

Содержание

Предисловие.....	4
Введение.....	6
Глава 1. Рождение и становление идеи	8
Глава 2. Теоретические основы «рационального» теплового двигателя Дизеля	25
Глава 3. Воплощение идеи и рождение нового двигателя	49
Глава 4. Материалы съезда в Касселе.....	78
Глава 5. Послесъездовский период.....	85
Глава 6. Исчезновение Дизеля	119
Глава 7. Русский след в истории двигателя Дизеля	128
Глава 8. Трагедия Рудольфа Дизеля	173
Глава 9. Версии гибели Рудольфа Дизеля.....	181
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	186

Предисловие

Когда мы говорим слово «дизель», то имеем в виду, прежде всего, особый тип двигателя внутреннего сгорания. Слово «дизель» для многих 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 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 ним 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 возникновении двигателя, а не на историю создания двигателя. Это название сложилось по ряду причин.

Во-первых, авторы посчитали необходимым изложить не просто описание самого изобретения и трудный процесс его воплощения в реальный двигатель, и это была бы история создания двигателя. Мы постарались показать, что его появлению предшествовала история развития двигателей внутреннего сгорания и теплотехники, начиная с теплового цикла великого Карно и заканчивая последними достижениями предшественников Дизеля.

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

линдре 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 ему уже более чем столетнюю историю. Двигатель Дизеля в работах русских инженеров возник заново.

Следует также напомнить и то, что свою последнюю работу по рациональному двигателю сам Дизель назвал «История возникновения двигателя Дизеля» [3, с. 809, в переводе Г. Г. Калиша и С. И. Алексеева].

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

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, с. 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 витавшие 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 увидел 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 утверждений и выработке новых решений. Гибкость ума Дизеля, его целеустремленность заслуживают большого уважения и признательности его таланта.

Появившиеся в последнее время публикации, приуроченные к 150-летию изобретателя в 2008 г. и 100-летию юбилею самого двигателя в 1997 г., 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 имеют не только техническую, но и историческую достоверность. Авторский коллектив по мере возможности не обошел стороной и вопрос биографических справок о тех людях, которые оказались 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 скупые сведения могут дать представление о деятельности этих людей и подтолкнуть пытливые умы к дальнейшим поискам и уточнениям.

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/см²), 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.

Мы выражаем благодарность кандидату технических наук 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 г. в семье немецких эмигрантов Элис и Теодора Дизелей и был одним из трех детей. И хотя свою родословную семья вела из крохотного тюрингского городка Пёснек (Roessneck), однако на свет создатель 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. Элис и Теодор Дизель

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 так же, как другие французы — по воскресеньям катались на лодке и завтракали на траве, а в будние дни и сами работали, 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 приезду 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 самому, поэтому дисциплина и упорство стали его принципами. Работоспособность юноши была феноменальной, а упорство в достижении цели ошеломляло знакомых.

В период с осени 1873-го по весну 1875 г. Дизель обучается в Политехнической школе в Аугсбурге [6, с. 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 провести испытание даровитейшего юноши и задал ему несколько вопросов.

Вот как описывает эту встречу Лев Гумилевский в своей книге о Рудольфе Дизеле [6, с. 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 загромождать ответов повторением слишком известных истин.

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

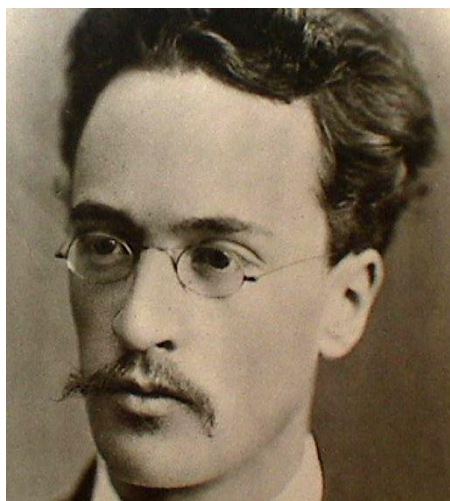


Рис. 3. Дизель — студент Мюнхенской высшей технической школы

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

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

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

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 и инженер-практик. Он возглавлял 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, наоборот, был воплощенным в живую человеческую личность вдохновением. Все в нем свидетельствовало о страстной отзывчивости и внутреннем неиссякаемом огне. С не сходящей с лица улыбкой, быстрыми движениями и веселыми глазами, этот невысокий, стремительный, живой человек действовал на своих слушателей пламенностью своих речей, творческим воображением, неожиданностями сравнений и фантастичностью идей.

