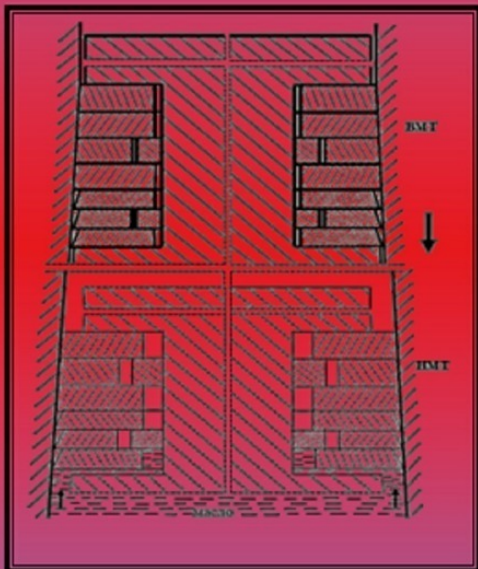


Анатолий Дружинин

# Как сделать двигатель лучше

## Новые поршневые кольца

---



# **Анатолий Матвеевич Дружинин**

## **Как сделать двигатель лучше.**

### **Новые поршневые кольца**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=24715312](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=24715312)*

*ISBN 9785448540271*

#### **Аннотация**

В книге представлена интегральная конструкция ЦПГ, в которой предусмотрены новые компрессионные и маслосъемные поршневые кольца, спроектированные с учетом газодинамических, термодинамических и гидравлических условий, в которых они работают. Обоснована ущербность ГОСТ 621—87, ГОСТ Р 53843—2010 (Кольца поршневые). Созданы условия практического применения воды в рабочих процессах ДВС, а также замещения четырехтактных двигателей более эффективными двухтактными.

# Содержание

Аннотация	5
Об авторе	6
Предисловие	7
Введение	13
Уплотнительные поршневые устройства	19
§1. Влияние газодинамики на работу поршневого уплотнительного кольца	22
§2. Газодинамика на различных тактах рабочего цикла двигателя	29
Конец ознакомительного фрагмента.	30

**Как сделать  
двигатель лучше  
Новые поршневые кольца**

**Анатолий Матвеевич  
Дружинин**

*Редактор* Фарида Бинятулловна Мирзамова

© Анатолий Матвеевич Дружинин, 2017

ISBN 978-5-4485-4027-1

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

# Аннотация

В книге представлена дополненная и переработанная информация предыдущих изданий, адаптированная к потребностям мощных и сверхмощных дизелей и компрессоров, используя новые поршневые **скользящие** компрессионные и **скользящие** маслосъемные кольца, объединенные в одну конструкцию, которая позволяет увеличить мощность двигателя, уменьшить расход топлива, увеличить сроки замены масла, улучшить экологические показатели двигателей.

Конструкция исключает применение **турбонаддува** во всех видах ДВС.

Обоснована ущербность ГОСТ 621—87, ГОСТ Р 53843—2010 (Кольца поршневые).

Созданы условия практического применения воды в рабочих процессах ДВС, а также замещения четырехтактных двигателей более эффективными двухтактными.

Книга будет полезна инженерно-техническим работникам моторостроительных предприятий, ученым и специалистам проектно-технологических институтов, студентам высших и средних учебных заведений, а также представит интерес слушателям факультетов и институтов повышения квалификации, автошколам при изучении теории и практики ДВС.

# Об авторе

**Дружинин Анатолий Матвеевич**, 1935 г.р., кандидат технических наук, доцент Казанского научно-исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева. Профессиональный технолог по авиационным, ракетным двигателям и двигателям внутреннего сгорания. Проблему повышения эффективности ДВС исследует более 30-ти лет, первое изобретение «Поршневое уплотнение для ДВС (Авторское свидетельство, SU, №1388572), 1986г, (всего изобретений 35 и 6 патентов на полезные модели).

Результаты исследований опубликованы в 8-ми номерах научно-технического журнала «Вестник машиностроения», переведены на английский и распространены по всему миру. Изданы две книги: Цилиндропоршневая группа двигателей и компрессоров: 100% инновационных элементов ЦПГ / Анатолий Матвеевич Дружинин. – [б. м.]: Издательские решения, 2016. – 238 с. и Модернизация двигателей внутреннего сгорания: цилиндропоршневая группа нового поколения, – М.: Инфра – Инженерия, 2017. – 150с.

Награжден Дипломом «За лучшую инновационную идею «Новые поршневые уплотнения для двигателей внутреннего сгорания республиканского конкурса «50 лучших инновационных идей Республики Татарстан», 2006г.

# Предисловие

*«Теория без практики мертва»  
Практика без теории убога. Гармония теории  
и практики – путь к совершенству.  
Автор*

Название книги унаследовано от статьи «Как сделать двигатель лучше?», опубликованной в очень авторитетном в ученом мире журнале Вестник машиностроения, который входит в перечень утвержденных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней [1]. Журнал переводится на английский язык, переиздается и распространяется во всем мире фирмой «Аллертон Пресс» (США).

Надо было иметь серьезные научные достижения, что-то новое, интересующее теоретиков и практиков, специалистов по двигателям внутреннего сгорания, чтобы опубликовать свои изыскания в столь авторитетном журнале. Очевидно, такие основания были. Подтверждением тому стала последующая серия статей не только в этом журнале, но и в профильном журнале Автомобильная промышленность.

Книга представляет новую редакцию, опубликованной ранее книги автора «Цилиндропоршневая группа двигателей и компрессоров: 100% инновационных элементов ЦПГ» [3]. За прошедшее время произошли определенные перемены, содержание книги пополнилось новой информацией, полу-

чены патенты на изобретения, в тексте проведены некоторые уточнения, поправки, отражены наиболее значимые практические предложения, конструкции, обоснования их технологической реализации.

Автор еще раз напоминает о том, что в результате многолетних исследований, поиска причин незакономерно низкой эффективности более ста лет используемого энергетического изделия, коим является двигатель, специалист технолог увидел **принципиальную ошибку** проектантов в самой ответственной части конструкции двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – **цилиндропоршневой группе (ЦПГ)**.

Причем, эта ошибка претендовала на **научно-техническую сенсацию**, ибо впервые было опубликовано одно из основных доказательств этого события – **газодинамическая схема** работы поршневого компрессионного кольца, которая открыла новое направление проектирования элементов ЦПГ. В этом издании акцентировано внимание специалистов на поведение газодинамики на различных тактах рабочего цикла двигателя. Появилась хорошая перспектива по-настоящему начать совершенствование двигателя, как в процессе проектирования и изготовления, так и в процессе эксплуатации во время плановых или внеплановых ремонтов.

Казалось бы, что ученые, специалисты – мотористы, мировое двигателестроение получили информационный материал, который настолько актуален, что потребовал приня-

тия срочных мер по его реализации, чтобы исправить явно ненормальное положение, в котором находится двигателестроение. Но...

Прошло более десяти лет, интереса у научной общественности, как не было, так и нет. Не только журнальные статьи, но и опубликованные автором учебные пособия, остаются невостребованными. Загадка, которую автору надо было решать и, надо полагать, он ее решил. Обо всем научном и около научном более подробно изложено в предлагаемом издании. Здесь же коротко отражены следующие соображения автора.

Рассматривая научно-технический прогресс, состояние современной науки, сравнивая с тем, что было несколько десятилетий назад, видишь принципиальные изменения в человеческом отношении ко всему этому. В этом смысле наиболее показательна, может быть **проблема повышения эффективности ДВС**, необходимость «сделать двигатель лучше». Кажется все ясно, все понятно, изучай и делай двигатель лучше.

Может показаться странным, но автору пришлось столкнуться с некоторыми обстоятельствами, которые не способствовали решению проблемы повышения эффективности двигателей. Оказалось, что не все так единодушны в принятии того, что предлагается для улучшения ДВС. Совершенствование двигателя, связанное с принципиальными изменениями его конструкции, вызывают одобрение одних и со-

противление других. Попробуем разобраться в этих противоречиях.

