

16. Pashkevich, V, M, Matematicheskoe obespechenie geometricheskogo kontrolja slozhnyh periodicheskikh profilej s ispol'zovaniem KIM Dura Max firmy «Karl Cejs» (Carl Zeiss) / V, M, Pashkevich // Vest, Mogilev, Bel, Ros, un-ta, – Mogilev, 2014, – № 4, – S, 42–48, – DOI: 10,53078/20778481\_2014\_4\_42,

17. Kapitonov A, V, Tochnost' i kontrol' malogabaritnyh planetarnyh mehanizmov: monografija / A, V, Kapitonov, – Mogilev: Belorus,-Ros, un-t, 2021, – 160 s,

18. Kapitonov A, V, Razrabotka pokazatelej dlja kontrolja tochnosti izgotovlenija mnogoperiodnyh dorozhek planetarnyh peredach s telami kachenija / A, V, Kapitonov // Aktual'nye voprosy mashinovedenija: sbornik nauchnyh trudov, Vyp, 10 / Ob#edinennyj institut mashinostroenija Nacional'noj akademii nauk Belarusi, – Minsk, 2021, – S, 7–12,

19. Pat, 3258 U Respublika Belarus', MPK B 66B 5/02, Sharikovoe reduktornoe ustrojstvo dlja ruchnogo peremeshhenija kabiny lifta / Rudnik P, M., Tjukov A, V., Balaba-nov I, N., Gribov S, S., Mironov S, V., Pashkevich M, F.,; Pashkevich V, M., Pashkevich A, M.,; zajavitel' Respublikanskoe unitarnoe predpriyatje zavod «Mogilevliftmash», – № u 20060362; zajavl, 2006,06,05; opubl, 2006,12,30,

20. Ignatishhev, R, M, Sinusosharikovye reduktory / R, M, Ignatishhev, – Minsk: Vysh, shkola, 1983, – 107 s,

УДК 621.436.068.4

## ПОЯВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАЗАМИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

*А. М. Левданский, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: amlaudanski@mail.ru*

*Я. В. Кудрицкий, старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: yaroslav,kudriczkij@mail.ru*

*Н. С. Ялковский, старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей, Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: ira\_yalk@mail.ru*

### Реферат

Изменение длины фаз впуска и выпуска позволяет менять характеристики двигателя, что широко применяется в автоспорте. Крупный японский автопроизводитель фирмы Honda для достижения наилучших характеристик двигателя в любых условиях работы, разработал и использует систему VTEC, автоматически изменяющую фазы газораспределения.

В данной статье рассмотрены основные варианты системы VTEC.

**Ключевые слова:** изменение фаз газораспределения, электронная система управления, двигатели внутреннего сгорания фирмы Honda.

## APPEARANCE AND DEVELOPMENT OF THE ELECTRONIC SYSTEM VALVE PHASE CONTROL

**A. M. Levdansky, Y. V. Kudritsky, N. S. Yalkovsky**

### Abstract

Changing the length of the intake and exhaust phases allows you to change the characteristics of the engine, which is widely used in motorsport. The large Japanese

automaker Honda has developed and uses the VTEC system which automatically changes the timing phases, to achieve the best performance in all engine operating conditions.

This article discusses the main options for the VTEC system.

**Keywords:** valve timing change, electronic control system, Honda internal combustion engines.

## **Введение**

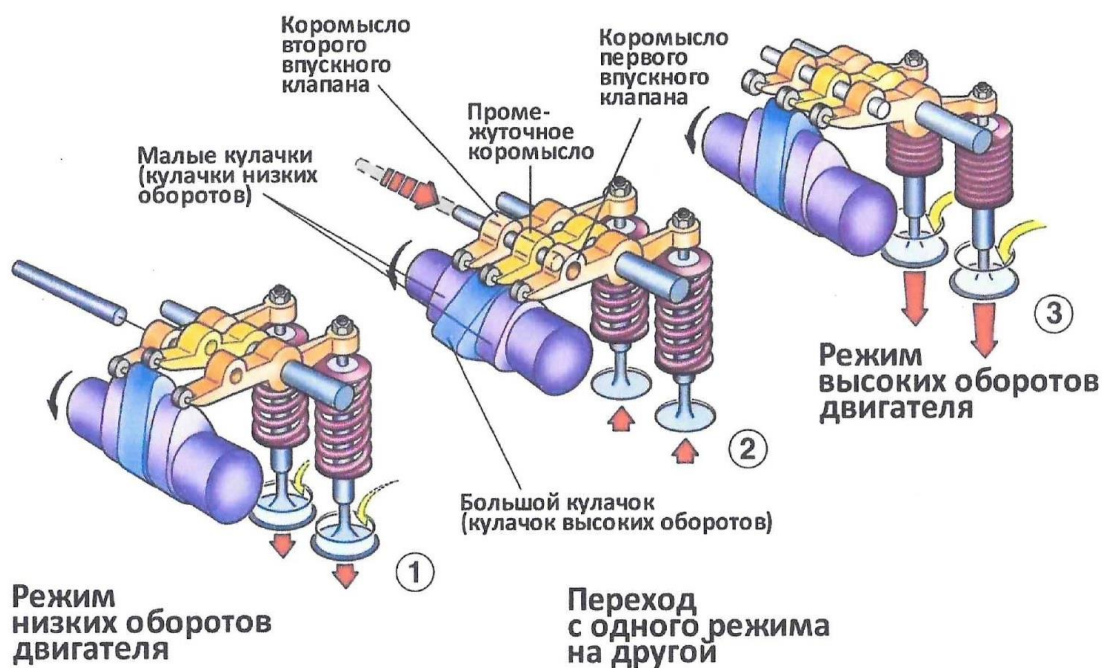
В обычном четырехтактном двигателе внутреннего сгорания впускные и выпускные клапаны управляются кулачками распредвала. Форма этих кулачков определяет момент начала открытия, ход и конец открытия клапана относительно процесса работы двигателя. Из-за различного поведения топливовоздушной смеси и отработанных газов в цилиндре до и после зажигания на разных оборотах двигателя требуются различные настройки работы клапанов. Так, оптимальное соотношение момента, хода и продолжительности открытия клапана на низких оборотах, выльется в недостаточное наполнение цилиндров на высоких оборотах, что сильно уменьшит выходную мощность. И наоборот, оптимальные настройки для высоких оборотов приведут к неустойчивой работе на холостом ходу. В идеале двигатель должен уметь изменять эти установки в широких пределах, подстраиваясь под ситуацию.

Первые известные попытки изменения фаз газораспределения были предприняты в 1903 г., когда Алонсон П. Браш из Детройта патентом США № 767,794 предложил изменять привод впускных клапанов в ручном режиме, что не прижилось из-за громоздкости конструкции. В 1989 г. на японском автомобильном рынке, а в 1991 г. – на рынке США появились первые автомобили, оснащенные системами VTEC. Это были бензиновые двигатели внутреннего сгорания фирмы Honda.

## **VTEC**

Аббревиатура VTEC полностью расшифровывается как Variable Valve Timing and Lift Electronic Control, что в переводе на русский язык означает: электронная система управления временем открытия и высотой подъема клапанов. Или проще: электронная система регулировки фаз газораспределения. Система позволяет эффективно управлять наполнением топливно-воздушной смеси камер сгорания. Изначально создавалась для условий атмосферного давления, но позже стала применяться и в двигателях с наддувом. На низких оборотах двигателя система обеспечивает экономичный режим работы, на средних – максимальный крутящий момент, на максимальных оборотах – максимальную мощность.

Общий принцип у всех VTEC одинаковый: использование для конкретного клапана различных по профилю кулачков для разных режимов работы, путем замыкания рокеров или коромысел небольшим стержнем, сдвигаемым давлением масла. Система очень проста и надежна (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Принцип работы**

За годы эксплуатации были реализованы различные конструкции VTEC [1, 2]. Основные из них рассмотрим ниже.

1. SOHC VTEC. Система используется на двигателях с одним верхним распредвалом (SOHC). В основном применяется для оптимизации работы впускных клапанов, Эффективность работы несколько ниже, чем у DOHC VTEC, однако она конструктивно проще и обеспечивает двигателю меньшие габариты и массу. Так, основная задача SOHC VTEC-E – максимально снизить расход топлива и улучшить экологические показатели. На малых оборотах двигатель работает на обедненной топливовоздушной смеси, которая поступает в его цилиндры только через один впускной клапан. Попав туда, рабочая смесь начинает интенсивно завихряться, благодаря чему обеспечивается ее устойчивое сгорание. При увеличении оборотов срабатывает система VTEC, и тогда оба клапана начинают совместную работу.

SOHC VTEC имеет ряд преимуществ по сравнению с системами с двумя верхними распредвалами (DOHC), среди которых простота конструкции, компактность двигателя за счет его незначительной ширины, меньший вес. Кроме того, SOHC VTEC возможно вполне легко использовать на двигателях предыдущего поколения, тем самым модернизируя их. В итоге силовые агрегаты с SOHC VTEC достигают тех же результатов, что и более дорогие системы.

2. Газораспределительный механизм 3-stage SOHC VTEC. Этот механизм представляет собой объединение системы SOHC VTEC и SOHC VTEC-E. Эта система имеет не два режима работы, а три. В зоне низких оборотов система обеспечивает экономичный режим работы двигателя на обедненной топливовоздушной смеси (как VTEC-E). В этом случае используется только один из впускных клапанов. На средних оборотах в работу включается второй клапан, но фазы газораспределения и высота подъема клапанов не изменяются. Двигатель в этом случае реализует высокий крутящий момент. На режиме высоких оборотов оба клапана управляются одним центральным кулачком, отвечающим за снятие с двигателя максимальной мощности. Эта система достаточно

универсальна. Так, например, двигатель объемом 1,5 литра с таким газораспределительным механизмом проявляет неплохую удельную мощность: 86 л. с. на 1 л рабочего объема. Одновременно с этим, если двигатель работает в первом, экономичном 12-клапанном режиме, расход при движении с постоянной скоростью 60 км/ч на автомобиле Honda Civic составляет около 3,5 л на 100 км.

3. DOHC VTEC. Система применяется на двигателях с двумя верхними распредвалами (DOHC). Позволяет управлять как впускными, так и выпускными клапанами, обеспечивая более высокую производительность. Основой для конструирования DOHC VTEC стал широко применяемый 4-клапанный газораспределительный механизм. В системе DOHC VTEC для каждого ряда клапанов (впускных и выпускных) предусмотрено устройство отдельного распредвала.

На каждые два клапана приходится три кулачка на распределительном валу. Боковые два предназначены для работы двигателя на низких и средних оборотах, центральный – на высоких. Кулачки воздействуют на клапана через рокеры, которых тоже три на два клапана. Все три рокера оборудованы гидравлически управляемыми поршеньками, которые при наличии управляющего воздействия сдвигаются и соединяют их в единое целое. Средний рокер оборудован специальной пружиной, которая обеспечивает постоянный контакт кулачка с рокером на низких и средних оборотах.

При работе двигателя на малых оборотах рокеры не заблокированы, и каждый из них совершает независимое движение по закону, описываемому соответствующим кулачком. При этом средний кулачок хотя и вращается вместе с остальными, но в работе газораспределительного механизма участия не принимает.

Как только двигатель перейдет на режим высоких оборотов, электронный “мозг” отдаст команду на исполняющее устройство, в результате давление масла заставит поршеньки в рокерах начать перемещаться, что приведет к блокировке последних. Таким образом, все элементы этой группы станут подконтрольными одному центральному кулачку, который теперь самостоятельно станет управлять работой обоих клапанов.

4, Система i-VTEC (“i” означает интеллектуальный (intelligent)) является наиболее прогрессивной версией VTEC, которая сочетает в себе технологии VTEC и VTC (Variable Timing Control), что позволяет непрерывно изменять фазы газораспределения плавно и динамически на распредвале впускных клапанов в системе DOHC VTEC.

В зоне низких оборотов VTEC обеспечивает экономичный режим работы двигателя на обедненной топливовоздушной смеси. На средних оборотах фазы газораспределения изменяются так, чтобы получить максимальный крутящий момент. Ну, а когда обороты двигателя высокие, система работает не на экономию, а на достижение максимальной мощности.

Конструкция i-VTEC предполагает использование дополнительной системы VTC, непрерывно регулирующую момент начала открытия впускных клапанов. Фазы открытия впускных клапанов задаются в зависимости от нагрузки двигателя и регулируются посредством изменения угла установки впускного распределительного вала относительно выпускного.

Применение системы VTC позволяет эффективнее наполнять цилиндры двигателя топливовоздушной смесью, что выражается в увеличении мощности двигателя на 20 %, крутящего момента на 10 %, снижении расхода топлива и уменьшении вредных выбросов на 10–20 %.

При высоких оборотах времени на открытие-закрытие клапанов значительно меньше, хотя топливовоздушной смеси нужно подавать больше. Следовательно, необходимо увеличить фазу открытия и высоту подъема клапана, чем и занимается VTEC, а система VTC “создает благоприятные условия” для ее эффективной работы.

Если система VTEC с помощью дополнительного кулачка позволяет вогнать клапаны глубже и незначительно увеличивает время открытого состояния, то VTC дает возможность довернуть распредвал таким образом, что клапаны откроются раньше, что способствует более эффективному продуванию цилиндров. В отличие от основной системы VTEC, которая включается в определенном диапазоне оборотов, дополнительная система VTC работает постоянно и непрерывно, регулируя момент открытия впускных клапанов в зависимости от нагрузки на двигатель.

### **Заключение**

Семейство газораспределительных механизмов VTEC дает просто поразительный эффект: их моторы умеют подстраиваться под нагрузку, предоставляя огромную мощность при скромном рабочем объеме. И в то же время на холостом и малом ходах японские моторы поражают выдающейся экономичностью. Вполне возможно, что следующим этапом в развитии систем VTEC станет механизм с отдельными соленоидами (от которых пока отказались из-за высокой стоимости) на каждый клапан, что позволит с хирургической точностью регулировать открытие клапанов. Атмосферные двигатели фирмы Honda имеют преимущества перед турбированными двигателями других производителей в том, что турбина сокращает ресурс мотора. Таким образом, система VTEC является еще одним инновационным подходом в создании мощного малообъемного двигателя, позволяющего с каждого литра мотора снимать до 120 л. с.

### **Список цитированных источников**

1. Система drive2.ru [сайт]. – URL: <https://drive2.ru> (дата обращения: 29.09.2024).
2. Информация об устройстве, поколениях системы V-tec // Wikipedia. – URL: <https://wikipedia.com> (дата обращения: 29.09.2024).

УДК 621.762

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТМО МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ХРОМОВЫХ БРОНЗ**

*И. А. Лозиков, к. т. н., доцент, доцент кафедры технологии металлов, Белорусско-Российский университет, Могилев, Беларусь, e-mail: Lozikoff@yandex.by*

### **Реферат**

В работе приведены результаты исследований влияния технологических факторов на структуру и свойства модифицированных жаропрочных хромовых бронз, полученных с применением механически сплавленных субмикроструктурные лигатуры с большим содержанием основного легирующего компонента при термической и термомеханической обработке. Изучена роль