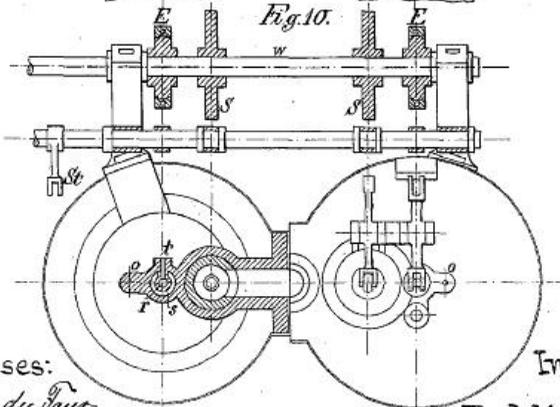


Fig. 10.



Witnesses:

A. Faber du Saubert
J. J. Malle.

Inventor:

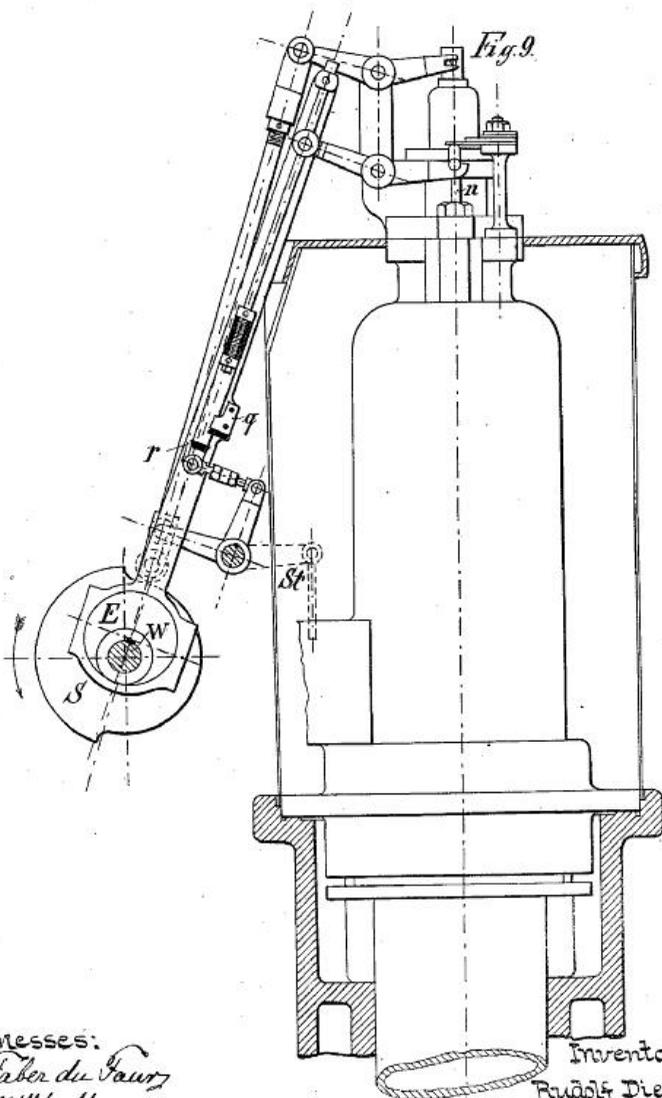
Rudolf Diesel,
 by *A. Faber du Saubert*
 Attorney.

R. DIESEL.

METHOD OF AND APPARATUS FOR CONVERTING HEAT INTO WORK.

No. 542,846.

Patented July 16, 1895.



Witnesses:
A. Faber du Faur
J. J. Malle.

Inventor:
Rudolf Diesel.
by *A. Faber du Faur*
Attorney.

United States Patent Office.

RUDOLF DIESEL, OF BERLIN, GERMANY.

Method of and apparatus for converting heat into work.

Specification forming part of Letters Patent No. 542846, dated July 16, 1895.

To all whom it may concern:

Be it known that I, Rudolf Diesel, a subject of the Kind of Bavaria, residing at Berlin, in the Kingdom of Prussia, German Empire, have invented a new and useful Process for Obtaining Motive power by the Combustion of Fuel of Any Kind, (for which I have obtained Letters Patent in Great Britain, No.7241, dated April 14, 1892; in Switzerland, No.5221, dated April 2, 1892, and in Germany, **No. 67207, dated February 28, 1892**) of which the following is a specification.

My invention has reference to improvements in the methods of and apparatus for converting heat into work.

In the accompanying drawings, Figure 1- represents the theoretical diagram of a gas engine of usual construction. Figures 2 and 3 - are theoretical diagrams of the cycles according to my invention. Figure 4 - is a section elevation of a single-acting engine according to my invention. Figure 5 - is a sectional detail there of. Figure 6 - illustrates details sections of the admission-plugs for the fuel. Figure 7 - is a section elevation of a unmodified form of engine. Figure 8 and 9 - are sectional elevations of a second modified form. Figure 10 - is a sectional plan there of.

Similar letters and figures indicate corresponding parts throughout the several views of the drawings.

The cycle of the ordinary internal combustion engine is illustrated by the theoretical diagram show in Figure 1. The curve 1-2 in said diagram represents the compression of the mixture of air and gaseous fuel. At point 2 the mixture is ignited and by the now ensuing combustion or explosion a sudden increase of pressure is produced, accompanied by very considerable increase in temperature. The explosion being substan-

tially instantaneous, the stroke of the piston during combustion is approximately zero. At point 3 the combustion is essentially finished. From 3 to 1 an expansion takes place in performing work. Accompanied by a decrease in pressure and temperature.

Here to fore the combustion of the gaseous mixture has been left entirely, to itself immediately after ignition, no attempt having been made to regulate or control the pressure and temperature during the combustion with reference to the existing volume of the body of air. From this condition of matters result the following disadvantages: First, the temperature produced by the combustion is so high that it is impossible to obtain a mean temperature which will permit lubrication and the maintenance of the parts in proper condition for practical working without the presence of arrangements for cooling the cylinders; second, the products of combustion are insufficiently cooled by expansion and escape while in a hot condition, with the consequent loss of heat and energy. Particular types of the above – mentioned classes of engines also possess the same defects.

In engines where the air is first compressed from 1 to 2, Figure 1, and the fuel then injected in the neighborhood of point 2 and the mixture ignition, show the increase of pressure 2-3 and a considerable increase of temperature. Again, the same takes place in engines which carry the compression of the gaseous mixture to such a degree that the same is spontaneously ignited by the temperature of compression.

The points of ignition of most fuels are very low. (Petroleum at from 70° to 100° centigrade.) When by compression this temperature has been reached, (in the case of petroleum at a pressure less than five atmospheres and in case of gas at about fifteen atmospheres), the ignition takes place, and by the ensuing combustion the temperature is very considerably raised and the increase of pressure 2-3, Figure 1, is produced. The highest temperature of combustion is entirely independent of the burning or ignition points, the same depending on the physical properties of the fuel. Practically, of course, the combustion or explosion requires a shot but material time, and for this reason the line 2-3 is not quite vertical, but somewhat inclined, with a rounded transition at 3.

The characteristic feature of the cycles of all these engines may therefore be expressed as follows: increase of pressure and temperature by and during combustion and the subsequent performance of work by expansion, the process of combustion being left to itself after ignition.

The method forming my present invention differs from all those previously described, and is illustrated by the theoretical diagram shown in Figure 2. Referring to this diagram, pure atmospheric air is compressed, according to curve 1-2, to such a degree that, before ignition or combustion takes place, the highest pressure of the diagram and the highest temperature are obtained – that is to say, the temperature at which the subsequent combustion has to take place, not the burning or ignition point. To make this more clear, let it be assumed that the subsequent combustion shall take place at a temperature of 700° . Then in that case the initial pressure must be sixty-four atmospheres, or for 800° centigrade the pressure must be ninety atmospheres, and so on. Into the air thus compressed is then gradually introduced from the exterior finely-divided fuel, which ignites on introduction, since the air is at a temperature far above the igniting-point of the fuel. The gases in the cylinder are now permitted to expand with the gradual introduction of fuel and the expansion so regulated that the decrease in temperature by expansion counterbalances the heat produced by the combustion of the fresh particles of fuel. The effect of combustion will therefore not be increase in temperature or pressure, but increase in actual energy exerted. The combustion takes place according to the curve 2-3, Figures 2, from which it will be seen that it is not in the nature of an explosion, but rather takes place during a period of time corresponding to the portion w of the stroke of the piston and determined by the point of cut-off. At the point of cut-off 3 the supply of fuel ceases and the expansion of the gases of combustion, without transfer of heat, continues according to curve 3-4. Since the pressure at point 2 of the diagram was very high and is still very high at point 3, the consequent expansion after cut-off (3 to 4) so cools the gases that in leaving the engine they carry away only an insignificant quantity of heat. It will thus be seen that the combustion of the gases is not left to itself after ignition, but is so regulated during its whole duration that pressure, temperature, and volume are in a prescribed proportion.

If the air were allowed to expand without any supply of fuel, the curve 2-1 would be formed – *i.e.*, the expansion would do no work, but restore only the previous work of compression; but by gradually intro-

ducing fuel a difference of pressure p is formed between the curves 1-2 and 2-3, in consequence where of a useful effect is produced.

As with the other types of engines before mentioned, the diagram will assume more the nature of the diagram shown by broken lines.

The characteristic features of the cycle according to my present invention are therefore, increase of pressure and temperature up to the maximum, not by combustion, but prior to combustion by mechanical compression of air, and there upon the subsequent performance of work without increase of pressure and temperature by gradual combustion during a prescribed part of the stroke determined by the cut-off.

According to what has been above stated, the process of combustion itself differs from all the hither to methods, in that there is no increase of temperature produced, or at the most only a very slight one, and the highest or extreme temperature is produced by the compression of the air. It is therefore under control and will be kept within moderate limits, and moreover, in view of the cooling of the products of combustion by the subsequent expansion no artificial cooling is required for the cylinder, the mean temperature of the gases being such that the parts of the engine can be kept tight and lubricated.

In Figure 3 I have shown a diagram obtained when the previously – described method is varied by cooling the air during the first portion of the compression – for instance, by means of an injection of water. In this case the flat curve 1-2^a is formed and then the steeper curve 2^a-2. By this means I can attain considerable higher pressures that those obtained by the first method without reaching such high temperatures as would necessitate artificial cooling of the cylinder. In consequence of the greater fall of pressure in expanding from 3 to 4, the gases are cooled to a greater extent than before and a higher useful effect is obtained. The exhaust-gases may in this case be cooled even below the temperature of the surrounding atmosphere and utilized for refrigeration purposes.

My method of working the fuels may be carried out with any kind of fuel, whether solid, liquid, or gaseous. In the case of liquids, gases, or vapors a jet of the fluid under pressure is dispersed in as finely-divided state as possible into the compressed air during the period of admission. Solid fuels may be introduced in a pulverulent or comminuted condition. Such solid fuels which agglomerate in heating or are unsuitable for other reasons are previously converted into gases. Liquid fuels may be previously converted into vapor and introduced in this form. Substances

– such, for instance, as anthracite – which are not readily inflammable may be mixed with readily – inflammable material, such as petroleum or the like.

The method of working the fuel above described may be carried out in any suitable engine, either single or double acting, and in engines containing one or more cylinders.

I will now proceed to describe some particular forms especially constructed for carrying out said method.

Reference being had at present to Figures 4 and 5 of the drawings, the letter *C* designates a single-acting cylinder especially constructed for the use of coal in a finely-divided condition. *P* is a plunger constructed for high pressures; *b* is the connecting-rod; *c*, the crank; *d*, the shaft, and *a*, the guides for plunger.

- 3 -

E is the governor whose shaft *g* is connected to the shaft *d* by suitable gears at *f*. At the upper end of the cylinder is located a hopper *B* provided with a charging-opening *n*, Figure 5, and placed in communication with the cylinder. A disk-valve *k* closes the discharge end of the hopper and below the same is located a turning valve or plug *D* by which the fuel is fed to the cylinder. *A* is the air-admission valve arranged in a passage entering the cylinder laterally. The valves are in this instance operated from a horizontal shaft *h* geared to the governor-shaft *g*. On the distributing-shaft *h* is secured a cam *i*, connected with the stem of the air-admission valve *A*, and on said shaft is mounted a second similar cam operating the hopper-valve *k* by a lever-and-rod connecting *m*. Suitable springs *l* hold the valves *A k* upon their seats. The fuel-admission valve *D* is turned by a suitable worm-and-gear connection with the distributing-shaft *h*.

Referring to Figure 6, it will be seen that the valve *D* is provided with a radial groove or chamber *r*, which, when facing upward, is charged with fuel and when brought to fact downward discharges the same into the cylinder, the pressure being equalized owing to loose condition of the fuel.

I will now proceed to describe the operation of the engine. On the first downward stroke of the plunger induced by the inertia of the fly-wheel atmospheric air is drawn into the cylinder through the open ad-

mission-valve *A*. The midway position of the plunger *P* is shown by full lines in Figure 4, in which position the valve *A* is closed. On the succeeding upward stroke, also induced by the inertia of flywheel, the air in the cylinder is compressed by plunger *P* to such an extent that the temperature at which later on the combustion has to take place is produced by this compression only. The pressure is determined by the temperature of combustion of the fuel. On the second downward stroke or actual working stroke of the plunger the fuel-admission valve *D* is turned to admit the fuel to the cylinder. This introduction of fuel takes place gradually with the turning of the valve in proportions depending on the size of the chamber *r* there in. The fuel, as it gradually falls into the highly-compressed air, ignites and is consumed, producing heat which is converted into work on the forward stroke of the piston. The supply of fuel continues until the piston has arrived to the position 3, when the chamber *r* is empty and has cleared the inlet-opening of the cylinder. After the point of cut-off the gases continue to expand and perform work, while in view of the great reduction in pressure they are considerably cooled, and this solely by doing work. Consequently the cylinder need be cooled by artificial means, but may be provided with an insulation jacket *s*. On the second upward stroke of the piston the exhaust-gases are driven out with considerable force through the valve *A* or through a separate exhaust-opening into a pipe *p* and led away. The residues of combustion being suspended in a finely-divided state in the whirling gases are blown out with the same. The motor is started by introducing through the opening *v* compressed air from a reservoir by means of the pipe *q*. If desired a special device may be used at *q* for igniting a small quantity of explosive matter. The supply of fuel is regulated by the governor *E* in any suitable manner – for instance, by permitting the hopper-valve *k* to remain closed in case the engine runs too fast, thus depriving the engine of fuel until the normal speed is re-established. This may be accomplished by throwing the end of the lever *m* out of contact with its operation-cam *i* for one or more strokes of the engine by the rod-and-lever system *n*, connected with the sleeve of the governor.

It is evident that the engine described may be arranged horizontally without altering the principle of the construction by suitably changing the positions of the parts or a double-acting engine may be constructed

on the same principle; also, two or more single engines may be coupled in usual manner to form a multiple engine.

The compression of the air, as well as the expansion of the gases, may be effected by increments. An engine for operating in this manner I have illustrated in Figure 7. In this figure the valves are indicated diagrammatically. The frame, the connecting-rod, the flywheel &c., are omitted, all these parts being exactly the same as shown in Figure 4 and Figure 5. The engine consists of two cylinders *C* with plungers *P* – that is to say, two combustion cylinders, the construction, distributing devices, &c., of which are identical to those of the cylinder represented in Figure 4 and Figure 5. These two cylinders *C* are connected by means of the controlled valves *b* to the two sides of a larger central cylinder *B*, and by the two valves *a*, which are also controlled, the two combustion-cylinders are in communication with the air reservoir *L*. The cranks of the two cylinders *C* are arranged in the same position and they form, with the crank of the central cylinder *B*, an angle of one hundred and eighty degrees. The operation of this engine is as follows: The piston *Q* of cylinder *B* draws in air during its upward stroke through valve *d*, compresses the latter in its down-stroke to a certain pressure, and then forces the air through valve *g* to the air reservoir *L*. The lower part of the central cylinder therefore only serves as an air-pump and effects the preparatory compression of the air for combustion. This preparatory compression should go only to such an extent that the heating of the air produced by this compression remains within moderate limits. Water-nozzles are arranged at *g-g*, through which during the preparatory compression water at a low temperature may be injected. This water is then discharged again through the cock *h* of the air-vessel.

- 4 -

The process may, however, be carried out either with or without injection of water. The action in the cylinder *C* is exactly the same as has been described with reference to Figure 4 and Figure 5, excepting that piston *P* does not draw in the air directly from the atmosphere, but from reservoir *L*, in which the air is under pressure. On its upstroke piston *P* therefore effects the second stage of the compression up to the prescribed degree. The lower and upper end positions of the piston are shown in dotted lines and marked *1* and *2*. Piston *P* now moves down-

ward again to position **3**, fuel being during this time gradually introduced and the combustion controlled, as above described. At **3** the admission of the fuel ceases and the air continues to expand. When the piston has arrived in its lowest position, valve **b** opens, and piston **Q** is at this moment just in its upper position owing to the arrangement of the cranks. Piston **P** then moves upward and piston **Q** downward, and a further expansion of the combustion gases up to the volume of the cylinder **B** takes place, whereupon valve **b** closes and valve **f** opens, so that in the ensuing upward stroke of piston **Q** the gases of combustion are expelled through valve **f** into the atmosphere in a perfectly-cool condition, since their entire heat will have been consumed by the work done in expanding.

It has already been mentioned that in this construction the exhaust-gases can be caused to escape with a temperature which is below that of the surrounding atmosphere, so that they may then serve for refrigeration. As the cylinders **C** have a working-stroke only once in every two revolutions, I attain by arranging two such cylinders a working-stroke for each revolution, as the combustion is made to take place alternately in the two cylinders. There is no objection to using only one combustion-cylinder in place of two, or, on the other hand, more than two, in which latter case the lower part of the cylinder **B** may then be used as an expansion-cylinder. The air-pump for the preparatory compression should then be arranged separately and force previously-compressed air into reservoir **L**. The compressed air in the reservoir **L** serves in this construction also for starting the motor, as the latter may be fed during several revolutions from this reservoir with full pressure, the ignition taking place after the fly-wheel has attained the necessary momentum.

The device for gradually introducing fuel is dependent on the peculiar properties of the material employed. For solid pulverized substances in lieu of the described revolving cock a powder-nozzle or a small pump may be used. For liquids a spray-nozzle or a small pump is employed. For gases also a small pump or any other suitable device permitting the gradual introduction of the fuel in a definite proportion to the piston-stroke may be used.

Figures 8 to 10 show a construction for a motor in which liquid fuel is employed, and at the same time the external distributing device, in particular the device for gradually introducing fuel, is a quite different construction. This engine consists of two identical single-acting cylinders provided with plunger-pistons, the cranks of which are arranged on

the common fly-wheel shaft in the same position. The frame, fly-wheel, and distributing device are substantially the same as illustrated in figures 4 and 5 and therefore not represented. The combustion in the cylinders takes place alternately, so that at each revolution a working-stroke is effected. The process in each cylinder is the same as described with reference to figures 4 and 5, via: drawing in of air through valve **V**, then compression by one stroke up to the end position **2** of the piston, (shown in dotted lines) introduction of liquid fuel through nozzle **D** and combustion of same during the prescribed period of admission **2-3**, figure 8; finally, expansion of the gases of combustion and exhausting through valve **V** into an outward-leading pipe **R**. As the drawing in of air follows immediately after the exhaust, the valve **V** remains open during a whole revolution and then closed during a whole revolution. This simplest possible regulation is effected by cam **S**, figures 9 and 10, by means of the bent lever, as shown in the drawings. The cam **S** is carried by the distributing-shaft **W**, which latter is driven by the shaft of the fly-wheel in a similar way, as in figures 4 and 5. The nozzle **D** is kept closed by the needle **n** and serves for gradually admitting the fuel. The liquid fuel is in the inner space **r** of the nozzle **D**, and is maintained there by means of a feed-pump (not shown) provided with an air-chamber under a pressure which is higher than the highest pressure of compression of the air in the cylinder.