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

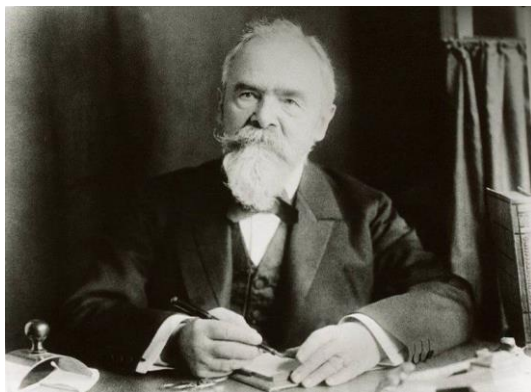


Рис. 4. Профессор теплотехники Мюнхенской высшей технической школы Карл фон Линде

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, с. 14].

В то 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 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.

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

Саді Карно получил хорошее домашнее образование. В 1812 г. блестяще окончил лицей Карла Великого и поступил в Политехническую школу —



Рис. 5.
Николя́ Леона́р Саді́ Карно́

лучшее на тот момент учебное заведение Франции. В 1814 г. он ее окончил шестым по успеваемости и был направлен в Инженерную школу в городе Мец. После завершения Инженерной школы в 1816 г. был распределен в инженерный полк, где провел несколько лет. В 1819 г. 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 Николя Клеманом, занимавшимся изучением газов. Общение с ним и вызвало у Карно интерес к изучению паровых машин.

И в 1824 г. 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 существовавших 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%). 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, с. 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, с. 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 г. Карно оставил военную службу. Он много работал, притом что в 1830 г. 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 к более нагретому, необходимо затратить работу. Эту правильно подмеченную физическую закономерность Карно вывел, анализируя идеальный круговой процесс, который теперь носит его имя — цикл Карно.

Цикл Карно — идеальный круговой процесс, с которым сопоставляют все теоретические циклы, совершающиеся при одних и тех же температурах теплоотдатчиков и теплоприемников.

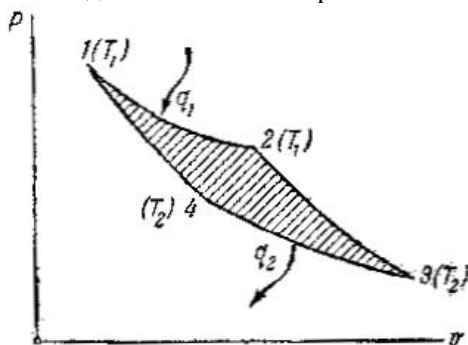


Рис. 6. Цикл Карно

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, за счет уменьшения внутренней энергии агента. Передача части теплоты в количестве q_2 теплоприемнику с температурой T_2 (в соответствии со вторым законом термодинамики) происходит изотермически. В цикле Карно по кривой 3–4 происходит изотермическое сжатие. Цикл за-

вершается адиабатой 4–1, т. е. после точки 4 сжатие будет происходить с увеличением внутренней энергии агента. КПД цикла определяется из выражения

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

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, ни возникать, а переходит от одного тела к другому, 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 предположение, 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: величина термического коэффициента полезного действия циклов с двумя источниками теплоты, 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 г. 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.

В течение 10 лет работа Карно оставалась незамеченной. Только в 1834 г. она была по достоинству оценена французским физиком Б. Клапейроном, повторившим рассуждения Карно и воплотившим

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 г. 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 г. курс Высшей технической школы был окончен. Профессор Линде оставил 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: 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 которыми 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.

Практика на заводе продолжалась всего 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 размышлять 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,

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru