

Научный обзор
УДК 621.437

Роторно-поршневой двигатель Ванкеля: воспоминание или реальность?

Татьяна Михайловна Ткачева¹, Ярослав Владимирович Юшин²,
Арсений Романович Голубинский³, Даниил Константинович Рожков⁴,
Алексей Сергеевич Рыжов⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹ tatmihtka@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0781-773X>

² yushin04@bk.ru

³ Ago150793@gmail.com

⁴ Foxflot72@gmail.com

⁵ Alex19122007a@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена эволюция роторно-поршневого двигателя (РПД) системы Ванкеля – от первых патентов 1920–1950-х гг. до современного нишевого применения. Охарактеризованы преимущества и недостатки конструкции, включая высокую удельную мощность, малую вибрацию и плавность работы при одновременной низкой топливной экономичности и повышенной токсичности выхлопа. Описаны ключевые этапы внедрения технологии в автомобильной промышленности (NSU, Mazda), а также её роль в автоспорте (победа Mazda 787B в Ле-Мане 1991 года). Показаны новые направления использования РПД в 2026–2030 гг.: гибридные силовые установки (удлинители запаса хода), водородные двигатели, судостроение и беспилотные летательные аппараты. На основе анализа рыночных данных сделан вывод о возрождении интереса к технологии в специализированных сегментах с прогнозируемым среднегодовым темпом роста 6,5% до 2032 года.

Ключевые слова: роторно-поршневой двигатель, двигатель Ванкеля, эпитрохоида, уплотнения ротора (апексы), удельная мощность, гибридная силовая установка, удлинитель запаса хода

Для цитирования: Ткачева Т.М., Юшин Я.В., Голубинский А.Р., Рожков Д.К., Рыжов А.С. Роторно-поршневой двигатель Ванкеля: воспоминание или реальность? // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2026. № 2 (48).

Original article

Wankel Rotary Piston Engine: Memory or Reality?

Tatiana M. Tkacheva¹, Yaroslav V. Yushin², Arseny R. Golubisky³, Daniil K. Rozhkov⁴,
Alexey S. Ryzhov⁵

¹ Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

¹ tatmihtka@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0781-773X>

² yushin04@bk.ru

³ Ago150793@gmail.com

⁴ Foxflot72@gmail.com

⁵ Alex19122007a@gmail.com

© Ткачева Т.М., Юшин Я.В., Голубинский А.Р., Рожков Д.К., Рыжов А.С., 2026

Abstract. The article examines the evolution of the Wankel rotary engine from the first patents of the 1920s–1950s to modern niche applications. The advantages and disadvantages of the design are presented, including high power density, low vibration, and smooth operation, along with poor fuel efficiency and increased exhaust toxicity. Key milestones in the technology's adoption by the automotive industry (NSU, Mazda) and its role in motorsports (Mazda 787B victory at Le Mans in 1991) are described. New applications for rotary engines in 2026-2030 are highlighted: hybrid powertrains (range extenders), hydrogen engines, marine propulsion, and unmanned aerial vehicles. Based on market data analysis, the author concludes that interest in the technology is reviving in specialized segments, with a projected compound annual growth rate of 6.5% until 2032

Keywords: rotary engine, Wankel engine, epitrochoid, rotor seals (apex seals), power density, hybrid powertrain, range extender

For citation: Tkacheva T.M., Yushin Ya.V., Golubisky A.R., Rozhkov D.K., Ryzhov A.S. Wankel Rotary Piston Engine: Memory or Reality. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2026. No. 2 (48).

Введение

Эпоха двигателей внутреннего сгорания как главной части транспортного средства началась еще в XIX в. Конструкции таких двигателей начали свое развитие практически одновременно с паровыми и электрическими двигателями. Громоздкие и тихоходные паровые двигатели и электрические не смогли конкурировать с бензиновыми аналогами. Развитие бензиновых двигателей пошло по пути изменения конструкции. Оказалось, что использование разных продуктов перегонки нефти требует разных вариантов. Так появились поршневые моторы: четыре поршня в четырех цилиндрах (классический цикл Карно – две изотермы и две адиабаты), один поршень в одном цилиндре (разработка Дизеля) и роторный вариант (патент Ванкеля). **Цель** данной работы – описать этапы эволюции роторно-поршневого двигателя (РПД) системы Ванкеля от первых патентов первой половины XX в. до современного нишевого применения.

История создания

Эпитрохоиду для создания двигателей заметили еще в XIX в. Одна из первых публикаций 1870 г., посвященная строению такого парового насоса/двигателя [1] содержит описание и чертежи конструкции Р. Мортон (компания Verhens, Великобритания).

Первоначально Феликс Ванкель исследовал уплотнения прокладок в двигателях, а также возможность создания роторно-поршневого двигателя (патенты 1929 (DRP 507584) и 1957 г. (US 2,880,045)). С 1954 г. Ф. Ванкель работал на заводе NSU (Neckar Sulm Union) Motorenwerke (Германия). В 1961 г. Ф. Ванкель получил патент на роторный двигатель ККМ с неподвижным корпусом и вращающимся ротором (US 2,988,008 (заявка 4.02.1957, выдан 13.06.1961)) [2], именно с этих пор для роторно-поршневого двигателя утвердилось название «двигатель Ванкеля».

Роторно-поршневой двигатель (РПД) по схеме Ф. Ванкеля представляет собой революционную альтернативу классическим поршневым ДВС. Треугольный ротор в эпитрохоиде [3] выполняет три такта рабочего цикла за один оборот эксцентрикового вала, обеспечивая удельную мощность 150–200 л.с./л против 100 л.с./л у поршневых (рисунок 1).

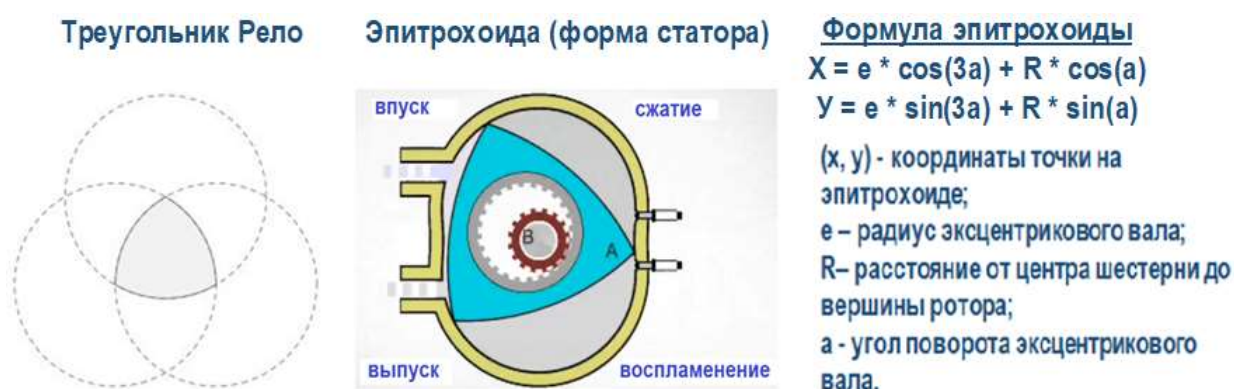


Рис. 1. Принцип построения роторного двигателя Ванкеля

Схема ККМ стала основой дальнейших патентных разработок, экспериментальных установок и последующей адаптации под автомобильные приложения. NSU стало пробовать РПД Ванкеля для легковых автомобилей, и в 1963 году было запущено серийное производство автомобиля NSU Spider с двигателем ККМ-502. Оценочные параметры этого двигателя представлены в таблице 1.

Параметры РПД ККМ 502

Параметр	Значение
Рабочий объем одной камеры	498 см ³
Мощность	50 л.с. при 6000 об/мин
Крутящий момент	7,2 кгм при 2500 об/мин
Расход топлива (оценочный)	8-10 л/100 км
Ресурс уплотнений до замены (оценочный)	100 000 км

К 1965 году лицензии на РПД Ванкеля ККМ приобрели Daimler-Benz, Citroën, Alfa Romeo, Perkins, Rolls-Royce, Mazda и др. Однако к середине 1970-х годов большинство компаний свернули программы, что связано, в основном, с нефтяным кризисом 1973 года. Не сдалась японская компания Mazda, которая еще некоторое время производила и легковой, и спортивный автомобиль этого бренда.

Преимущества РПД [5]

1. У роторных двигателей существенно меньше движущихся частей, чем у поршневых ДВС (соотношение примерно 3/40). РПД – два ротора и один эксцентриковый вал; ДВС – 4 поршня, 4 шатуна, различные клапаны, коромысла и шестерни, распределительный и коленчатый вала и др. Отсюда следует, что изготовление РПД создает меньше возможных ошибок.

2. Отсутствие возвратно-поступательного движения у РПД в отличие от поршневых ДВС приводит к более плавной работе роторного двигателя. Все движение роторов всегда производится в одном направлении.

3. Надежность РПД определяется скоростью вращения роторов. Она составляет 1/3 от скорости эксцентрикового вала. Соответственно, при сравнении с поршневыми ДВС оказывается, что скорость движения поршней и других деталей поршневого ДВС больше скорости движения элементов РПД.

4. Эффективность и плавность РПД достигается за счет разной скорости вращения ротора и эксцентрикового вала. Результатом является продолжительность сгорания топлива: топливо сгорает на протяжении $\frac{3}{4}$ каждого оборота эксцентрикового вала. В поршневом ДВС топливо сгорает за $\frac{1}{4}$ каждого оборота коленчатого вала. Все это подтверждает получение большей мощности на литр топлива, чем у поршневого ДВС. Если сравнить одинаковые РПД и поршневой ДВС, по выходу мощности получается соотношение 1,5-2 в пользу РПД.

5. Одним из важнейших факторов является то, что роторные двигатели Ванкеля, работающие в штатном режиме, практически не подвержены катастрофическим отказам. Роторный двигатель, у которого нарушена компрессия, охлаждение или давление масла, теряет значительную часть мощности, но все равно может вырабатывать энергию и функционировать. Поршневые двигатели при схожих обстоятельствах подвержены заклиниванию или поломке деталей, что приводит к серьезному повреждению внутренних частей двигателя и мгновенной потере мощности и работоспособности.

6. РПД могут работать на максимальной мощности дольше, чем поршневые двигатели.

Недостатки РПД [5]

1. Низкая топливная экономичность. Из-за сложной формы камеры сгорания и особенностей рабочего хода тепловая эффективность ниже, часть смеси догорает в выпуске, что ведёт к повышенному расходу топлива.

2. Повышенная токсичность выхлопа. Неполное сгорание и высокий температурный уровень выхлопных газов приводят к увеличенным выбросам углеводородов по сравнению с классическими поршневыми ДВС.

3. Проблемы ресурса и герметичности. Критичное место – уплотнительные планки (апекс-сели), работающие в сложных условиях. Износ

уплотнений ограничивает ресурс и повышает требования к материалам и качеству изготовления конструкции.

4. Высокая термическая нагрузка. Небольшая длина эффективного рабочего хода и высокая скорость процессов приводят к очень горячему выхлопу и серьезной тепловой нагрузке на детали.

5. Относительно низкий крутящий момент. В реальных приложениях роторные двигатели часто обеспечивают высокую мощность на больших оборотах, но уступают поршневым по тяге на низких и средних оборотах.

Применение в автомобилях

Первым массовым автомобилем с роторным двигателем стал немецкий NSU Spider, выпущенный в 1964 году. Позже появился знаменитый NSU Ro80, получивший престижную награду «Автомобиль года» в Европе.

Однако настоящий расцвет роторной технологии пришелся на продукцию компании Mazda. Японские инженеры смогли преодолеть большинство первоначальных недостатков конструкции и создали целую линейку успешных моделей. К 1970 году общее число автомобилей с роторным двигателем достигло 100 тысяч. К 1975 году было собрано 500 тысяч таких автомобилей. К 1978 году – более миллиона:

– Mazda Cosmo (1967) – первый японский автомобиль с роторным двигателем;

– Mazda RX-7 (1978-2002) – культовая спортивная модель, ставшая символом надежности и производительности роторных двигателей;

– Mazda RX-8 (2003-2012) – последний серийный автомобиль с роторным двигателем, сочетавший комфорт семейного автомобиля с динамическими характеристиками спорткара.

Для высокопроизводительных спортивных автомобилей или гоночных болидов важны простота, малый вес, компактность конструкции, а также высокие обороты и мощность двигателя. Все эти характеристики не зависят от соблюдения норм по выбросам, повышенного расхода топлива и масла,

снижения крутящего момента на низких оборотах и сокращения срока службы двигателя [6]. Вот почему спортивные автомобили с роторно-поршневым двигателем (РПД) оставили заметный след в автоспорте. Mazda 787B с четырехроторным РПД R26B стала сенсацией, выиграв гонку «24 часа Ле-Мана» в 1991 г. – единственная победа роторного мотора в истории этой легендарной гонки. Двигатель мощностью 700 л.с. при 9000 об/мин обошел турбированные прототипы Peugeot и Jaguar благодаря меньшему весу и меньшему расходу топлива. Экипаж во главе с В. Брандле завершил дистанцию со средним временем круга 3:27 [7].

Новые ниши для РПД и перспективы 2026–2030 гг.

– Удлинитель запаса хода (генератор).

В 2020-х годах наблюдается ренессанс в форме Range Extender (удлинитель запаса хода) для электромобилей. Mazda представила концепт MX-30 R-EV, где односекционный РПД работает исключительно как генератор. Это кардинально меняет режим работы двигателя, позволяя ему функционировать в узком диапазоне оборотов с максимальным КПД, нивелируя традиционные недостатки.

– Водород как топливо.

Значительный вклад в расширение рынка вносят технологические достижения в области конструкции двигателей и растущая популярность альтернативных видов топлива, таких как водород. РПД менее склонен к детонации на водороде, чем поршневой, из-за отсутствия горячих точек (выпускных клапанов). Водород сгорает быстро, что хорошо для высокой частоты вращения ротора. Это открывает возможности для использования РПД в качестве экологически чистого генератора энергии.

– Новые материалы для двигателя.

Современные исследования фокусируются на снижении трения и повышении термостойкости. Используются керамические покрытия (карбид хрома, алмазоподобные углеродные пленки DLC). Корпуса изготавливаются

из алюминиевых сплавов с гальваническим покрытием из чугуна (процесс АРМ у Mazda), что обеспечивает необходимую твердость рабочей поверхности.

– Судостроение.

Судоходная отрасль все больше внимания уделяет эффективности и долговечности двигателей, а двигатели Ванкеля известны своей прочной конструкцией и эффективностью работы в условиях соленой воды. Эти двигатели подходят для малых и средних судов, а также для вспомогательных судов, обеспечивая баланс между производительностью и затратами на техническое обслуживание.

– Беспилотные летательные аппараты (БПЛА / UAV).

Для средних и тяжелых БПЛА, требующих длительной автономности (более 10 ч.), электрические батареи слишком тяжелы, а поршневые двигатели имеют высокую вибрацию, что влияет на оптику и сенсоры. РПД идеален благодаря отсутствию вибраций первого и второго порядка. Отсутствие возвратно-поступательных масс делает двигатель «гладким», что критично для стабилизации камер и лидаров.

Заключение

Объем мирового рынка роторно-поршневых двигателей Ванкеля в 2023 году оценивался в 1,8 млрд долларов США, а к 2032 году, по прогнозам, достигнет 3,2 млрд долларов США, что соответствует среднегодовому темпу роста (CAGR) в 6,5% в течение прогнозируемого периода [8]. Такой рост во многом обусловлен растущим спросом на эффективные и компактные двигатели в различных отраслях.

В настоящее время инвестиции в разработку РПД направляют не в сторону возвращения на массовый автомобильный конвейер в чистом виде, а в сторону специализированных гибридных силовых установок, водородных генераторов и авиационных двигателей. Математическое моделирование фокусируется на оптимизации формы камеры сгорания для улучшения смесеобразования.

Список источников

1. Berhens' Pump and Rotary Engine // *Engineering*, 16 Sept., 1870, P. 200. – URL: https://www.modelengineeringwebsite.com/Behrens_rotary_engine_files/BEHREN'S.pdf (дата обращения 18.02.2026).
2. Патент Ванкеля 1961 г. на двигатель ККМ. – URL: <https://patents.google.com/patent/US2988008> (дата обращения 20.04.2026).
3. Вайсенбургер, Д. А. Эпитрохоида роторно-поршневого двигателя: ее свойства и построение / Д. А. Вайсенбургер, В. В. Черноусанов // *Техника и технологии строительства*. – 2017. – № 2(10). – С. 5-11. – EDN YZLRNJ.
4. Роторный двигатель: отличия от поршневого ДВС, принцип работы. – URL: <https://centr-to.ru/blog/avtoservis/rotornyi-dvigatel> (дата обращения 20.02.2026).
5. Hybrid Technologies. Rotor vs Piston. – URL: <https://dragndrift.blogspot.com/p/rotary-vs-piston-engines.html> (дата обращения 20.02.2026).
6. Bob Harper Rotary engined cars: past, present and future (How the Wankel engine works (or doesn't) and some of the cars to have used it to best effect). – 2 May 2020. – URL: <https://www.evo.co.uk/features/16751/rotary-engined-cars-past-present-and-future> (дата обращения 20.02.2026).
7. Триумф ротора – как Mazda добилась своей единственной победы в Ле-Мане). – URL: <https://www.kolesa.ru/article/triumf-rotora-kak-mazda-dobyla-svoju-edinstvennuju-pobedu-v-leman-2015-12-20> (дата обращения 20.02.2026).
8. Перспективы развития рынка роторно-поршневых двигателей Ванкеля. – URL: <https://dataintel.com/report/global-wankel-rotary-engine-market> (дата обращения 20.02.2026).

References

1. Berhens' Pump and Rotary Engine, *Engineering*, 16 Sept., 1870, p. 200, available at: https://www.modelengineeringwebsite.com/Behrens_rotary_engine_files/BEHREN'S.pdf (18.02.2026).
2. Patent Vankelya 1961 g. na dvigatel' KKM, available at: <https://patents.google.com/patent/US2988008> (20.04.2026).
3. Vaysenburger D.A., Chernousanov V.V., *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*, 2017, no. 2(10), pp. 5-11.
4. Rotornyy dvigatel': otlichiya ot porshneвого DVS, printsip raboty, available at: <https://centr-to.ru/blog/avtoservis/rotornyi-dvigatel> (20.02.2026).
5. Hybrid Technologies. Rotor vs Piston, available at: <https://dragndrift.blogspot.com/p/rotary-vs-piston-engines.html> (20.02.2026).
6. Bob Harper Rotary engined cars: past, present and future (How the Wankel engine works (or doesn't) and some of the cars to have used it to best effect), 2 May, 2020, available at: <https://www.evo.co.uk/features/16751/rotary-engined-cars-past-present-and-future> (20.02.2026).

7. Triumph rotora – kak Mazda dobilas' svoeyey yedinstvennoy pobedy v Le- Mane), available at: <https://www.kolesa.ru/article/triumf-rotora-kak-mazda-dobylya-svoju-edinstvennuju-pobedu-v-lemane-2015-12-20> (20.02.2026).
8. Perspektivy razvitiya rynka rotorno-porshnevykh dvigateley Vankelya, available at: <https://dataintelo.com/report/global-wankel-rotary-engine-market> (20.02.2026).

Рецензент: А. Ф. Смык, д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика», МАДИ

Информация об авторах

Ткачева Т. М. – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Физика», МАДИ, Москва;

Юшин Я. В. – студент, МАДИ, Москва;

Голубинский А. Р. – студент, МАДИ, Москва;

Рожков Д. К. – студент, МАДИ, Москва;

Рыжов А. С. – студент, МАДИ, Москва.

Information about the authors

Tkacheva T. M. – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Department of Physics, MADI, Moscow;

Yushin Y. V. – student, MADI, Moscow;

Golubisky A. R. – student, MADI, Moscow;

Rozhkov D. K. – student, MADI, Moscow;

Ryzhov A. S. – student, MADI, Moscow.

Статья поступила в редакцию 31.03.2026; одобрена после рецензирования 20.04.2026; принята к публикации 23.06.2026.

The article was submitted 31.03.2026; approved after reviewing 20.04.2026; accepted for publication 23.06.2026.