Начнем с истоков рождения изделия, с проектантов. Конструкторы зачастую разрабатывают более сложную конструкцию, забывая о том, что «простота – сестра таланта» и «лучшее – враг хорошего». В нашем изложении мы увидим конкретный пример – «впечатляющий», активно рекламируемый и повсеместно применяемый «турбонаддув» двигателей. Нецелесообразность применения «наддува», охватившего ученых и специалистов – мотористов, автор постарался доходчиво объяснить в своей работе [2].

Одной из основных причин искусственного «тормоза» в проводимых теоретических и практических исследованиях, как ни странно, оказались государственные стандарты. Автору пришлось в этом вопросе разобраться и обратиться в Росстандарт и направить статью, «Какой ГОСТ лучше?» в журнал Вестник машиностроения, редколлегия которого после долгого изучения, без каких-либо объяснений, сняла статью с публикации. Учитывая то обстоятельство, что для автора это впервые, а статья уже анонсирована в СМИ, было принято решение поместить ее в заключение этой книги, полагая, что читатель поймет, почему статью не опубликовали и сделает для себя определенные выводы, в том числе, стоит ли пользоваться этими стандартами.

Следующий в цепочке интересантов ДВС стоит изготовитель. Можно подумать, что его задача изготовить то, что со-

творили проектировщики. Но это тоже не совсем так. Его не интересует «простота» конструкции, ему в большей степени, импонирует более сложная техника с большей добавленной стоимостью и большим спросом на его продукцию. Может быть, он желает, чтобы ресурс двигателя был больше? Но этот вопрос он может решать только с точки зрения конкуренции, а вообще-то, чем меньше ресурс изделия, тем большее количество его планируется к выпуску.

Между прочим, есть еще большое количество людей, для которых увеличение ресурса двигателя нежелательно, это широкая разветвленная сеть сервисных служб и ремонтных предприятий, коих великое множество и, соответствующих им, миллионов рабочих мест, за увеличение которых так ратует государство.

Уменьшение расхода топлива и масла, по известным причинам, не воодушевляет нефтяников, производителей ГСМ. Между прочим, и государство не сочувствует изобретателю, по «вине» которого происходит потеря рабочих мест, а это увеличение процента безработицы, уменьшение потребления нефтяных продуктов приводит к снижению поступлений налогов в бюджет государства.

Исходя из выше изложенного, можно, с сожалением, констатировать: **только потребителю и, наверное, экологам жизненно важен мощный, высоко ресурсный, экономичный и экологически чистый двигатель.**

Показательно, в этом соревновании явного большинства

потребителей, то есть покупателей, и меньшинства производителей, налицо нарушение демократических принципов, ибо побеждает, то есть выигрывает, меньшинство, а по большому счету, проигрывает все человечество.

Тем не менее, наука, несмотря на неблагоприятные условия, в которых она чаще всего находится, не может остановиться, и в какой-то степени, это подтверждается данной работой.

# Введение

Очевидно, мало найдется специалистов, ученых, практиков авто, сомневающих в том, что современный двигатель внутреннего сгорания такой распространенный и такой необходимый, несмотря на более, чем вековую историю, можно отнести к последним достижениям науки и техники 21-го века. Как показали исследования, считать современный двигатель **совершенным, нет оснований** [3], [4]. Не добились еще разработчики ДВС гармонии **опережающей практики** по отношению к **отстающей теории**. Незакономерно низкий КПД двигателя, затормозившийся в районе 0,4, свидетельство наличия неких гипотез, субъективизма и недостатка серьезных теоретических разработок при проектировании столь ответственной части двигателя, коей является цилиндропоршневая группа.

Проблема эффективности ДВС, лично или опосредованно, касается абсолютного большинства человечества. Многие сотни миллионов самых разных транспортных и специальных средств, использующих поршневую технику, породили сотни тысяч производственных фирм и объединений, малого и среднего предпринимательства, в которых задействованы миллионы рабочих мест.

Только в России в 2016 г на учет было поставлено более 56 млн автомобилей самых различных типов и назначений,

затрагивающие интересы десятков миллионов наших соотечественников. Причем не меньшее количество ранее произведенных авто, может быть не столь современных, чем новые, также требуют к себе внимания и определенных мер по их совершенствованию, соответствующей **модернизации**. Качество приобретаемой и достаточно дорогой техники, имеет принципиальное значение для определения спроса и ответственного предложения. Вполне очевидно, что проблема формы наших авто их внешнего вида, более или менее, решена. Разработчикам следует обратить серьезное внимание на содержание нашей техники, которое в большей степени зависит от состояния двигателя, его технико-экономических и экологических показателей.

Известно, что в 2016 г. авто расходовало более 90 млн. баррелей нефти в сутки, в 2017 – 2019г. прогнозируется 96 – 97 млн. Становится очевидным, насколько актуальна проблема повышения эффективности ДВС всех видов транспорта, специальной техники, силовых энергетических установок, снижения расхода топлива и моторного масла, влияния выхлопных газов на биосферу.

Чаще всего выпускаемую продукцию оценивают качеством ее изготовления. Для энергетического изделия качество изготовления тоже имеет большое значение, но преобладающей характеристикой должна быть его **эффективность**, основанная на качестве проектирования, изготовления и эксплуатации.

В свое время в ремонтном цехе двигателей АТП-1 г. Казани автор обратил внимание на такую картину: рядом соседствовали два существенно отличающихся друг от друга блока двигателей, предназначенных для одной и той же модели автобусов. Один блок – наш родной, двигателя КАМАЗ, другой – двигателя МЕРСЕДЕС. Причем, отличия одного от другого принципиальные.

8-ми цилиндровый двигатель КАМАЗ и 6-ти цилиндровый двигатель МЕРСЕДЕС, диаметр цилиндра двигателя у первого – 120 мм, у второго – 128 мм, первый обогатился турбонаддувом, выглядел очень важно и почти убедительно, второй, ну совсем простой, без наддува, называемый атмосферным. Понятно, что спрашивать у водителей, какой двигатель лучше на маршруте и в ремонте, было излишне. Но пример довольно показательный, особенно для разработчиков.

Создается впечатление, что при проектировании двигателей внутреннего сгорания у проектантов и, в первую очередь, ученых специалистов – мотористов, нет единодушия, какой-то объединяющей теоретической базы, которая позволила бы уверенно с пользой для дела решать практические вопросы.

В данной работе автор предлагает свое видение тех недостатков и ошибок, которые совершаются при разработке двигателей, иногда пренебрегая некими физическими законами, имеющими непосредственное отношение при проек-

тировании главной части ДВС – его «сердца» цилиндро-поршневой группы.

Тем не менее, основную работу в кинематической схеме «цилиндр – поршневые кольца – поршень» производит поршень с такими простыми по форме и очень ответственными по содержанию элементами конструкции – поршневыми кольцами. Цилиндр же, несмотря на свою значимость, относительно статичный элемент конструкции двигателя, изменения которого можно предусмотреть и отразить в его форме, размерах и технологических процессах его изготовления. Поэтому основное внимание уделим рассмотрению простейшей кинематической системы ДВС «поршень – поршневые устройства».

Проектируя новый двигатель, или проводя модернизацию двигателя в процессе планового или внепланового ремонта, следует рассчитывать на максимальную эффективность, которая должна быть существенно увеличена, то есть коэффициент полезного действия (КПД) двигателя должен быть заведомо больше 0,50, того «достижения», которое рекламируют специалисты отечественного автопрома. К сожалению, на практике КПД двигателя остановился в среднем, где-то в районе 0,4, а с учетом износа в процессе эксплуатации подвижных элементов, иногда не очень качественного топлива и моторного масла и того меньше 0,3 – 0,35.

Вполне очевидно, чтобы существенно повысить КПД двигателя, необходимо соответствующим образом исключить,

или существенно уменьшить все перечисленные выше потери.

Двигатель внутреннего сгорания это не только механика, воплощенная в литейных, штамповочных, механических и прочих производственных цехах, это и физические процессы, обеспечивающие его функционирование. Причем, физические процессы во многом определяют механику двигателя, его форму и размеры, которые затем формируют содержание двигателя, его технико-экономические характеристики и экологические показатели.

Недопустимо низкий КПД двигателя – свидетельство больших потерь и, как показали исследования, основная часть их происходит в цилиндропоршневой группе.

Исследования показали, что к преобладающим факторам влияния на эффективность двигателя следует отнести газодинамические потери, незаслуженно отнесенные классиками ДВС к «утечкам газов». Поэтому одна из важнейших проблем современного двигателя – устранение, или сокращение на минимум, всех зазоров в системе «цилиндр – поршневые кольца – поршень», допускающие прорывы газов в процессе работы двигателя.

Данная работа в основном посвящена исследованию проблем и разработке конструкций поршневых устройств, уплотнительных и маслосъемных, не только для двигателей внутреннего сгорания, но и для поршневых компрессоров

любых размеров и назначений.

# Уплотнительные поршневые устройства

Двигатель внутреннего сгорания, это конструкция, **подверженная** механическим, газодинамическим, гидродинамическим и термодинамическим воздействиям, которые изменяют форму и размеры отдельных его элементов и частей, находящихся в естественных и рабочих условиях его эксплуатации.

Разработчикам, проектирующим новые двигатели, необходимо знать, какие физические процессы и как влияют на трансформацию конструкции в процессе работы двигателя, которая должна найти отражение в разрабатываемых проектах.

Пока можно только констатировать, что этим «физическим процессам» разработчики ДВС уделяют недостаточное внимание. Наверное, настало время более подробно рассмотреть, какие процессы и, в какой части двигателя, вызывают изменения и, что это за изменения, от которых зависит работа двигателя и его эффективность.

Понятно, что основным источником изменений в двигателе является цилиндропоршневая группа, в которой происходят основные физико-химические процессы, естественным образом оказывающие существенное влияние на работу

двигателя. Цилиндропоршневая группа определяет не только размеры основных элементов двигателя, шатуна, коленчатого вала и т.п., но и форму двигателя. Как, попробуем в этом разобраться.

Эффективность любого, большого или малого, энергетического устройства оценивается величиной коэффициента полезного действия, стремящейся к единице, зависящей от комплекса самых различных по своей природе потерь, сопровождающих работу этого устройства.

Специфика двигателей внутреннего сгорания заключается в том, что кроме обычных **механических потерь на трение** подвижных элементов кинематической системы, здесь присутствуют **газодинамические потери**, **гидродинамические потери** (моторное масло) и тепловые **термодинамические потери**.

Кроме того, термодинамические изменения в двигателе в процессе его работы, оказывают существенное влияние на эффективность работы цилиндропоршневой группы. Термодинамика меняет форму и размеры цилиндра, поршня, поршневых колец, практически отражается на всех процессах, происходящих в двигателе.

Причем потери в двигателе могут быть объективного характера, по причине каких-либо физических процессов, происходящих внутри конструкции, сложно ограничивающиеся разработчиком и пользователем в процессе эксплуа-

тации изделия. Но могут быть и субъективными, связанные с человеческим фактором, допускающим **ошибки** в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического устройства.

Чтобы существенно повысить КПД двигателя, необходимо было выявить эти ошибки и предложить конструкции, исключаящие эти потери, или сокращающие их величину до незначительного минимума. Приведенный выше пример свидетельствует о том, что у оппонента двигателя КАМАЗ, потерь существенно меньше и это естественным образом отразилось на КПД двигателя, его форме и содержании.

Перечисленные выше потери, в основном, следует отнести к цилиндропоршневой группе двигателя, которую по праву считают «сердцем» мотора, определяющего технико-экономические характеристики и экологические показатели двигателя. Низкий КПД современного двигателя, это, в первую очередь, свидетельство несовершенства ЦПГ двигателя, наличие ошибок, допущенных в процессе ее проектирования.

# **§1. Влияние газодинамики на работу поршневого уплотнительного кольца**

Из рассмотренных потерь, сопровождающих работу двигателя внутреннего сгорания, имея определенные результаты многолетних теоретических и экспериментальных исследований, целесообразно выделить, как приоритетные, газодинамические потери, оказывающие влияние на основные рабочие процессы, происходящие в камере сгорания и в цилиндре двигателя, в результате, на эффективность работы двигателя.

Проведенные исследования показали, что при анализе различных потерь, характерных для двигателя внутреннего сгорания и влияющих на величину его КПД, пожалуй, основной задачей стало определить место каждого из них, выявить приоритеты и влияние на остальные группы потерь. Исходя из предварительного анализа, на первое место претендуют две группы потерь – механические и газодинамические.

Начнем со вторых, то есть с газодинамики. Надо отдать должное, отечественные ученые и специалисты мотористы, к газодинамике, как фактору, оказывающему серьезное влияние на работу ДВС, относятся снисходительно. В лучшем случае, газодинамика для них – «утечки рабочего газа», определяемые для отдельно взятого поршневого кольца [5].

Анализ точности, величин зазоров в отечественных дви-

гателях, показывает, что теоретические расчеты немецкого ученого по определению величины «утечек рабочего газа» не нашли у нас своего широкого применения. Да и так ли они важны? В последующем рассмотрим некоторые конструкции, где роль «утечек» сведена к несущественному минимуму.

Стоит обратиться к материалам по этому поводу в отечественных учебниках. «Когда кольцо сжато и вставлено в цилиндр, оно принимает цилиндрическую форму и оказывает давление на стенки цилиндра, равное 0,05...0,3 МПа (0,5... 3 кг/см<sup>2</sup>) и более. Во время работы давление кольца на стенки увеличивается, так как проникающие через зазоры между кольцом и поршнем газы прижимают кольцо к стенке цилиндра» [6].

Об этом же, через 10 лет. «Уплотнение осуществляется благодаря прижатию кольца к стеке цилиндра силами упругости кольца и давления газов. В момент вспышки при положении поршня в ВМТ давление в канавке 1-го кольца близко к давлению  $P_z$  в цилиндре, а в канавке 2-го кольца составляет лишь 50% этой величины. Давление  $P_3$  за последним кольцом существенно меньше, оно соизмеримо с давлением в картере двигателя. Ввиду значительного давления колец на стенки цилиндра большая часть работы трения в двигателе (до 50%, а иногда до 60%) приходится на кольца, поэтому **прижимать кольца чрезмерно большим усилием нельзя**» [7]. Как показали исследования, полученные объектив-

ные данные, эту аксиому современные ДВС (наверное, их творцы) просят доказать. Что и пытается автор представить в своих публикациях.

Сделанные учеными выводы с одной стороны достаточно очевидные, а с другой стороны неполноценные, носят общий характер, мало влияющий на процесс проектирования поршневых колец. Не достаёт ответа на главный вопрос: как, и с какими усилиями действует давление рабочих газов в цилиндре на уплотнительное поршневое кольцо?

**Процесс постоянно меняющегося давления всасываемого воздуха в цилиндр, затем смешавшегося вместе с топливом в камере сгорания и перешедшего в разряд рабочих газов, следует считать — газодинамическим процессом.**

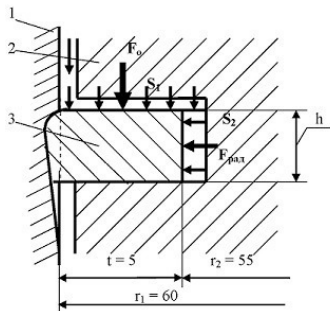
На основе анализа устоявшегося отношения ученых и специалистов мотористов к газодинамике, описывающих влияние давления рабочих газов на работу уплотнительного поршневого кольца, в 2004 году впервые была опубликована автором газодинамическая схема работы компрессионного кольца двигателя КАМАЗ [1]. Причем, так выглядит конструкция и положение компрессионного кольца без каких-либо уклонов верхнего торца и фасок по внутреннему диаметру (рис. 1).

Пришлось вспомнить и использовать известный физический закон, в приложении к данному случаю он может звучать следующим образом:

*На свободные поверхности поршневого кольца (верхний торец и внутренняя вертикальная поверхность), расположенного в замкнутом пространстве, ограниченном стенкой цилиндра, дном поршневой канавки и ее верхней и нижней полками, находящемся под давлением рабочих газов, действуют силы, пропорциональные величинам площадей этих поверхностей.*

Прорываясь через зазор между поршнем 2 и цилиндром 1 в верхнюю поршневую канавку, рабочее давление прижимает поршневое кольцо 3 к нижней полке поршневой канавки газодинамической силой  $F_0$ , а к стенке цилиндра радиальной силой  $F_{\text{рад}}$  и силой собственной упругости  $F_{\text{упр}}$ . Расчет этих сил был представлен в предыдущих изданиях автора.

Очевидно наибольший интерес может представить подобный расчет для одного из наиболее популярных отечественных двигателей ВАЗ-2190, имеющего следующие параметры: максимальное давление рабочих газов в цилиндре при положении поршня в верхней мертвой точке, порядка  $P_{\text{раб}} = 80 \text{ кг/см}^2$ . Для удобства расчетов размеры представим в сантиметрах. Диаметр цилиндра – 82 мм = 8,2 см; наружный радиус  $r_1$  – 41 мм = 4,1 см; внутренний радиус  $r_2$  – 38 мм = 3,8 см; радиальная толщина кольца  $t = 3,0 \text{ мм} = 0,3 \text{ см}$ ; высота верхнего компрессионного кольца  $h = 1,5 \text{ мм} = 0,15 \text{ см}$ .



**Рис. 1. Газодинамическая схема работы компрессионного кольца двигателя КАМАЗ**

1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – поршневое кольцо

Площадь верхнего торца определяется по формуле:

$$S_1 = \pi (r_1^2 - r_2^2) = 3,14 (4,1^2 - 3,8^2) = 3,14 (16,81 - 14,44) = 7,44 \text{ см}^2.$$

Площадь внутренней вертикальной поверхности определяется по формуле:  $S_2 = 2 \pi r_2 h = 6,28 \times 3,8 \times 0,15 = 3,58 \text{ см}^2$ .

Умножив давление рабочих газов на величины площадей, получим:

$$F_0 = P_{\text{раб}} \times S_1 = 80 \times 7,44 = 595,2 \text{ кгс (5,95 кН)};$$

$$F_{\text{рад}} = P_{\text{раб}} \times S_2 = 80 \times 3,58 = 286,4 \text{ кгс (2,86 кН)}.$$

Из сравнения этих двух газодинамических сил, действующих на подвижное поршневое кольцо вывод очевиден. Двукратно превосходящая осевая сила, надежно придави-

ла поршневое кольцо к нижней полке поршневой канавки, лишив возможности радиальной силе прижать рабочую поверхность поршневого кольца к стенке цилиндра.

Что очень важно отметить в данном случае. Такая закономерность соблюдается во всех случаях, когда над поршнем появляется, имеется избыточное давление. Об этом и не только, рассмотрим на различных тактах рабочего цикла двигателя, но уже сейчас, забегая вперед, можно смело предсказать:

**Газодинамическая схема принципиально изменила стратегию и тактику, теорию и практику проектирования двигателей внутреннего сгорания и поршневых компрессоров. При правильном ее применении в расчетах она оптимизирует размеры, форму и содержание двигателя и компрессора, существенным образом отражается на увеличении коэффициентов полезного действия того и другого.**

Все обоснования приведены в работах автора и в данном учебном пособии. На момент написания этого пособия прошло более 12-ти лет после опубликования объективного факта недееспособности поршневого уплотнения. Информация опубликована и запатентована, доведена до сведения ученых и специалистов – мотористов, тем не менее, производители продолжают «производить» супер современные авто, оснащенные двигателями, имеющими столь существенные дефекты. Попробуем еще раз, более подробно изложить

не столь сложное для понимания, но очень важное для специалистов решение проблемы повышения эффективности двигателей внутреннего сгорания.

## **§2. Газодинамика на различных тактах рабочего цикла двигателя**

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.