In figure 10 is shown at *t* the branch pipe for liquid fuel coming from the pump and leading to the nozzle. At the moment of the highest compression – *i.e.*, when the piston is in the position **2** – the needle **n** is opened by the distributing-gear and allows a thin jet of liquid to enter through the very small opening **D**, as the liquid is under a pressure greater than the cylinder-pressure. This entrance of fuel continues up to position **3** of the piston, where the distributing device cuts it off exactly, whereupon the gases of combustion continue to expand. For regulating the jet of fuel I have provided here exactly the same construction by which, in Sulzer's valve-gears, the period of steam admission is regulated. An eccentric **E** moves the steel side piece **q** in an oviform curve up and down. The steel block **r** is attached to the rod which actuates needle **n**. As soon as the piece **g**, moving downward, strikes against the piece **r**, the needle is opened and remains open until the steel piece **q** releases the piece **r**. As the piece **r** is adjustable from the governor **h** of the air-vessel. The process may, however, be carried out either with or

without injection of water. The action in the cylinder **C** is exactly the same as has been described.

Figures 8 to 10 show a construction for a motor in which liquid fuel is employed, and at the same time the external distributing device in particular the device for gradually by means of the rod **SI**, (see figure 9) the governor regulates simultaneously in the two cylinders the duration of the period of admission of fuel, and in consequence thereof the speed of the engine.

- 5 -

In Figures 8 and 10 there is formed round the nozzle **D** an annular space **s**, which is in free communication with the interior of the cylinder. When the piston moves back ward under decreasing pressure, the air flows from this annular space into the cylinder and serves in this way both for dividing the jet of fuel and for producing turbulent motion for distributing the combustion heat over the whole air volume. This annular space **s** is only of practical importance and is not essential for the process.

There is, moreover, in Figures 8 and 10 at **O** an opening for introducing compressed air or gases from explosive substances serving to start the motor. When in figure 8, in place of liquid, gas or vapor is compressed in the inner space **r** of the nozzle **D** the same construction may be employed. It is therefore not necessary to show a construction of engine for this application. It is especially to be remarked that the thermal results are independent of the kind of gas contained in the cylinder. It is sufficient if the quantity of air necessary for combustion is provided. The other considerable quantity of gas, which acts only as a carrier of heat, may consist in former combustion gases, added foreign gases, and vapor or aqueous vapor without altering the result.

It follows from the above that closed engines might be arranged so as to take up at each stroke only a small quantity of fresh air for insuring the combustion, but which retain essentially always the same body of gas, a small exhaust of course excepted.

What I claim as new, and desire to secure by Letters Patent, is –

1. The herein described process for converting the heat energy of fuel into work, consisting in first compressing air, or a mixture of air and neutral gas or vapor, to a degree producing a temperature above the

igniting point of the fuel to be consumed, then gradually introducing the fuel for combustion into the compressed air while expanding against a resistance sufficiently to prevent an essential increase of temperature and pressure, then discontinuing the supply of fuel and further expanding without transfer of heat.

2. In an internal combustion engine, the combination with the cylinder and piston, of a valves suction inlet for air or a mixture of air and neutral gas, a valves fuel feed constructed to gradually discharge the fuel into the cylinder, and means in operative connection with the feed valve for opening the same at the commencement of the working stroke of the piston and for closing the same at a predetermined part of the stroke, substantially as described.

3. In an internal combustion engine of the character specified, the combination of a combustion cylinder provided with means for gradually introducing fuel therein up to the point of cut-off, a compressor for air, a reservoir connected with the latter and with the cylinder, and an expansion chamber for the exhaust gases, substantially as described.

In testimony whereof I have signed my name to this specification in the presence of two subscribing witnesses.

Witnesses:

Ludwig Glaser, Eduard Peitz.

RUDOLF DIESEL.

Патентное Бюро Соединенных Штатов.

РУДОЛЬФ ДИЗЕЛЬ, БЕРЛИН, ГЕРМАНИЯ.

Метод и устройства для превращения теплоты в работу

СПЕЦИФИКАЦИЯ, являющаяся составной частью Патентной грамоты №542846, датированной 16 июлем 1895 г.

Для всех, к кому это может иметь отношение:

Да будет известно, что Я, Рудольф Дизель, субъект земли Бавария со столицей в Берлине королевства Пруссии Германской Империи, изобрел новый и полезный Процесс получения полезной мощности от сгорания топлива любого вида (на который я получил Патентные грамоты в Великобритании, №7241 от 14 апреля 1892; в Швейцарии, №5221 от 2 апреля 1892, и в Германии, №67207 от 28 февраля 1892), содержащий следующие сведения.

Мое изобретение имеет рекомендации по улучшению методов и устройств для превращения теплоты в работу.

На сопровождающих рисунках показано: Рисунок 1 представляет теоретическую диаграмму цикла газового двигателя обычной конструкции. Рисунки 2 и 3 представляют теоретические диаграммы цикла согласно моему изобретению. Рисунок 4 показывает вертикальный разрез двигателя простого действия в соответствии с моим изобретением. Рисунок 5 является разрезом детали двигателя. Рисунок 6 показывает разрез детали плунжера подачи топлива. Рисунок 7 показывает вертикальный разрез модифицированной (измененной) конструкции двигателя. Рисунки 8 и 9 показывают вертикальный разрез второй модифицированной конструкции двигателя. Рисунок 10 – фрагмент того же.

Одинаковые буквы и цифры показывают соответствующие им части на всех видах чертежей.

Цикл обычного двигателя внутреннего сгорания представлен теоретической диаграммой, показанной на рисунке 1. Кривая 1 – 2 в показанной диаграмме представляет собой процесс сжатия воздуха и газообразного топлива. В точке 2 происходит зажигание смеси и с последующим сгоранием или взрывом происходит мгновенное

увеличение давления, сопровождающееся значительным увеличением температуры. Взрыв происходит практически мгновенно, так что перемещение поршня во время сгорания отсутствует, т.е. равно нулю. В точке 3 сгорание практически заканчивается. Кривая 3 - 1 показывает имеющееся расширение и получение работы, сопровождающееся уменьшением давления и температуры.

Таким образом, исключается возможность воздействия на сгорание газовой смеси непосредственно сразу после зажигания и не представляется возможным регулирование и управление давлением и температурой в течение сгорания в имеющемся объеме воздуха. Это условие приводит к следующим неблагоприятным результатам. Во-первых, температура, полученная в результате сгорания, настолько высока, что невозможно получение средней температуры, которая будет благоприятствовать смазыванию и поддержанию частей в надлежащем работоспособном состоянии без приспособления для охлаждения цилиндров. Во-вторых, продукты сгорания недостаточно охлаждаются вследствие расширения и вытекают в горячем состоянии с соответствующим уменьшением используемой теплоты и энергии. Близкие по типу к выше упомянутому классу двигателя обладают такими же недостатками.

В двигателях, в которых воздух вначале сжимается от точки 1 до точки 2, рисунок 1, затем впрыскивается топливо вблизи точки 2 и смесь загорается в момент впрыскивания, происходит увеличение давления на участке 2-3 со значительным увеличением температуры. Кроме того, это же самое имеет место и в двигателях, в которых имеется сжатие газообразной смеси до такой температуры, что происходит спонтанное (самопроизвольное) горение от температуры сжатия.

Точка воспламенения большинства топлив очень низкая (нефть от 70^0 до 100^0). Когда эта температура достигается в результате сжатия (для нефти давление сжатия менее пяти атмосфер, для газа около пятнадцати атмосфер) происходит воспламенение, и при последующем горении температура значительно повышается и происходит увеличение давления по линии 2 - 3 рисунка 1. Наивысшая температура сгорания при этом не зависит от температуры воспламенения и от протекания процесса сгорания, но зависит от физических свойств топлива. Практически, конечно, воспламенение и взрыв происходят в очень короткое время, и по этой причине линия

2 – 3 диаграммы не совсем вертикальная, а несколько отклонена и имеет скругленный переход в точке 3.

Характерная особенность циклов всех этих двигателей может быть выражена следующим образом: увеличение давления и температуры при воспламенении и в процессе сгорания с последующим выполнением работы при расширении – процесс сгорания, предоставленный сам себе после воспламенения.

– 2 –

Метод, составляющий предмет моего изобретения, отличается от всех ранее описанных и иллюстрирован теоретической диаграммой, показанной на рисунке 2. В соответствие с этой диаграммой чистый атмосферный воздух сжат по линии 1 – 2 до такой степени, что перед воспламенением или сгоранием достигнуто самое высокое давление и самая высокая температура, т.е. температура, обеспечивающая последующее сгорание, а не только возгорание или точку воспламенения. Для большей ясности предположим, что последующее сгорание будет происходить при температуре 700° . Тогда в этом случае для создания такой температуры необходимо создать давление в шестьдесят четыре атмосферы, а для температуры в 800° давление должно равняться девяноста атмосферам и т.д. В сжатый таким образом воздух из вне постепенно вводится тонко разделанное топливо, которое загорается на входе, т.к. температура воздуха на много превышает точку воспламенения топлива. Газ в цилиндре имеет возможность расширяться при постепенном введении топлива и расширение столь отрегулировано, что уменьшение температуры вследствие расширения уравнивается получением тепла от сгорания новых частиц топлива. Эффект от сгорания не будет поэтому приводить к увеличению температуры или давления, но увеличивается фактически выделенная энергия. Сгорание происходит по линии 2 – 3, рисунок 2, из которого видно, что оно (сгорание) не имеет характер взрыва, а скорее происходит в течение промежутка времени, соответствующего части w хода поршня и определяется точкой прекращения подачи топлива. В точке 3 прекращается подача топлива и расширение газов от сгорания без выделения тепла продолжается по линии 3 – 4. Поскольку давление в точке 2 диаграммы очень высокое и оно остается очень

высоким и в точке 3, расширение газов после прекращения подачи топлива (от точки 3 до точки 4) так охлаждает газы, что на выходе из двигателя они уносят только незначительное количество тепла. Таким образом видно, что сгорание газов не происходит мгновенно сразу после воспламенения, но так отрегулировано на его полной продолжительности, что давление, температура и объем находятся в предписанной пропорции.

