

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСА И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН

М.К. Куанышев¹, А.К.Каукаров¹, Б.У.Жаманбаев², А.Ж.Мурзагалиев¹, И.С.Утебаев¹

¹Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, Казахстан,

²Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Doi: 10.5281/zenodo.18092561

АННОТАЦИЯ

В данной статье всесторонне рассматриваются конструктивные особенности поршневых колец, являющихся очень важным элементом в структуре цилиндро-поршневой группы, которая представляет собой основной узел двигателей внутреннего сгорания в горных машинах. Обычно работают в более тяжелых условиях, что требует поршневых колец с увеличенной толщиной, что помогает улучшить износостойкость и увеличить срок службы. В ходе исследования были проанализированы основные функциональные типы поршневых колец: компрессионные, маслосъемные и двойные комбинированные, а также описано влияние их геометрической формы (бочкообразный, конический, прямоугольный профиль), конфигурации боковой поверхности и модификации контактной поверхности на уровень герметизации и трения в цилиндрической зоне.

Кроме того, были проанализированы результаты патентных исследований современных вариантов компрессионных колец. Инновационные решения в мировых патентных базах данных включают переменную толщину, специальные канавки, уменьшающие термоупругую деформацию, технологии обработки поверхности с низким коэффициентом трения, оптимизацию трещин и конструктивные инновации, повышающие газонепроницаемость. Проведенные анализы показали, что улучшение структурных параметров поршневых колец играет важную роль в повышении эффективности двигателей внутреннего сгорания.

Главная цель научной работы — выявление способов снижения трения и износа, увеличения ресурса цилиндро-поршневой группы и повышения энергоэффективности двигателя путем оптимизации конструкции поршневых колец с использованием современных материалов и инженерных методов проектирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

двигатель внутреннего сгорания, поршень, компрессионное кольцо, трение, цилиндро-поршневая группа, анализ международных и мировых патентов.

ВВЕДЕНИЕ

Двигатели делятся по устройству, назначению, виду используемого топлива и другим критериям. Одни созданы для наземного транспорта, другие для авиации, а есть и такие, которые могут работать вне атмосферы.

Двигатели горных машин работают, как правило, по четырехтактному циклу Отто, который совершается за два оборота коленчатого вала или четыре хода поршня и состоит из тактов впуска, сжатия, расширения (рабочего хода) и выпуска.

Цилиндропоршневая группа (ЦПГ) является центральной частью двигателя внутреннего сгорания (ДВС) горных машин, определяя его эффективность, мощность и надежность работы. В состав ЦПГ входят несколько важных деталей, каждая из которых выполняет определенную функцию в процессе преобразования тепловой энергии сгорания топлива в механическую работу.

ЦПГ работает в экстремальных условиях, сталкиваясь с высокими температурами, значительными нагрузками и постоянным трением, которые существенно влияют на её

функциональность и долговечность. При воспламенении рабочей смеси в цилиндре ДВС выделяется значительное количество теплоты, резко увеличивается температура (до 2500 градусов по Цельсию). Такая высокая температура может вызывать термическое расширение деталей, деформацию и даже структурные изменения материалов. Под давлением поршень перемещается к НМТ. Давление внутри цилиндра может достигать 80-100 бар и выше, особенно при работе на высоких оборотах, что создает интенсивные усилия на поршень, шатун и коленчатый вал.

Эффективность и надежность работы ДВС зависят от правильного взаимодействия всех компонентов ЦПГ. Поршень является ключевым элементом, преобразующим механическую энергию через возвратно-поступательное движение. Сгорание топлива происходит над поршнем в камере сгорания, герметично закрытой набором поршневых колец, особенно верхним компрессионным кольцом. На рисунке 1 представлены основные компоненты системы силового цилиндра.

Целью исследований является разработка и апробация новых методов и технологий, направленных на повышение износостойкости, снижение трения и улучшение герметичности поршневых колец двигателя внутреннего сгорания, используемых в горной машине.

ОБСУЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Основные причины возникновения проблем при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания следующие возможные причины [2] поршневых колец:

- абразивный износ- это частицы пыли и других загрязнений, попадающие в двигатель, действуют как абразив, вызывая износ колец и цилиндров. В условиях горной добычи это особенно актуально из-за высокой запыленности.
- адгезионный износ (схватывание) - когда возникает при недостаточной смазке, высоких температурах и давлениях, приводя к образованию сварочных мостиков между кольцом и цилиндром, которые затем разрушаются, снимая материал.
- коррозионный износ- это агрессивные химические вещества, образующиеся при сгорании топлива, а также влага, могут вызывать коррозию поверхности колец.
- усталостный износ- это циклические нагрузки приводят к образованию микротрещин и разрушению материала колец.