Если воздуху позволить израсходоваться без какой-либо подачи топлива, то на диаграмме сформируется линия 2 – 1, т.е. расширение не произведет работы, но восстановит только предыдущую работу сжатия; но постепенное введение топлива при различном давлении p формирует вид линий 1 – 2 и 2 – 3, вследствие чего производится полезная работа.

В отношении других типов двигателей, как уже было упомянуто, диаграмма будет более соответствовать диаграмме, показанной прерывистыми линиями.

Характерной особенностью цикла согласно моего изобретения, следовательно, является повышение давления и температуры до максимума не в процессе сгорания, а до сгорания механическим сжатием воздуха и последующим совершением работы без повышения давления и температуры за счет постепенного сгорания в течение предписанной части хода поршня, определяемой точкой прекращения подачи топлива.

Согласно выше сказанному, процесс самого сгорания отличается от всех приведенных методов, в котором нет повышения произведенной температуры или есть только слишком очень небольшое, а самая высокая или экстремальная температура получена сжатием самого воздуха. Поэтому этот процесс находится под контролем и в умеренных пределах и, более того, ввиду охлаждения продуктов сгорания последующим расширением, никакого искусственного охлаждения для цилиндров не требуется, а средняя температура газов такая, что части двигателя сохраняются в надлежащем работоспособном состоянии и обеспеченными достаточной смазкой.

На рисунке 3 мной показана диаграмма, полученная тогда, когда ранее описанный метод имел отличие в охлаждении воздуха во время первой части сжатия, например, посредством впрыска воды. В этом случае сначала формируется почти плоская линия 1 – 2а, а затем более крутая линия 2а – 2. Этим методом я могу достичь зна-

чительно более высоких давлений, чем было получено в первом методе, не достигая таких высоких температур, которые бы требовали искусственного охлаждения цилиндра. Вследствие большого перепада давления на линии расширения от точки 3 до точки 4 газы охлаждаются в большей степени, чем прежде, и эффект получения полезного действия более высокий. Выхлопные газы могут быть охлаждены в этом случае даже ниже температуры окружающей атмосферы и использованы в целях охлаждения.

Мой метод работы двигателя может быть осуществлен с различными видами топлива, включая твердое, жидкое или газообразное. В случае применения жидких, газообразных топлив и паров топливная форсунка под давлением распыляет мелко распыленное топливо, как это только возможно, в сжатый воздух в течение периода его впуска. Твердое топливо может быть введено в пылевидном или в раздробленном состоянии. Твердое топливо может быть предварительно превращено в пар и вводится в таком состоянии. Вещества, такие, например, как антрацит, которые не совсем подготовлены к воспламенению, могут быть смешаны с хорошо воспламеняемыми материалами, такими как нефть и другие.

Метод работы топлива согласно вышеописанному может быть выполнен в любом подходящем двигателе, включая двигатели простого или двойного действия и двигатели, имеющие один или несколько цилиндров.

Теперь я продолжу описывать некоторые особые детали, специально построенные для реализации предложенного метода.

В соответствии с представленными на рисунках 4 и 5 чертежами, буквой С обозначен цилиндр простого действия, специально сконструированный для использования угля в тонко измельченном состоянии. Р – поршень, сконструированный для высокого давления, b – шатун, с – кривошип, d – вал, а – направляющая для поршня (блок цилиндра).

– 3 –

Е – регулятор, который валом g соединен с валом d посредством зубчатого колеса f. В верхней части цилиндра расположен бункер В, соединенный с открытой горловиной n, рисунок 5, объединенный с цилиндром. Дисковый клапан k закрывает выпускное от-

верстие бункера, а ниже него расположен поворачивающийся клапан или плунжер D, через который топливо попадает в цилиндр. А – воздушный впускной клапан, расположенный в канале сбоку цилиндра. Клапаны приводятся от горизонтального вала h, зубчато соединенного с валом регулятора g. На распределительном валу h посажен кулачок i, соединенный с клапаном А, а другим концом вал соединен с подобным же кулачком, открывающим клапан бункера k посредством системы рычагов m. Установленные пружины l возвращают клапаны А и k в исходное положение. Топливный плунжер D поворачивается от червячно-зубчатой передачи от распределительного вала h.

Что касается рисунка б, то он будет показывать движение плунжера D с радиальным каналом r, который, будучи направлен вверх, соединяется с топливным бункером, а, будучи направлен вниз, топливо сбрасывается в цилиндр под влиянием своего собственного свободного состояния (веса).

Я снова продолжу описание работы двигателя. На первом ходе поршня вниз под действием инерции маховика атмосферный воздух поступает в цилиндр через открытый воздушный клапан А. На половине хода поршня Р, показанное на рисунке 4 сплошными линиями, клапан закрывается. На последующем ходе поршня вверх, также вызванном инерцией маховика, воздух в цилиндре сжимается поршнем Р до такого давления, что создается температура, при которой позднее будет происходить сгорание, обусловленное только этим сжатием. Давление определяется только значением создаваемой в результате сжатия температурой, при которой происходит сгорание топлива. На втором ходе поршня вниз, или фактически рабочем ходе поршня, плунжер D топливного клапана повернут так, чтобы впустить топливо в цилиндр. Впуск топлива происходит постепенно вследствие поворота плунжера в пропорции, определяемой размером камеры г. Топливо, постепенно вводимое в сильно сжатый воздух, сгорает, производя тепло, превращаемое в работу на всем протяжении хода поршня. Подача топлива продолжается до прихода поршня в положение 3, когда камера г полностью очистится от топлива при полном открытии ее в цилиндр. После точки прекращения подачи топлива газы продолжают расширяться, совершая работу, в то же время ввиду значительного уменьшения давления газы значительно охлаждаются и это происходит исклю-

чительно во время совершения работы. Следовательно, цилиндр, который должен охлаждаться искусственными средствами, наоборот, может даже быть снабжен изолирующим кожухом s . На втором ходе поршня вверх отработавшие газы вытесняются со значительным усилием через клапан A или через отдельно открытый выхлоп в трубу p и удаляются. Несгоревшие остатки топлива, находящиеся в тонко распыленном состоянии в отработавших газах, также удаляются. Двигатель запускается в работу через открытое отверстие v сжатым воздухом из пускового баллона через трубку q . В особых случаях трубку q можно использовать для зажигания небольшого количества легко воспламеняемого материала. Подача топлива регулируется регулятором E при любых условиях – например, оставляя дисковый клапан k закрытым в случае, если двигатель вращается очень быстро до тех пор, пока нормальная скорость двигателя не восстановится. Это может быть достигнуто перестановкой рычага m из контакта с кулачком i для одного или более ходов поршня двигателя посредством системы рычагов n , соединенных с рычагом регулятора.

Очевидно, что рассмотренный двигатель может быть выполнен горизонтальным без изменения принципа работы. Соответственно, изменяя положение частей двигателя, приведенный принцип может быть использован для двигателей двойного действия; также два или более цилиндров могут быть соответствующим образом соединены и могут образовать многоцилиндровый двигатель.

Сжатие воздуха, так же как и последующее расширение газов, может быть произведено ступенчато. Схему работы такого двигателя $Я$ привел на рисунке 7. На этом рисунке клапаны обозначены схематично. Блок цилиндров, шатун, маховик и другие детали опущены, так как все эти части являются точно такими же, какими они показаны на рисунках 4 и 5. Двигатель состоит из двух цилиндров C с поршнями P , т.е. двух цилиндров сгорания топлива по конструкции и устройству идентичных таковому, представленному на рисунках 4 и 5. Эти два цилиндра C связаны с помощью управляющих клапанов b с верхней полостью большого центрального цилиндра B , а посредством клапанов a , которые также являются управляемыми, цилиндры сгорания связаны с воздушным ресивером L . Кривошипы цилиндров сгорания C расположены таким образом, что образуют с кривошипом центрального цилиндра B угол,

равный ста восьмидесяти градусам. Работа такого двигателя осуществляется следующим образом: поршень Q цилиндра В засасывает воздух при своем движении вверх через клапан d, сжимает поступивший воздух при своем ходе вниз и через клапан g выталкивает его в воздушный ресивер L. Нижняя часть центрального цилиндра, таким образом, является воздушным насосом и производит предварительное сжатие воздуха, предназначенного для сгорания топлива. Предварительное сжатие воздуха производится до такой степени, чтобы нагрев воздуха, произведенный таким сжатием, оставался в умеренных пределах. В полости клапанов g – g расположены форсунки впрыска воды, через которые в процессе предварительного сжатия впрыскивается вода для понижения температуры сжатого воздуха. Излишки этой воды после использования сливаются из воздушного ресивера через кран h.

– 4 –

Однако процесс может быть выполнен как с впрыском, так и без впрыска воды. Процессы, происходящие в цилиндре С, происходят точно также, как это было описано в отношении рисунков 4 и 5, за исключением того, что поршень Р засасывает воздух не из атмосферы, а воздух поступает из ресивера L, в котором он находится под давлением. При своем ходе вверх поршень Р производит вторую стадию сжатия воздуха до предписанного значения. Крайние нижнее и верхнее положения поршня отмечены пунктирными линиями, обозначенными соответственно цифрами 1 и 2. При последующем движении поршня Р вниз к положению, обозначенному цифрой 3, производится постепенная подача топлива и его сгорание так, как было описано ранее. В положении 3 подача топлива прекращается, но газы продолжают расширяться. Когда поршень оказывается в своем нижнем положении, открывается клапан b; поршень Q в этот момент только еще пришел в свое верхнее положение в соответствии с расположением кривошипа. При перемещении поршня Р вверх, а поршня Q вниз происходит дальнейшее расширение отработавших газов до объема цилиндра В. После этого клапан b закрывается, а клапан f открывается так, чтобы при восходящем движении поршня Q отработавшие газы через клапан f удалялись в атмосферу в достаточно охлажденном состоянии, так

как вся их высокая температура уже была использована для совершения работы расширения.

Как уже говорилось, в такой конструкции двигателя температура выхлопных газов будет ниже температуры окружающего воздуха, поэтому выхлопные газы могут быть приспособлены для охлаждающих целей. Так как в цилиндре С рабочий ход совершается только один раз за каждые два оборота коленчатого вала, Я, имея два таких цилиндра, получаю рабочий ход при каждом обороте двигателя поскольку сгорание происходит поочередно в каждом из двух цилиндров. Нет никакого сомнения в возможности использования только одного цилиндра сгорания вместо двух или, с другой стороны, более двух цилиндров, и тогда в этом случае нижняя часть цилиндра В должна быть использована в качестве цилиндра расширения. В этом случае воздушный насос предварительного сжатия воздуха должен быть расположен отдельно, и подавать предварительно сжатый воздух в ресивер L. Сжатый воздух из ресивера L в такой конструкции двигателя может быть использован для запуска двигателя, поскольку полное давление в ресивере может обеспечить несколько поворотов вала двигателя, необходимых для получения необходимого импульса температуры для зажигания топлива.

Конструкция устройства для постепенного введения топлива зависит от специфических свойств используемого топлива. Для твердого размельченного топлива вместо описанного поворотного крана может быть использован порошковый распылитель или небольшой насос. Для жидких топлив используется впрыскивающая форсунка или небольшой насос. Для газов может быть также использован маленький насос или любое другое устройство, позволяющее производить постепенную подачу газа в определенной пропорции к ходу поршня.

На рисунках 8 – 10 показана конструкция двигателя, в котором используется жидкое топливо, а также расположение внешних устройств и в особенности устройства для постепенного введения топлива, являющегося совершенно особенной конструкцией. Двигатель состоит из двух идентичных цилиндров простого действия, оборудованных поршнями, кривошипов на общем с маховиком валу с их соответствующим расположением. Блок цилиндров, маховик и распределительные устройства идентичны, показанным на

рисунках 4 и 5 и не показаны. Сгорание в цилиндрах производится поочередно, поэтому на один оборот вала двигателя приходится один рабочий ход поршня. Процессы, происходящие в каждом цилиндре, аналогичны описанию к рисункам 4 и 5, а именно: выпуск воздуха через клапан V, затем сжатие в течение одного хода поршня до положения 2 (показано пунктирными линиями), введение жидкого топлива через распылитель D и его сгорание в установленный период между 2 и 3 положением рисунка 8; и, наконец, сгорание и выпуск отработавших газов через клапан V в наружную трубу R. Поскольку выпуск воздуха происходит сразу после выпуска газов, клапан V остается открытым в течение полного оборота вала двигателя, а затем закрытым также в течение полного оборота. Этот наиболее простой способ регулирования производится кулачком S, рисунки 9 и 10, посредством эксцентрикового рычага, как показано на рисунках. Кулачок S расположен на распределительном валу W, который приводится в действие от вала маховика аналогичным образом, как показано на рисунках 4 и 5. Распылитель D закрыт иглой n и предназначен для постепенного введения топлива. Жидкое топливо находится в канале г распылителя D и подается туда нагнетательным насосом (на рисунках не показан), сообщенным с находящейся под давлением воздушной камерой, давление в которой превышает наивысшее давление сжатого воздуха в цилиндре двигателя.

На рисунке 10 показана часть трубки t для подачи жидкого топлива от насоса к носику распылителя. В момент самого высокого сжатия, т.е. когда поршень находится в положении 2, игла n открывается распределительным механизмом, что позволяет тонкой струе жидкого топлива пройти через очень маленькие отверстия распылителя D, так как давление топлива много выше, чем давление в цилиндре двигателя. Впуск топлива продолжается до прихода поршня в положение 3, в котором распределительный механизм прекратит подачу топлива, после чего сгорающие газы продолжают расширяться. Для регулирования подачи топлива Я применил конструкцию, аналогичную конструкции привода клапана Sulzer по регулированию периода впуска пара. Эксцентрик E перемещает связанный с ним элемент q по образующей кривой профиля вверх или вниз. Рычаг г подсоединен к рычагу, связанному с иглой n. Как только элемент q опускается вниз, движение тут же передается на

рычаг $г$, игла открывается и остается открытой, пока элемент q не перестанет давить на рычаг $г$. Рычаг $г$ связан с регулятором h воздушного баллона. Процесс может быть осуществлен как с впрыском, так и без впрыска воды. Работа в цилиндре осуществляется аналогично, как это уже было описано ранее.

Рисунки с 8 по 10 показывают устройство двигателя, в котором используется жидкое топливо, а регулирование осуществляется посредством рычага St (см. рисунок 9), причем регулятор одновременно управляет продолжительностью подачи топлива в обоих цилиндрах и тем самым управляет скоростью вращения вала самого двигателя.

– 5 –

На рисунках 8 и 10 показано, что вокруг распылителя D сформировано кольцевое пространство s , которое имеет свободное сообщение с внутренней полостью цилиндра. Когда поршень перемещается под действием уменьшающегося давления, воздушный поток из кольцевого пространства поступает в цилиндр и, таким образом, служит одновременно для отделения струи топлива и создания турбулентного движения для распределения теплоты сгорания по всему объему воздуха. Это кольцевое пространство имеет только практическое значение и не влияет на процессы в цилиндре двигателя.

Кроме того, на рисунках 8 и 10 показано открытое отверстие O , через которое вводится сжатый воздух или газы от взрывчатого вещества для того, чтобы запустить двигатель. Конструкция кольцевого пространства $г$ вокруг распылителя D , показанная на рисунке 8, может быть использована и в случае применения сжатия жидких топлив, газов и паров топлива. Поэтому нет необходимости показывать конструкцию двигателя для этих его исполнений. Следует также отметить, что термические нагрузки не зависят от вида газа, содержащегося в цилиндре. Главное, чтобы было обеспечено необходимое количество воздуха для сгорания топлива. Другое важное качество газа, как переносчика тепла, в том, что он может состоять из отработавших газов, инертных газов, паров топлива или воды, что также не влияет на результаты работы двигателя.

Из выше сказанного следует, что двигатели могут быть устроены так, что при каждом рабочем ходе только небольшое количество воздуха используется для сгорания, но которое имеет свое постоянство для любого газа, и имеют исключительно маленький выхлоп.

То, что Я считаю новым, и желаю это закрепить Патентной Грамотой, состоит в следующем:

1. Описанный здесь процесс для преобразования теплоты в работу, состоит, во первых, из сжатия воздуха или смеси воздуха с нейтральным газом или парами до степени, производящей температуру выше температуры точки воспламенения топлива, затем постепенное введение топлива для сгорания в этот сжатый воздух с последующим расширением для того, чтобы избежать существенного увеличения температуры и давления, затем прекращение подачи топлива и дальнейшее расширение газов без отвода тепла в стенки цилиндра двигателя.

2. В двигателе внутреннего сгорания, состоящем из цилиндра и поршня, клапанов для впуска воздуха или смеси воздуха и нейтрального газа, клапанов подачи топлива, сконструированных для постепенной подачи топлива в цилиндр, и средств для осуществления открытия клапанов в начале рабочего хода поршня и закрытия клапанов в соответствующей части рабочего хода поршня, рабочий процесс будет происходить согласно описанному.

3. В двигателе внутреннего сгорания в соответствии с представленным описанием, состоящем из цилиндра сгорания, обеспечено конструктивными средствами постепенное введение топлива из точки начала его подачи за счет воздушного компрессора, воздушного баллона для подачи воздуха в цилиндр и камеры расширения газов, как было описано выше.

В доказательство этого Я подписался под этой спецификацией в присутствии двух свидетелей.

РУДОЛЬФ ДИЗЕЛЬ

Свидетели: Людвиг Глазер,
Эдуард Пайц.

Хроника важнейших событий, изобретений и открытий в период жизни и деятельности Рудольфа Дизеля

Время жизни и деятельности Рудольфа Дизеля совместились со многими изменениями в научном и социальном мировоззрении общества, активизацией технической мысли, появлению важнейших изобретений и открытий, покорением воздушного пространства и исследованиями планеты, политическими войнами и возобновлением Олимпийских игр. Такое время способствует появлению не только великих идей, но и великих людей, способных коренным образом изменить мир.

Приведенная ниже таблица отражает наиболее важнейшие мировые события на фоне годов жизни и деятельности Рудольфа Дизеля.

	Обзор изобретений и открытий
1858	18 марта в Париже в семье немецкого эмигранта Теодора Дизеля и его жены Элис, урожденной Штробель, родился старший сын, названный Рудольфом.
1860	Жан Этьен Лемуан изобретает первый двигатель внутреннего сгорания, работающий на светильном газе.
1862	Успех двигателя Лемуана на Парижской выставке и создание омнибуса Лемуана – трехколесного восьмиместного экипажа с газовым двигателем.
1864	13 марта Николаус Август Отто и Евгений Ланген основали фабрику газовых машин
1867	30 марта США за 7,2 миллиона долларов покупают у России Аляску. Выходит из печати труд Карла Маркса «Капитал». Вернер фон Сименс открывает принцип работы динамо-электрической машины. Альфред Нобель изобретает динамит. Джордж Вестингаус изобретает пневматический тормоз. Николаус Август Отто совместно с Евгением Лангеном вырабатывают новый принцип сгорания за четыре такта в двигателе быстрого сгорания, который патентуется только в 1876 г., так как в 1867 году Отто не смог увидеть в новом принципе работы своей машины то новое, что позднее предложил Бо-де-Роша. Создание Отто и Лангеном газовой атмосферной машины и получение ими Большого Приза на второй Всемирной Парижской выставке.
1869	В августе Вильгельм Либкнехт и Август Бебель основали немецкую

	социал-демократическую рабочую партию. Д.И. Менделеев и Лотар Мейер независимо друг от друга открыли периодическую систему химических элементов.
1870 - 1871	Война Германии с Францией за Эльзас и Лотарингию
1870	Двенадцатилетний Рудольф Дизель получает бронзовую медаль за успехи в социальной начальной индустриальной школе. 28 августа Теодор Дизель принимает решение покинуть Париж. 4/5 сентября семейство Дизель покидает Париж. 8 сентября прибывают в Лондон. 1 ноября Рудольф Дизель покидает Лондон и отправляется в Аугсбург к своим родственникам профессору Кристову Барникелю и фруа Бетти.
1871	Семья Дизелей возвращается в Париж. Чарлз Дарвин издает книгу «Происхождение человека».
1872	5 января образован завод «Фабрика газовых моторов Дейтц» во главе с Николаусом Отто и Евгением Лангеном. Рудольф Дизель принимает решение получить образование инженера. 24 марта Дизель получает германское подданство (проходит конфирмацию), что позволяет ему иметь возможность отбывать воинскую повинность в Германии сроком в 1 год вместо 9 лет, полагавшихся по закону во Франции. Он тем самым планирует закончить учебу к 21 году. Декабрь: газовый двигатель Ленуара прошел успешные испытания на дирижабле.
1873	Рудольф Дизель начинает обучаться в Аугсбургской политехнической школе. После 3-х летнего изгнания семья Дизелей возвращается в Париж. Юлиус Хук и Георг Брайтон построили бензиновый двигатель.
1875	Дизель с отличием заканчивает Аугсбургскую политехническую школу. Дизель знакомится с профессором Мюнхенской Высшей технической школы Карлом Максом фон Бауерфейндом. Дизеля зачислят студентом в Мюнхенскую высшую техническую школу. Зигфрид Маркус строит повозку с четырехтактным мотором – газовой машиной с маленьким генератором, установленным на самой повозке.
1876	Н.А. Отто совершенствует сгорание в двигателе и приходит к четырехтактному рабочему процессу, и 18 мая формулирует основные положения к патенту. Александр Грехем Белл изобретает первый телефон. Карл фон Линде изобретает аммиачную компрессорную холодильную машину.
1877	Родители Рудольфа Дизеля переезжают из Парижа в Мюнхен. Томас Алва Эдисон изобретает фонограф, предложив использовать в угольных микрофонах телефонов вместо угольного стержня угольный порошок.
1878	Дизель посещает лекции Карла фон Линде. Начало рождения идеи Дизель-мотора.

1879	<p>14 марта родился Альберт Эйнштейн.</p> <p>Июль: Дизель сдает экзамены в Мюнхенской Высшей технической школе.</p> <p>Октябрь: Дизель проходит практику на машиностроительном заводе братьев Зульцер в Винтертуре (изготовление деталей к холодильным машинам Линде).</p> <p>Томас Алва Эдисон изобретает лампу накаливания с угольной нитью.</p> <p>Константин Фальберг изобретает сахарин.</p>
1880	<p>Январь: Дизель успешно сдает выпускные экзамены в Высшей технической школе. 20 марта: Дизель работает на холодильной фабрике Линде в Париже, одновременно являясь представителем фирмы на других заводах.</p>
1881	<p>Дизель назначен директором на холодильной фабрике в Париже.</p> <p>Февраль: Первая встреча с директором машиностроительного завода в Аугсбурге Генрихом фон Буцем.</p>
1882	<p>19 апреля: скончался Чарлз Дарвин, автор труда о происхождении человека.</p> <p>Октябрь: Дизель знакомится с Мартой Флаше в Париже в доме Эрнста Брандеса.</p>
1883 1886	<p>Готлиб Даймлер, Вильгельм Майбах и Карл Фридрих Бенц работают над созданием бензинового двигателя быстрого сгорания для автомобиля и колесных экипажей.</p>
1883	<p>13 февраля: скончался великий немецкий композитор Рихард Вагнер.</p> <p>14 марта: скончался автор книги «Капитал», основоположник коммунистических идей строения общества Карл Маркс.</p> <p>Май: помолвка с Мартой Флаше.</p> <p>24 ноября: свадьба Дизеля в Мюнхене.</p> <p>Готлиб Даймлер предлагает использование калильной трубки для зажигания смеси паров бензина с воздухом.</p>
1884 1885	<p>Германия устанавливает политику защиты завоеваний (колонизацию).</p>
1884	<p>Дизель разрабатывает проект аммиачного двигателя вместе с французом Луисом Филиппом Когеном.</p> <p>Рождение старшего сына Рудольфа.</p>
1885 1887	<p>Балканский кризис. Волнение на Балканах. Россия вводит войска на Балканы.</p>
1885	<p>15 октября: рождение дочери Хеди.</p>
1886	<p>Дизель расширяет деятельность фирмы на Бельгию.</p>
1887	<p>Рождение идеи аммиачно-абсобионного двигателя для мелкого кустарного производства.</p> <p>20 февраля: заключен Тройственный союз Германии, Австро-Венгрии и Италии, направленный против России и Франции.</p> <p>18 июня: заключен договор между Германией и Россией о нейтралитете (перестраховочный договор)</p> <p>12 – 16 декабря: заключение Ближне-Восточного тройственного союза Великобритании, Австро-Венгрии с целью помешать проникновению</p>

	<p>России на Балканы и в зону проливов. Рудольф Герц выдвинул теорию электромагнитных волн. Эмиль Берлинер совершенствует граммофонную пластинку и граммофон (усовершенствование фонографа Эдисона) Выход из печати книги Отто фон Келера «Теория газовых моторов» Роберт Бош создает первую электрическую свечу зажигания для газового двигателя.</p>
1888	Фритьоф Нансен достигает берегов Гренландии
1889	<p>Густав Эйфель сооружает Эйфелеву башню для Всемирной выставки в Париже. 1 мая: открытие Всемирной выставки в Париже в память Революции 1789 г. На выставке выставлены холодильные машины и машины для изготовления льда. Дизель работает на выставке с экспонатами и знакомится с конструкциями представленных двигателей. 3 мая: родился младший сын Дизеля Евгений. Сентябрь: Международный конгресс по прикладной механике. Дизель делает доклад о холодильных машинах. Дизель получает приглашение на работу в Берлин.</p>
1890	<p>21 февраля: Дизель возвращается в Германию и живет в Берлине. Избрание членом правления акционерного общества по холодильным машинам. 20 марта: император Германии Вильгельм II отправляет в отставку рейхсканцлера Бисмарка. Русско-Немецкий перестраховочный договор теряет силу. 26 декабря: скончался Генрих Шлиман, открывший цивилизацию Древнего Египта. Отмена «исключительного закона» на запрет социал-демократической Германии.</p>
1891 - 1894	Строительство Транс-сибирской железной дороги.
1891	26 января: скончался Николаус Аугуст Отто.
1892	Дизель получает патент №67207 «Рабочий процесс и способ выполнения одноцилиндрового двигателя» на двигатель высокого сжатия.
1893 - 1897	Изготовление первого Дизель-мотора на Аугсбургском машиностроительном заводе при финансировании работ фирмой Фридриха Круппа.
1893 - 1896	Экспедиция на Северный полюс Фритьофа Нансена
1893	<p>В издательстве Шпрингера в Берлине печатается книга Рудольфа Дизеля «Теория и конструкция рационального теплового двигателя взамен паровой машины и ныне известных тепловых двигателей». 21 февраля / 10 апреля / 16 мая: лицензионные договоры с Аугсбургским машиностроительным заводом, с фирмой Фридриха Круппа и фирмой братьев Зульцер (Винтертур).</p>

	<p>Апрель: прекращение действия контракта с фирмой Карла фон Линде.</p> <p>Май / Июнь: печатается «Дополнение к теории Дизель-моторов».</p> <p>17 июля – 22 августа: Дизель работает в Аугсбургской лаборатории над созданием мотора.</p> <p>Ноябрь: второй патент на исправление содержания первого патента.</p> <p>Всемирная выставка в Чикаго. Модель Дизель-мотора получает вторую премию.</p>
1894	<p>Начало января: возвращение Дизеля в Аугсбург</p> <p>Дизель начинает испытания второго опытного образца двигателя.</p> <p>Апрель: поездка во Францию. Договор с машиностроительным заводом Карельс в Генте.</p> <p>Начало июня: третий опытный образец двигателя на Аугсбургском заводе дал положительные результаты.</p> <p>24 июня: в Лионе был убит французский государственный председатель Сади Карно при его встрече с лидером итальянских анархистов Санто Цезерио.</p> <p>Сентябрь: встреча Дизеля с Робертом Бошем.</p>
1895	<p>Январь: Дизель посещает Берндорф и Вену. Подготовка соглашения для Австрии благодаря содействию металлургического завода Крупа в Берндорфе.</p> <p>17 – 18 января: Патентный комитет Германии объявляет Дизель-мотор работоспособным.</p> <p>Апрель: полный успех керосинового мотора в Аугсбурге.</p> <p>Лето: подготовка компаундного Дизель-мотора.</p> <p>1 октября: переезд в Аугсбург, потом в Мюнхен.</p> <p>Ноябрь: проверена продолжительная работа Дизель-мотора на третьем образце.</p> <p>8 ноября: Генрих Антон Лоренц представляет свою электронную теорию.</p> <p>Карлу фон Линде удается получить сжиженный газ.</p>
1896	<p>Январь: Иммануил Лестер получает работу инженера на машиностроительной фабрике Аугсбурга на Дизель-моторе.</p> <p>Начало апреля: оканчивается строительство второй работоспособной машины Дизеля (четвертый образец Дизель-мотора).</p> <p>9 августа: погибает Отто Лилиенталь при совершении планируемого полета.</p> <p>Конец Декабря: новая машина Дизеля (четвертый образец) доказала свою работоспособность.</p> <p>Итальянско-Абессинская война. Абессиния становится независимым государством.</p> <p>Первые Олимпийские игры современности в Афинах, состоявшиеся благодаря деятельности Пьера Кубертена.</p> <p>Генри Беккерель открывает радиоактивный уран.</p> <p>Альфред Нобель учреждает Нобелевскую премию.</p>

1897	<p>Смерть матери Дизеля. 7 января Тринклер подает заявку на нефтяной двигатель повышенного сжатия с воспламенением от сжатия, однако патент не получает из-за сходства с некоторыми существующими двигателями. 28 января: изготовление четырехтактного Дизель мотора. 20 февраля: газомоторная фабрика Дейтц приобретает патент Дизеля. Крупн поддерживает Дизель-мотор. Март: договор с шотландской фирмой Мирлис Ватсон Яриан Ко (Глазго). Встреча с лордом Кельвином в Глазго. Апрель: Дизель в Париже. Обсуждение планов строительства Дизель-моторов для воздухоплавания. 27 апреля: первая официальная демонстрация Дизель-мотора в Аугсбурге Июнь: Дизель основывает французское общество Дизель-моторов в Бар-де-Люк. 16 июня: доклад в Касселе на съезде Общества немецких инженеров. 31 июля: Эмиль Капитэн выступает против патентов Дизеля. Осень: неудачи с компаундным мотором. Сентябрь – октябрь: заключение договора с Адольфусом Бушем – пивным королем Америки. Гульельмо Маркони изобретает беспроволочный телеграф. Роберт Бош патентует свечу зажигания.</p>
1898	<p>Истощение физических и моральных сил у Дизеля. 1 января: Дизель учреждает «Дизель-моторную фабрику» в Аугсбурге. Февраль: Дизель заключает договор с Эммануилом Нобелем 21 апреля: Эмиль Капитэн подает иск против Дизеля. Июнь – декабрь: Мария и Пьер Кюри открывают элементы полоний и радий. Лето: изготавливается промышленный образец двигателя. 12 июля: удовлетворен иск Эмиля Капитэна. 17 сентября: учреждение всеобщего общества Дизель-моторов в Германии. Осень: пребывание Дизеля в лечебнице Ньювителсбах в Мюнхене. В Америке возникает общество Дизель-моторов.</p>
1899	<p>Январь-март: Дизель отдыхает в Мерано. Апрель: неудачи с Дизель-моторами. «Дизель-моторная фабрика» в Аугсбурге прекращает производство двигателей. Успешная работа газомоторной фабрики Дейтц. Май: посещение Австро-Венгрии. Переговоры и основание нового завода моторов. Ноябрь: поездка в Галицию. Ухудшение здоровья.</p>
1900	<p>6 марта: скончался Готтлиб Даймлер. Весна: контакты с графом Цеппелином.</p>

	<p>2 июля: полет первого дирижабля Цепелина.</p> <p>4 августа: скончался Жан Жозеф Этген Лемуар, изобретатель первого двигателя внутреннего сгорания.</p> <p>25 августа: скончался Фридрих Ницше.</p> <p>Осень: основание Общества Дизель-моторов в Лондоне.</p> <p>Всемирная выставка и Олимпийские игры в Париже. Дизель-мотор получает Большой Приз выставки.</p> <p>Зигмунд Фрейд опубликовал «Толкование снов».</p> <p>Макс Планк опубликовал квантовую теорию.</p>
1901 - 1904	Экспедиция на Южный полюс сэра Роберта Фэлкона Скотта.
1901	<p>Смерть отца Дизеля.</p> <p>22 января: кончина королевы Великобритании Виктории. Наследником престола становится ее сын Эдвард VII.</p> <p>Весна: переезд в особняк на улице Марии-Терезии, дом 32 в Мюнхене.</p> <p>В Англии построен первый Дизель-мотор.</p>
1902	<p>Весной Тринклер уезжает в Германию на завод «Братьев Кертинг», где начинает строить свой бескомпрессорный двигатель.</p> <p>Роберт Бош изготавливает первую свечу зажигания.</p>
1903 - 1906	Руаль Амундсен впервые прошел на небольшом промысловом судне «Йоа» Северо-Западным проходом с Востока на Запад от Гренландии к Аляске.
1903	<p>Дизель издает книгу «Солидарность. Естественное экономическое освобождение человечества».</p> <p>Декабрь: первый полет братьев Уилбера и Орвила Райт.</p> <p>Оскар фон Миллер открывает Немецкий музей в Мюнхене.</p>
1904 - 1905	Русско-японская война.
1904	<p>Переговоры с фирмой братьев Зульцер (Винтертур) о планах строительства экипажной части и двигателя для термолocomоти́ва.</p> <p>Первое путешествие супругов Дизель в Америку.</p> <p>Всемирная выставка в Сент-Луисе.</p> <p>Проф. Евгений Мейер из Берлина проводит испытания бескомпрессорного двигателя Густава Тринклера на заводе «Братьев Кертинг». Двигатель ставится на промышленное производство.</p>
1905	<p>Проект постройки первого Дизель-локомоти́ва.</p> <p>31 марта: начало войны в Марокко.</p> <p>Фирмой братьев Карельс представлен 500 сильный Дизель-мотор.</p> <p>Альберт Эйнштейн разрабатывает специальную теорию относительности (общая теория относительности – 1915 год)</p>
1906	Дизелем предпринята успешная попытка установки дизель-мотора на тепловоз на заводе Бр. Зульцер в Винтентуре (Швейцария)
1908 - 1908	Сын Дизеля Евгений работает в мастерских Зульцера. Он отказывается получать инженерное образование в высшем техническом учебном заведении и занимается геологией.

1908	Строительство первого небольшого Дизель-мотора, первого грузовика и первого дизельного локомотива Летние Олимпийские игры в Лондоне.
1909	Дочь Дизеля Хеди вступает в брак с инженером Арнольдом Фрейхером фон Шмидт. Луи Блерио перелетает через Ла-Манш
1910	Компания дизельных моторов в Америке преобразуется в компанию Буш – братья Зульцер – Дизель-мотор. Генрих Дешампс представляет небольшой Дизель-мотор на Всемирной выставке в Брюсселе и получает Большой Приз за его превосходство. В России организован Съезд деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания в рамках работы Императорского Русского Технического Общества с участием Дизеля.
1911	14 декабря: Руаль Амундсен на собаках достиг Южного полюса, на месяц опередив английскую экспедицию Роберта Фэлкона Скотта (18 января 1912 года). Эрнст Резерфорд открывает строение атома.
1912	Март: второе путешествие супругов Дизель в Америку, где имеют торжественный прием 14 – 15 апреля: гибель «Титатника» в Северной Атлантике. 6 мая: встреча с Эдисоном в Оранж Сити. Октябрь 1912 – февраль 1913: Балканский кризис. 21 ноября: доклад Дизеля «История возникновения Дизель-моторов» на собрании судостроителей в Берлине. Спуск со стапелей океанского судна «Зеландия» с Дизель-моторами в Дании..
1913	Профессор Иоганн Людерс Высшей технической школы в Аахене готовит к публикации свой труд «Миф Дизеля». Март: первый успешный рейс термомокомотива Весна: путешествие на Сицилию. Июнь: Дизель встречает в своем особняке многочисленную делегацию американских инженеров и получает приглашение на участие во Всемирной выставке 1915 года в Сан Франциско. Посещение международной строительной выставки в Лейпциге, полет на дирижабле Цеппелина. Сентябрь: издана книга Дизеля «История возникновения Дизель-мотора» в Берлине. Планирование на сентябрь поездки в Лондон и мастерские в Ипсвиче. 29 – 30 сентября: исчезновение Дизеля во время переправы через Ла-Манш в Англию. Фран Габер в совместной работе с Карлом Бошем изобретает метод получения аммония (Габер-Бош-метод). Ганц Гейгер изобретает счетчик Гейгера для замера уровня радиации. Нильс Бор представляет модель строения атома и обосновывает современную теорию атома.

Источники заимствованных иллюстраций

На обложке. Жизнь и работа Рудольфа Дизеля.

<http://www.engines.ru/main/istoriya/150-zhizn-i-rabota-rudolfa-dizelya.html#top>

Рис. 1. История создания дизеля, биография изобретателя.

<http://www.engines.ru/main/istoriya/148-istoriya-sozdaniya-biografiya-isobretatelya.html>

Рис. 2. MAN Museum in Augsburg. 1994

<http://talks.guns.ru/forummessage/42/258631-26.html>

Рис. 3. MAN Museum in Augsburg. 1994

Рис. 4. Рудольф Дизель – человек – двигатель.

http://www.afp.cjm.ua/avtotema/Rudolf_Diesel_chelovek-dvigatel/

Рис. 5. Карно, Сади.

<http://ru.wikipedia.org/wiki/>

Рис. 6. «Краткий политехнический словарь».

Гос. изд. технико-теоретической литературы. М., 1956. 1136 с., стр. 388.

Рис. 7. История создания Двигателя внутреннего сгорания

ENGINE_MARKET.htm

Рис. 8а. Календарь.

<http://www.runivers.ru/Runivers/calendar2.php?ID=5307148&month=128year=20>

09

Рис. 8б. Rudolf Diesel - Diesel's velkym D

<http://veteran.auto.cz/ocobnosti/rudolf-diesel-diesel-s-velkym-d/>

Рис. 9. Rudolf Diesel - Diesel's velkym D

<http://veteran.auto.cz/ocobnosti/rudolf-diesel-diesel-s-velkym-d/>

Рис. 10. Рудольф Дизель – инженер от бога.

http://www.avto.ru/review/post_7632.html

Рис. 11. MAN Museum in Augsburg. 1994

Рис. 12а. Календарь.

<http://www.runivers.ru/Runivers/calendar2.php?ID=5307148&month=>

128year=2009

Рудольф Дизель – человек – двигатель.

http://www.afp.com.ua/avtotema/Rudolf_Dizel_chelovek_-dvigatel/

Рис. 12б. Verkleij Ir. C. J. 100 Jaar Dieselmotor. SWZ 2 – 92.

<http://www.swzonline.nl/swz->

<archieff/S&W%20archieff/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

Рис. 13. Патент №67207. www.carstock.ru/Dictionary/Rudolf_Diesel

Рис. 14. Патент №67207. www.carstock.ru/Dictionary/Rudolf_Diesel

Рис. 15. Verkleij Ir. C. J. 100 Jaar Dieselmotor. SWZ 2 – 92.

<http://www.swzonline.nl/swz->

<archieff/S&W%20archieff/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

Рис. 16. Verkleij Ir. C. J. 100 Jaar Dieselmotor. SWZ 2 – 92.

<http://www.swzonline.nl/swz-archief/S&W%20archief/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

Рис. 17. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 804.

Рис. 18. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 739.

Рис. 19. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М. Машиностроение. 1983, 372 с.

Рис. 20. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 799.

Рис. 21а. MAN Museum in Augsburg. 1994

Рис. 21б. MAN Museum in Augsburg. 1994

Рис. 22а. Рудольф Дизель – человек – двигатель.

http://www.afp.com.ua/avtotema/Rudolf_Diesel_chelovek-dvigatel/

Гумилевский Лев «Рудольф Дизель». М., 1935, стр. 105

Рис. 22б. Тимошенко Н.Д. Двигатели внутреннего сгорания. Компоновки и конструкции. Атлас. Ч. 1./ Н.Д. Тимошенко. – Екатеринбург: 2003, стр. 68.