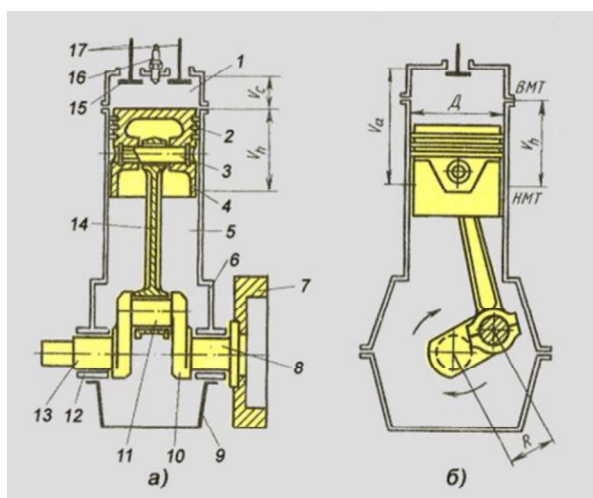


Рис. 1. Схема устройства поршневого двигателя внутреннего сгорания горных машин:

а - продольный вид, б - поперечный вид;

- 1 - головка цилиндра, 2 - поршневые кольца, 3 - палец, 4 - поршень, 5 - цилиндр, 6 - картер, 7 - маховик, 8 - коленчатый вал, 9 - поддон, 10 - щека, 11 - шатунная шейка, 12 - коренной подшипник, 13 - коренная шейка, 14 - шатун, 15, 17- клапаны, 16 – топливная форсунка.

Внутри цилиндра перемещается поршень 4 с компрессионными (уплотнительными) кольцами 2, имеющий форму стакана с днищем в верхней части. Поршень через поршневой палец 3 и шатун

14 связан с коленчатым валом 8, который вращается в коренных подшипниках, расположенных в картере. Коленчатый вал состоит из коренных шеек 13, шеек 10 и шатунной шейки 11. Цилиндр, поршень, шатун и коленчатый вал составляют так называемый кривошипно-шатунный механизм, преобразующий возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала (рис. 1).

Основная задача компрессионных поршневых колец (КПК) заключается в обеспечении герметичности камеры сгорания. Это предотвращает утечки отработавших газов в картер, поддерживает давление и повышает эффективность работы двигателя. Компрессионные кольца создают так называемый "газовый лабиринт," который препятствует проникновению газов из камеры сгорания и улучшает уплотнение за счет давления на каждый слой колец.

Обеспечение герметичности камеры сгорания: Компрессионные кольца предотвращают прорыв газов из камеры сгорания в картер двигателя, что обеспечивает максимальную компрессию и мощность.

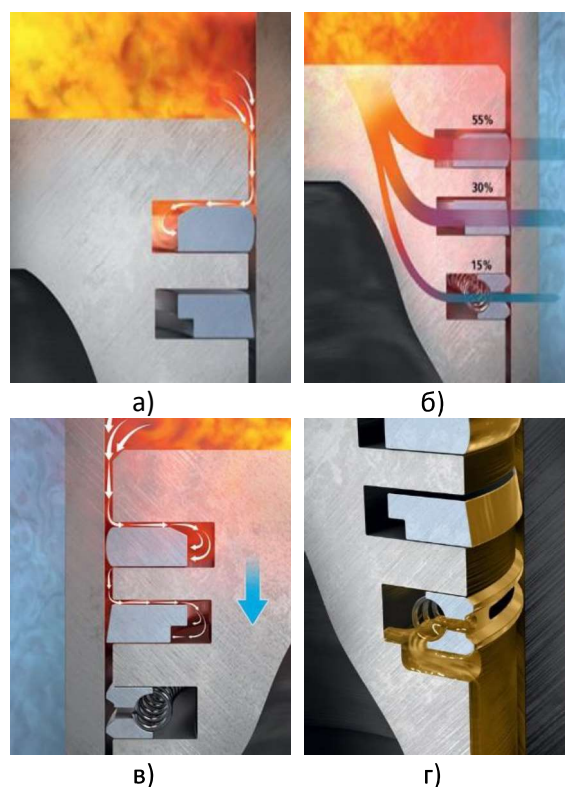


Рис. 2. Принципы работы поршневых колец

- а) уплотнение от прорыва отработанных газов. б) отвод тепла в) давление газов на коническое кольцо г) сьем и распределение масла.

Положительное и отрицательное скручивание колец проявляется тогда, когда на кольцо не действует давление сгорания (Рис. 2. а, б, в). Как только давление сгорания начинает действовать в кольцевой канавке, поршневое кольцо плотно

прижимается к её нижней боковой поверхности, за счет чего улучшается контроль расхода масла (Рис. 2, г).

Под способностью поршневого кольца прилегать к стенкам цилиндра понимают его адаптацию к форме стенки цилиндра для обеспечения эффективного уплотнения. Эта способность зависит от эластичности коромыслового кольца (у маслосъемных поршневых колец рис. 2. г) или, соответственно, стальных пластинок, а также от давления прижима кольца/кольцевой детали к стенке цилиндра.

Маслосъемные кольца контролируют количество масла на стенках цилиндра, удаляя излишки и предотвращая его попадание в камеру сгорания. Это предотвращает сгорание масла и минимизирует его расход.

Трение между поршнем, цилиндром и кольцами неизбежно при их движении, что приводит к износу и снижению эффективности работы ЦПГ. Поршневые кольца особенно подвержены износу, так как они должны обеспечить плотное прилегание поршня к стенкам цилиндра.

Современные двигатели внутреннего сгорания, несмотря на их высокую эффективность, преобразуют лишь около 40% произведённой энергии в выходную мощность. Около 4–15% этой энергии теряется из-за механических потерь на трение, а почти половина химической энергии рассеивается в других формах – например, в виде теплопередачи и потерь от прорыва газов, как показано на рисунке 3 в исследовании Ричардсона [2].

Примерно половина механических потерь на трение приходится на систему силового цилиндра, включая поршень, поршневые кольца и шатун, как представлено на рисунке 4 [2]. Остальные потери

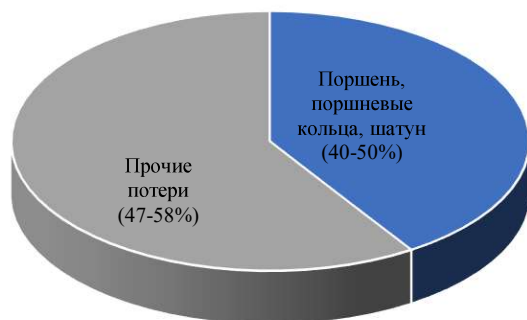


Рис. 4. Распределение мощности механических потерь на трение

Распределение потерь на трение между поршнем, поршневыми кольцами и шатуном в системе силового цилиндра можно увидеть на рисунке 5 [2]. Из него следует, что наибольшие потери на трение приходятся на поршень и поршневые кольца по сравнению с шатуном.

обусловлены трением в других компонентах, таких как система клапанного механизма и подшипники коленчатого вала.

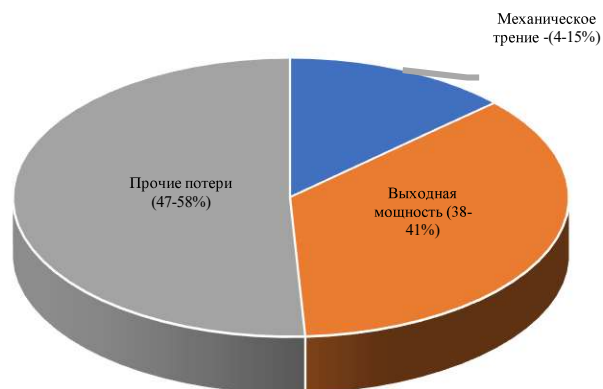


Рис. 3. Распределение мощности двигателей внутреннего сгорания

Около половины механических потерь на трение приходится на трение в системе силового цилиндра, включая поршень, поршневые кольца и шатун, как показано на рисунке 5 [2]. Остальные потери обусловлены трением в других компонентах, таких как система клапанного механизма, подшипники коленчатого вала и другие элементы.

Распределение потерь на трение между поршнем, поршневыми кольцами и шатуном в системе силового цилиндра можно увидеть на рисунке 6 [2]. Как видно, поршень и поршневые кольца вносят больший вклад в потери на трение по сравнению с шатуном.



Рис. 5. Распределение мощности потерь на трение в системе силового цилиндра

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В результате исследований было разработано техническое решение направленных на повышение износостойкости, снижение трения и улучшение герметичности поршневых колец двигателя внутреннего сгорания, используемых в горной машине.

Материалы и конструкция поршневых колец. Выбор оптимального материала: Необходимо подбирать материалы, обладающие высокой износостойкостью, термостойкостью и коррозионной стойкостью, учитывая условия эксплуатации. Конструкция колец: Конструкция колец должна обеспечивать эффективное уплотнение, минимальное трение и хорошую теплопередачу. Необходимо учитывать форму, ширину и количество колец.

Покрyтия: Применение износостойких и антифрикционных покрытий на кольцах может значительно увеличить их ресурс.

На поршнях устанавливаются кольца: компрессионные- для задержки прорыва газов из цилиндра через тепловой зазор -и маслосъемные, снимающие излишки масла со стенок цилиндра и не пропускающие масло в камеру сгорания. Для того чтобы маслосъемное кольцо плотнее прилегалo к стенкам цилиндра, под него с внутренней стороны устанавливается специальное разжимное кольцо (эспандер).

Поршень смещает верхнее компрессионное кольцо, уменьшая расстояние от вершины коронки с обычных 7,5–8 мм до 3–3,5 мм. Эта конструктивная особенность была внедрена в конструкцию поршня в конце 90-х годов и может быть обнаружена во многих автомобилях, выпущенных в 95 году. Уменьшение расстояния между кольцами в процессе сжатия снижает вероятность неполного сгорания топлива. Когда начинается процесс горения, эта зона не участвует в нём, что приводит к значительным потерям энергии. Однако изменение положения кольца может повлиять на структурную целостность поршня. Это один из двух основных факторов, которые следует учитывать при проектировании. Прежде всего, кольцо и верхняя часть поршня могут испытывать воздействие температуры до 500°C. В условиях высоких температур повышается вероятность деформации материала и микросварки на поверхностях. По мере уменьшения толщины материала коронки в области канавки, увеличивается вероятность образования трещин. Это связано с тем, что в процессе работы поршень испытывает меньшую поддержку из-за меньшего количества материала (см. рис. 6) [Error! Reference source not found.].

Для того чтобы предотвратить это, верхняя часть поршня подвергается анодированию. Это может увеличить срок службы детали. Однако даже анодированный поршень может выйти из строя при температуре, превышающей оптимальную. Расс Хейс подчеркнул, что при разработке поршней для эффективной передачи тепла была создана коническая поверхность, идущая от верхней части поршня к нижней. В процессе работы поршня происходит сгорание, и он постепенно нагревается, образуя на своей поверхности тонкую изношенную полосу.

В настоящее время в производстве поршней используется эллиптический профиль, который

проходит от юбки до маслосъемного кольца. Для обработки этого профиля применяются станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

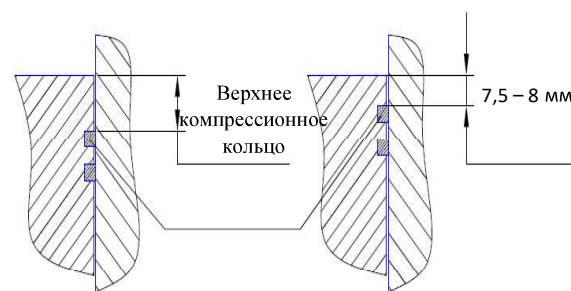


Рис. 6. Изменение положения поршневого кольца

Это позволяет обеспечить сохранение круглой формы юбки при тепловом расширении. Такой профиль поршня способствует повышению эффективности работы двигателя. Особенностью конструкции поршня является наличие верхней части с меньшим диаметром по сравнению с нижней половиной. Это позволяет верхней части поршня иметь больше пространства для теплового расширения во время работы. Благодаря этому поршень может выдерживать более высокие температуры без деформации. В результате изменения конструкции поршня D=92 мм удалось снизить его вес с 750 г до 600 г. Также было разрешено перемещение поршневого пальца с 38,1/43,18 мм до 30,48/33,02 мм. Это позволило использовать более крупные шатуны, что, в свою очередь, улучшило крутящий момент двигателя и снизило нагрузку на подшипники и кольца. В обычной конструкции поршня юбки имеют большую длину, примерно 38,1 мм. Однако в новых поршнях длина юбки уменьшена до 30,48 мм. Это может дать ряд преимуществ для успешного развития поршня. Благодаря уменьшению длины юбки зазоры от отверстия до поршня теперь составляют всего 0,01–0,005 мм. Ещё одним важным аспектом при проектировании поршня является головка. Она имеет сложную конструкцию, которая не только обеспечивает эффективное сгорание топлива, но и контролирует соотношение топлива и воздуха. Одной из самых больших проблем, с которыми столкнулись разработчики двигателей, была детонация. Однако благодаря достижениям в области разработки поршней, инженеры могут создавать специальные профили короны сгорания, которые позволяют двигателю безопасно справляться с детонацией на более высоком уровне.

Овальность кольца. В течение многих лет в сфере исследований и разработок поршневых двигателей применяется термин, который обозначает распределение контактного давления [4]. Для расчёта овальности кольца необходимо определить разницу между зазорами кольца на 180 градусов и 180 градусов со смещением на 90 градусов. Если овальность положительная, то это указывает на более высокое давление вокруг

зазора (S). Если же овальность отрицательная, то давление, наоборот, ниже. Это можно увидеть на рисунке 7.



Рис. 7. Овальность кольца

Различные задачи, стоящие перед поршневыми кольцами, больше не могут быть решены с помощью одного типа колец. Таким образом, имело смысл классифицировать типы поршневых колец, используемые в настоящее время. Эта классификация была приведена в Стандарте DIN ISO 6621, соответствующем рисунку 8.

За последние годы ширина поршневых колец значительно уменьшилась. Сегодня компрессионные кольца в бензиновых двигателях легковых автомобилей обычно имеют ширину 1,2–1,0 мм. Для сравнения: в 1930- годах ширина кольца была в два-три раза больше. Нижние поршневые кольца имеют меньшую массу, занимают меньше места для установки и обеспечивают меньшую высоту сжатия поршня [5].

Они также демонстрируют лучшие эксплуатационные характеристики с точки зрения трения, трепетания колец и продувки.

Поэтому чрезвычайно важна точная обработка канавок поршневых колец. При экстремальном соотношении ширины радиального поршневого кольца к ширине аксиально-поршневого кольца поршневые кольца становятся нестабильными.

Отдельные типы двигателей – бензиновые двигатели для легковых автомобилей, дизельные двигатели для легковых автомобилей и коммерческих автомобилей, а также среднеоборотные четырехтактные двигатели и тихоходные двухтактные дизельные двигатели - оснащаются пакетами поршневых колец, в которых общая эффективность соответствует конкретным условиям эксплуатации за счет сочетания различных типов поршневых колец.

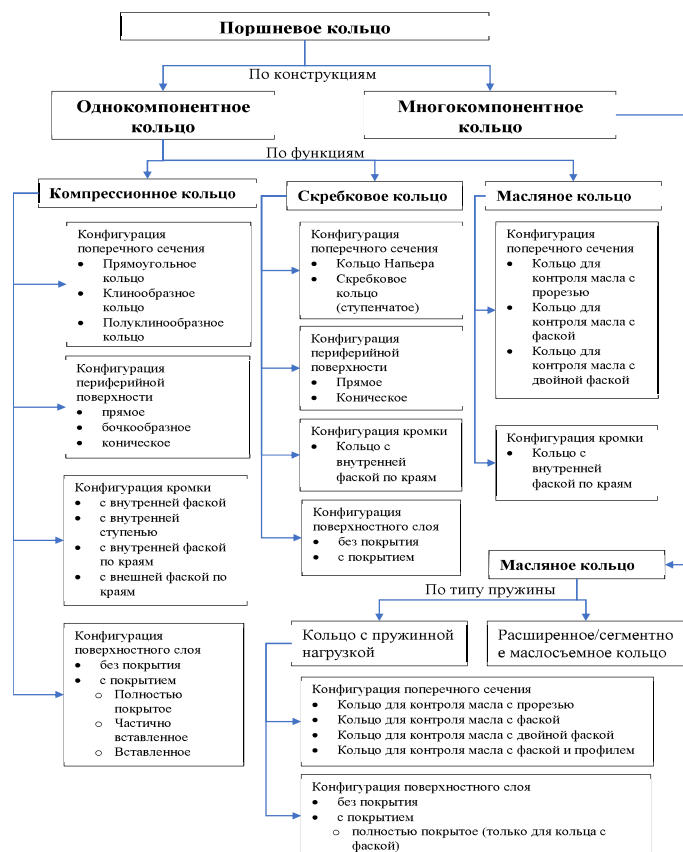


Рис. 8. Классификация поршневых колец по DIN ISO 6621

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами для решения выше приведенных проблем и поставлена следующая задача, которая предусматривает по повышению ресурса и эффективности эксплуатации поршневых колец двигателя внутреннего сгорания горных машин.

Поставленная задача решается на основе разработки способа увеличения ресурса поршневых колец. Компрессионное кольцо с прямоугольным сечением — это один из самых узнаваемых профилей колец. Благодаря своей форме, оно обеспечивает достаточный уровень герметичности при нормальных условиях эксплуатации. Кольцо может быть покрыто и изготовлено с параболической поверхностью или иметь плоские кромки с фасками. Это позволяет создать условия для непрерывной смазки.

Эти детали обычно используются в моторах легковых машин и мотоциклов, которые применяются в дорожном строительстве (см. рис. 8). Это конструктивное решение используется для защиты гильзы цилиндра от повреждений. В некоторых двигателях, работающих с небольшим зазором цилиндра, скос зазора может занимать до 50% от общей площади зазора. Однако из-за небольшого размера этих скосов конструктивная особенность может быть недооценена.

Допускается, чтобы поршневые кольца вызывали лишь минимальный износ отверстия цилиндра.

Первое поршневое кольцо для дизельных двигателей коммерческих горных машин, подверженных высоким нагрузкам, обычно имеет форму трапецеидального кольца. Рабочая поверхность может быть бочкообразной и симметричной или асимметричной.

Даже если прямоугольность кольцевой канавки слегка отклоняется, поршневое кольцо остается на своей линии соприкосновения с поверхностью цилиндра. Когда поршневое кольцо меняет направление в конце хода, контакт между рабочей поверхностью поршневого кольца и цилиндром сохраняется.

Многие авторы технической литературы отмечают, что для обеспечения хорошей термостойкости в качестве основного материала этих поршневых колец используются чугун с шаровидным графитом или сталь. Они также имеют специальное покрытие или обработаны специальным образом, чтобы уменьшить трение и износ.

В будущем технологии 3D-печати могут позволить создавать поршневые кольца с высокой точностью и индивидуальной настройкой под особенности конкретного двигателя.

Современные поршневые кольца могут быть спроектированы с целью минимизации утечек масла и газов, что положительно сказывается на выбросах двигателя и общей экологии.

Эти рекомендации являются общими, и для

более точных решений нужно учитывать специфику самого двигателя и условия эксплуатации. Однако они могут служить ориентиром для дальнейших улучшений в конструкции поршневых колец для ДВС горных машин.

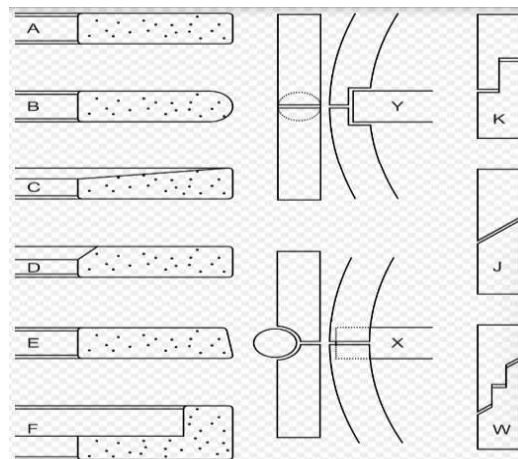


Рис. 9. Типы поршневых колец

Конфигурации поршневых колец: А)

Прямоугольное сечение; В) Бочкообразная поверхность; С) замковый камень; D)

Торсионный скручивающий элемент; E)

Коническая поверхность; F) Бортики. Они также различаются по типу стопорной ленты: Y) За лентой; X) Над лентой или под лентой. Или по типу концов, которые работают без жёстких упоров: K) Ступенька; J) Наклон; W) Наклон со ступенькой.

При рассмотрении мер по оптимизации трибологической системы поршневого кольца и поверхности цилиндра покрытия для поршневых колец играют все более важную роль, поскольку они могут напрямую влиять на характеристики износа и трения и возникающую в результате стойкость к истиранию.

Типичная осевая ширина маслосъемного кольца для дизельных двигателей составляет от 2,0 до 3,5 мм, в зависимости от области применения (легковой автомобиль, коммерческий транспорт). Как и в случае с беспружинными поршневыми кольцами, здесь имеется скошенное кольцо с винтовой пружиной (DSF-кольцо) и маслосъемное кольцо с пружиной с двойным скосом (GSF-кольцо) [4].

Настоящий обзор представляет результаты углубленного патентного анализа по теме компрессионных поршневых колец для ДВС. При анализе не вводилось ограничений по типам двигателей (рассмотрены четырехтактные и двухтактные поршневые двигатели, двигатели с искровым зажиганием и дизели, а также альтернативные конструкции), по странам и регионам (глобальный охват) и по времени (исторически все годы публикации патентов).

Также учитывались патенты независимо от их текущего статуса — действующие, истекшие, аннулированные и пр.

Целью анализа было выявить все значимые запатентованные решения, связанные с конструкцией компрессионных колец, их геометрией, материалами, покрытиями, технологиями производства, а также специальными решениями для нетипичных двигателей.

В ходе работы были использованы разнообразные источники патентной информации:

- глобальные базы данных Espacenet (Европейское патентное ведомство) и WIPO Patentscope,
- национальные патентные базы (USPTO (США), JPO, CNIPA (Китай), Роспатент и др.),
- поисковые системы (Google Patents, freepatent.ru).

По результатам нашего глобального поиска выявлено около 2,5–3 тысяч релевантных патентов и заявок на изобретение по теме компрессионных поршневых колец (в широком смысле — включая решения для верхних уплотнительных колец поршня), из которых 320 отобраны как релевантные, из которых изучено 69 для анализа непосредственно относящихся к компрессионным кольцам ДВС [5].

На диаграмме (рис. 10) представлено ориентировочное распределение патентов по основным странам (по стране основного заявителя):

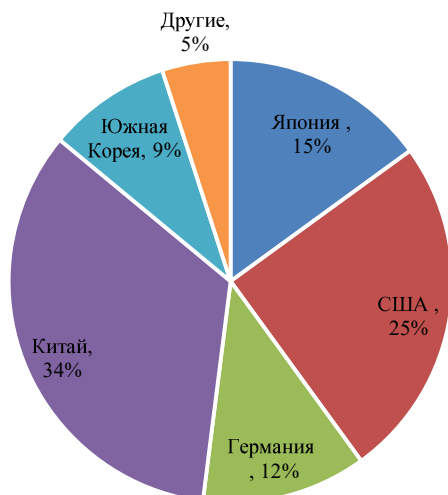


Рис. 10. Распределение патентного массива по странам заявителей

Например, патенты, посвященные улучшению взаимодействия кольца с поршневой канавкой (специальные вставки или упорные элементы в канавке, предотвращающие прорыв газов за кольцом), системы смазки в зоне кольца, комбинированные маслосъемно-компрессионные кольца и т.д.

На диаграмме (рис. 11) приведено условное распределение патентного фонда по основным категориям (замечание: многие патенты относятся сразу к 2–3 категориям, поэтому отнесение сделано по доминирующему признаку):

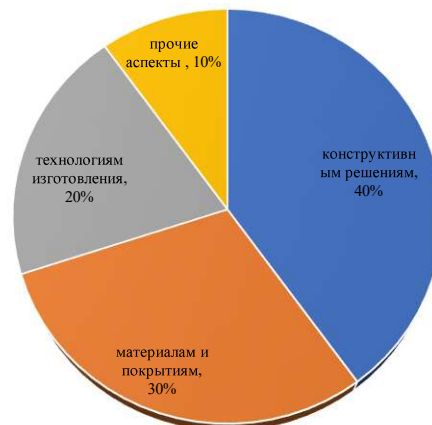


Рис. 11. Структура патентной активности по технологическим направлениям (оценочно, на основе анализа рефератов и классификации)

В следующие рассмотрим несколько наиболее релевантных патентов, представляющих интересные решения по материалам (медные сплавы), использованию графита и конструкциям полуколец.

Название: “Piston compression rings of copper-nickel-tin alloys”. Предложен сплав меди, легированный никелем и оловом, для поршневых колец (европейский патент, приоритет 2017, выдан 2021).

Поршневое компрессионное кольцо по патенту US20180195611A1. (2018) изготавливается из медного сплава на основе Cu-Ni-Si-Cr (5-9% Ni, 1-3% Si, 0,2-2% Cr, остальное — Cu медь), обладающего высокой теплопроводностью (130-200 Вт/(м·К)), износостойкостью и термической стабильностью. Использование современных сплавов с добавлением других элементов может значительно увеличить износостойкость колец. Помимо конструкции самих колец, важно учитывать и систему смазки, чтобы избежать перегрева и износа колец.

Ранее медные сплавы практически не использовались для упругих колец из-за низкой упругости и ползучести при высоких температурах, но современные легирования и термообработка позволяют создать материал, способный работать в поршневом двигателе.

Патентный анализ компрессионных поршневых колец ДВС показывает непрерывное совершенствование этого узла на протяжении десятилетий. Динамика по годам свидетельствует о нарастающем количестве изобретений, особенно в последние 20 лет, что обусловлено ростом требований к эффективности двигателей и появлением новых технологий. География патентов расширяется: от доминирования нескольких индустриальных стран в середине XX

века к глобальной активности сегодня, где заметную долю занимает Азия (Китай, Япония).

ВЫВОДЫ

Цилиндропоршневая группа (ЦПГ) является ключевым компонентом двигателей внутреннего сгорания горных машин, играющим важную роль в преобразовании энергии и обеспечении надежности работы двигателя. Условия эксплуатации этих деталей, включая высокие температуры, динамические нагрузки и трение, приводят к их износу, что негативно сказывается на работе двигателя. Наибольшие потери на трение приходится именно на поршень и поршневые кольца.

Первоначально необходимо отметить важность высокой геометрической точности изготовления поршневых колец и их геометрической формы, которая должна обеспечивать плотное прилегание и минимальные зазоры для предотвращения утечек газов и уменьшения расхода масла. Минимальная толщина колец способствует снижению силы трения, что улучшает общую эффективность работы двигателя и продлевает срок службы деталей.

С точки зрения материала, поршневые кольца должны обладать высокими теплопроводными свойствами для эффективного отвода тепла от поршня и снижения температуры элементов цилиндра-поршневой группы. Для машин,

работающих в условиях повышенной запыленности, важен выбор поршневых колец, которые обладают повышенной устойчивостью к абразивному износу, вызванному пылью и загрязняющими веществами.

Использование многослойных конструкций с различными покрытиями, например, с защитой от коррозии, износа или для улучшения герметичности. Это также поможет улучшить компрессию в цилиндре и снизить утечку газов.

Медно-графитовые сплавы, благодаря своей высокой прочности, термостойкости, износостойкости и самосмазывающим свойствам, являются отличным материалом для применения в компрессионных поршневых кольцах (КПК) и других высоконагруженных компонентах. Они могут эффективно работать в условиях высоких температур (до 350°C) и агрессивных сред, обеспечивая долговечность и надежность в двигателях внутреннего сгорания и других механизмах, где требуется высокая износостойкость и устойчивость к перегреву.

Таким образом, понимание функций и условий работы компрессионных поршневых колец, а также требований к их конструкции и материалам, является необходимым для разработки более надежных и эффективных систем уплотнения и повышения общего ресурса двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов Ю. А., Коган Я. Д. Теория и расчет двигателей внутреннего сгорания. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 520 с.
2. Горные машины. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов, И.А. Конопляник, П.А. Дворник, А.Н. Леончик, В.Д. Михаленя, В.Я. Прушак, В.Я. Щерба. Под ред. В.Я. Прушака – Минск : Тэхналогія, 2010. -175 с.
3. Горные машины для калийных рудников / А.Б. Морев, А.Д. Смычник, Г.В. Казаченко. –Минск: Интегралполиграф, 2009, - 544 с.
4. Скубачевский С. Е. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция, теория, расчет. – Москва: Лань, 2016. – 480 с.
5. Dickinson M. Dynamic Modelling of Compression Ring Conformability in High Performance Engines. – PhD Thesis. – London: Imperial College London, 2014. — 207 p.
6. Hayes R. Modern Piston Design for High-Performance Engines // Mechanical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 7, № 2. – P. 34–42.
7. Fedorov A., Ivanov S. Analysis of Piston Ring Wear in Diesel Engines // Journal of Tribology. – 2021. – Vol. 143, № 3. – P. 1–9.
8. DIN ISO 6621. Piston Rings –Terminology. – Berlin: ISO, 2019. – 55 p.
9. Eureka. Патентная и аналитическая платформа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eureka.patnap.com/application-patents-piston-rings> (дата обращения: 10.10.2025).
10. Патент на изобретение класса МПК F02F 5/00 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipqquery.com> (дата обращения: 24.10.2025).
11. Патент на изобретение класса МПК F16J 9/00 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipqquery.com> (дата обращения: 07.11.2025).
12. Espacenet Patent Database (European Patent Office) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://worldwide.espacenet.com> (дата обращения: 21.11.2025).

Об авторах:

Куанышев Мурат Кулынтаевич – Кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Транспортная техника, организация перевозок и строительства», Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова Актобе, 030030, Республика Казахстан,
e-mail: k-murat-57@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8307-3675>

Каукаров Алтынбек Кубашевич	– PhD, старший преподаватель кафедры «Транспортная техника, организация перевозок и строительства», Актобинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, 030012, Республика Казахстан, e-mail: altynbek-79@mail.ru, ORCID https://orcid.org/0000-0001-5681-5469 .
Жаманбаев Бауржан Уалиханович	– PhD, старший преподаватель кафедры «Транспорт, транспортная техника и технологии», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, 010012, e-mail: zhaman78@mail.ru, ORCID https://orcid.org/0000-0001-9027-9540
Мурзагалиев Ахмет Жакиевич	– кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортная техника, организация перевозок и строительства», Актобинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, 030012, Республика Казахстан, e-mail: akhmet-zhakiyevich@mail.ru, ORCID https://orcid.org/0000-0002-4964-681X .
Утебаев Исатай Сейтович	– кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор кафедры «Транспортная техника, организация перевозок и строительства», Актобинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, 030012, Республика Казахстан, e-mail: utisa@mail.ru, ORCID https://orcid.org/0000-0003-1101-3600

ANGREN KO'MIR KONI MISOLIDA LENTALI KONVEYERLARGA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH VA DIAGNOSTIKA TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH

T.J. Annaqulov, N.R. Ziyadov

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston.

Doi: 10.5281/zenodo.18092603

ANNOTATSIYA

Mazkur maqolada Angren ko'mir konida foydalanilayotgan lentali konveyerlarning texnik xizmat ko'rsatish va diagnostika tizimini takomillashtirish masalalari yoritilgan. Lentali konveyerlarning ishonchiligi va ekspluatatsion samaradorligi ularning texnik xizmat ko'rsatish tizimining mukammalligiga bevosita bog'liq. Ish davomida roliklar, lenta, baraban va tortish mexanizmlarida turli darajadagi eskirish, deformatsiya va nosozliklar yuzaga keladi. Shuning uchun, texnik xizmat ko'rsatish ishlarini rejalashtirishda diagnostika natijalari asosida profilaktik yondashuv qo'llanilishi tavsiya etiladi. Maqolada lentali konveyerlarning texnik holatini baholovchi parametrlar, diagnostika tizimi elementlari hamda ularni Angren ko'mir koniga moslashtirish bo'yicha takliflar berilgan.

KALIT SO'ZLAR

Lentali konveyer, texnik xizmat ko'rsatish, diagnostika, monitoring, ishonchilik, taranglik, rolik yuklamasi, Angren ko'mir koni, SCADA.

KIRISH

Konchilik sanoatida uzluksiz transport vositalari ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi asosiy tizimlardan biri hisoblanadi. Lentali konveyerlar foydali qazilmalarni qazib olish, tashish va yuklash jarayonlarida eng keng tarqalgan mexanik transport vositalaridir. Ularning asosiy afzalliklari — katta hajmdagi materiallarni uzoq masofaga uzluksiz tashish, energiya tejamliligi va xizmat ko'rsatish qulayligidir.

Angren ko'mir koni sharoitida lentali konveyerlar doimiy yuklama ostida, yuqori changlilik va namlikka ega muhitda ishlaydi. Bunday sharoitda konveyer elementlarining mexanik yeyilishi tezlashadi, bu esa ularning ishonchiligidan pasaytiradi.

Shu bois, konveyerlarning texnik xizmat ko'rsatish (TXK) tizimini samarali tashkil etish va diagnostika vositalarini joriy etish zarur. Bu jarayon konveyerning ishlash muddatini uzaytirish, to'xtashlar sonini kamaytirish va energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi. Angren ko'mir konida ko'mir qazib olish va

tashish jarayonida lentali konveyerlar asosiy transport vositasi sifatida qo'llaniladi. Kon texnologik sxemasida jami 18–24 ta konveyer ishlaydi, ularning aksariyati K-1 dan K-20 gacha raqamlar bilan nomlangan. Har bir konveyer ma'lum texnologik uchastkada joylashgan bo'lib, ular o'zaro uzluksiz transport zanjirini hosil qiladi.

Konveyerlarning uzunligi o'rtacha 150 dan 1200 metrgacha, tasmalarining eni esa 800–1200 mm oralig'ida bo'ladi. Uzatish unumdorligi 200 dan 4000 t/soat gacha o'zgaradi. Barcha konveyerlar asosan elektr dvigatellar bilan harakatga keltiriladi.

Ekspluatatsion tahlillar shuni ko'rsatadiki, Angren konida ishlatilayotgan lentali konveyerlarning texnik xizmat ko'rsatish tizimini ilmiy asosda rejalashtirish uchun quyidagi omillarni hisobga olish talab etiladi:[1]

- konveyer lentasiga tushadigan yuklama miqdori;
- roliklar soni va ularning aylanish qarshiligi;
- lenta tarangligi va harakat tezligi;