Рис. 23. Rudolf Diesel - Diesel's velkym D

<http://veteran.auto.cz/ocobnosti/rudolf-diesel-diesel-s-velkym-d/>

Рис. 24. Архив автора.

Рис. 25. Гумилевский Лев «Рудольф Дизель». М., 1935, стр.115

Рис. 26. Гумилевский Лев «Рудольф Дизель». М., 1935, стр. 121

Рис. 27а. Радциг А.А. «История теплотехники». Изд. АН СССР, М. – Л., 1936, стр. 294.

Рис. 27б. Verkleij Ir. C. J. 100 Jaar Dieselmotor. SWZ 2 – 92.

<http://www.swzonline.nl/swz-archief/S&W%20archief/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

Рис. 28. Verkleij Ir. C. J. 100 Jaar Dieselmotor. SWZ 2 – 92.

<http://www.swzonline.nl/swz-archief/S&W%20archief/100%20jaar%20Dieselmotor.pdf>

Рис. 29. MAN: Čtvrť tisíciletí pokroku

<http://veteran.auto.cz/riremni-profilny/man-ctvrt-tisicileti-pokroku/>

Рис. 30. Грибов И.В. Двигатели внутреннего сгорания. Часть I. Тяжелые двигатели. Транспечать НКПС. 1930, стр. 231.

Рис. 31. Грибов И.В. Двигатели внутреннего сгорания. Часть I. Тяжелые двигатели. Транспечать НКПС. 1930, стр. 232.

Рис. 32а. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 802.

Рис. 32б. MAN: Čtvrť tisíciletí pokroku

<http://veteran.auto.cz/riremni-profilny/man-ctvrt-tisicileti-pokroku/>

Рис. 33. Рудольф Дизель: «Я иду впереди лучших умов человечества». История создания дизельного двигателя.

http://www.4diesel.ru/article_262html

«Рудольф Дизель». <http://www.webslivky.com/u22.html>

Рис. 34. Рудольф Дизель – человек – двигатель.

http://www.afp.cjm.ua/avtotema/Rudolf_Diesel_chelovek-dvigatel/

- Рис. 35. Рудольф Дизель – гениальный изобретатель.
<http://www.dizel-avto.ru/ishop/18>.
Рудольф Дизель – человек – двигатель.
http://www.afp.cjm.ua/avtotema/Rudolf_Diesel_chelovek-dvigatel/
- Рис. 36. Тринклер Г.В. «Двигателестроение за полу столетие». Изд. «Речной транспорт» Л., 1958, изд. 2-е, стр. 26.
- Рис. 37. Тринклер Г.В. «Двигателестроение за полу столетие». Изд. «Речной транспорт» Л., 1958, изд. 2-е, стр. 28.
- Рис. 38. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель. Его жизнь и деятельность / Лев Гумилевский. – М.-Л.: Энергоиздат, 1934, стр. 89
- Рис. 39. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 801.
- Рис. 40а. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, стр. 802.
- Рис. 40б. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, 864 с., стр. 802.
- Рис. 40в. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, 864 с., стр. 802.
- Рис. 41. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель. Его жизнь и деятельность / Лев Гумилевский. – М.-Л.: Энергоиздат, 1934, стр. 85
- Рис. 42. MAN Museum in Augsburg. 1994
Тучков В. «Сильнее пара и угля».
<http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/technics/250/>
- Рис. 43а. Ушакова Г.А. История одной книги.
<http://vs600.nounb/sci-ru/kp/books/2.html>
- Рис. 43б. Ушакова Г.А. История одной книги.
<http://vs600.nounb/sci-ru/kp/books/2.html>
- Рис. 44. Людвиг Нобель, Альфред Нобель
Кордовский Виктор «Эти звучные имена Нобелей»
<http://www.vestnik.com/issues/2003/0917/win/kordovsky.htm>
- Рис. 45. Тасин В. Звезда и смерть Рудольфа Дизеля.
http://www.jdessapassage/magazine_details.aspx?id=31576
«Рудольф Дизель». <http://www.webslivky.com/u22.html>
- Рис. 46. Лев Гумилевский «История локомотива». ОНТИ, М. – Л., 1937, стр. 159.
- Рис. 47. Бережных О.А. «Из истории развития мировой науки и техники». Ж-л «Судостроение». 1987, №2, стр. 60 – 61.
- Рис. 48. Рудольф Дизель – человек-двигатель <http://leforio.ya.ru/post.xml>
Рудольф Дизель – человек – двигатель.
http://www.afp.com.ua/avtotema/Rudolf_Dizel_chelovek-dvigatel/
- Рис. 49. Гороховская Л. Рудольф Дизель покончил жизнь самоубийством.
<http://gazeta.ua/index.php?id=21479&lang=ru>
Рудольф Дизель – человек – двигатель.
http://www.afp.com.ua/avtotema/Rudolf_Dizel_chelovek-dvigatel/
История создания дизеля, биография изобретателя.
<http://www.engines.ru/main/istoriya/148-istoriya-sozdaniya-biografiya-isobretate-lya.html>.

Рис. 50. Архив автора.

Рис. 51. Великие изобретатели.

<http://altfast.ru/print.page.1.100001-velikie-izobretateli.html/>

Рис. 52. Дмитриев В.П., Пургин В.Р., Рыжков М.Т. К истории развития дизелестроения на заводе «Русский дизель». Двигателестроение. 1993, №1-2, стр. 8 – 13.

Рис. 53. «Ректор института Александр Александрович Радциг»

<http://www.spbstu.ru/history/rectors/radzig.html>

Рис. 54. Тринклер Г.В. «Двигателестроение за полу столетие». Изд. «Речной транспорт» Л., 1958, изд. 2-е, 168 с. (стр. 30)

Рис. 55. Эммануил Людвигович Нобель

<http://www.engines.ru/istoriya.html>

Рис. 56. Воеводин, В. Первые в мире, первые в России: Эммануил Нобель.

<http://www.cfin.ru/press/pmix/2001-4/14.shtml>

Рис. 57. Гумилевский, Л. Рудольф Дизель. Его жизнь и деятельность / Лев Гумилевский. – М.-Л.: Энергоиздат, 1934, стр. 94.

Рис. 58. Новиков Л.А. Рудольф Дизель и его поршневой двигатель с воспламенением от сжатия. Двигателестроение. 2008. №1, стр. 3 – 9.

Рис. 59. Музей завода «Красное Сормово», г. Нижний Новгород.

Рис. 60. Horst W. Koehler “A century of ship propulsion by diesel engines. How it all started”. Diesel Facts. MAN B&W. Summer 2003. p. 9,12.

Рис. 61. Дмитриев В.П., Пургин В.Р., Рыжков М.Т. К истории развития дизелестроения на заводе «Русский дизель». Двигателестроение. 1993, №1-2, стр. 8 – 13.

Рис. 62. Новиков Л.А. Нобели в России. Двигателестроение. 2009. №2, стр. 12 – 17.

Рис. 63. Г.В. Тринклер и его бескомпрессорный двигательвысокого сжатия.

<http://eseu.nm.ru/history/trinkler.htm>

Рис. 64а. Тринклер Г.В. «Двигателестроение за полу столетие». Изд. «Речной транспорт» Л., 1958, изд. 2-е, 168 с.(стр. 57)

Рис. 64б. Гуго Гюльднер «Двигатели внутреннего сгорания», Московское научное издательство «Макиз». М. 1927, 864 с., стр. 816.

Рис. 65. Музей завода ОАО «РУМО».

Рис. 66. Дмитриев В.П., Пургин В.Р., Рыжков М.Т. К истории развития дизелестроения на заводе «Русский дизель». Двигателестроение. 1993, №1-2, стр. 8 – 13.

Рис. 67. Румб В.К. Первые отечественные бескомпрессорные двигатели. Двигателестроение. 2008, №1, стр. 46 – 48.

Рис. 68а. Боклевский Константин Петрович.

<http://www.rulex.ru/persons/163/163699.htm>

Рис. 68б. Гриневецкий Василий Игнатьевич

<http://www.persons-info.com/index.php?pid=8663>

Рис. 68в. Брилинг Николай Романович.

http://www.pseudology.org/people/Briling_NR.htm

Рис. 68г. Мазинг Евгений Карлович

http://energy.bmstu.ru/e02/100_Years/Mazing.pdf

Рис. 69. Развитие и распространение дизелей в России. К 100-летию русской привилегии Г.В. Тринклера на дизельный двигатель./ Ю.И. Матвеев, Е.И. Андрущенко. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010.-166 с.

Рис. 70. Дизель Р. О развитии двигателей Дизеля / Р. Дизель – в кн. Труды Съезда Деятелей, занимающихся построением и применением двигателей внутреннего сгорания // С.–Петербург – 1910. – С. 113 - 115.

Рис. 71. Гаккель Яков Модестович

<http://kurs2.as-club.ru/112.html>

Рис. 72а. Ольга Контышева «Яков Гаккель»

<http://pressa.irk.ru/kopeika/2009/35/006001.html>

Рис. 72б. Тепловоз Гаккеля.

<http://ru.wikipedia.org/wiki>

Рис. 73. Рудольф Дизель: «Я иду впереди лучших умов человечества». Ж-л «MAN в России», 2008, №1, стр. 3 – 6.

Содержание

Предисловие	3
Введение	
Глава 1. Рождение и становление идеи	
Глава 2. Теоретические основы «рационального» теплового двигателя Дизеля	
Глава 3. Воплощение идеи и рождение нового двигателя	
Глава 4. Материалы съезда в Касселе	
Глава 5. Послесъездовский период	
Глава 6. Исчезновение Дизеля	
Глава 7. Русский след в истории двигателя Дизеля	
Глава 8. Трагедия Рудольфа Дизеля	
Глава 9. Версии гибели Рудольфа Дизеля	
Библиографический список	
Приложение 1. Патент №67207. Воссоздание текста и перевод выполнены с прилагающегося текста американского патента №542846 от 16 июля 1895 г. «Метод и устройство для превращения теплоты в работу»	
Приложение 2. Хроника важнейших событий, изобретений и открытий в период жизни и деятельности Рудольфа Дизеля	
Приложение 3. Источники заимствованных иллюстраций	