

DOI 10.54596/2958-0048-2024-4-168-175

УДК 631.3.02

МРНТИ 68.01.93

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ «КЛАПАН-ГНЕЗДО КЛАПАНА» НА ПРИМЕРЕ ДВИГАТЕЛЯ HONDA K20A

Казиякбаров А.М.¹, Баширов А.А.¹, Дерман А.Л.^{1*}

¹ *НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»*

Петропавловск, Казахстан

**Автор для корреспонденции: derman68@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются методы восстановления седел клапанов, для соединения «клапан-гнездо клапана» на примере двигателя Honda K20A. Представлены характеристики вышеуказанного соединения, причины его износа и основные признаки износа.

Приведены конкретные параметры и показатели восстановления, такие как углы шлифовки, ширина контактной зоны, допустимые отклонения соосности, а также методы контроля качества.

В заключении представлены рекомендации по выбору наиболее рационального метода восстановления в зависимости от степени износа.

Статья носит обзорный характер, как результат исследований, проводившихся при выполнении магистерской диссертации.

Ключевые слова: метод восстановления, соединение «клапан-гнездо клапана», трёхугольная шлифовка, интерференционный угол, фреза, специальные покрытия, контроль качества.

HONDA K20A ҚОЗҒАЛТҚЫШЫНЫҢ МЫСАЛЫ АРҚЫЛЫ «КЛАПАНДАЛЫҚ РОССЕКЕТ» ҚОСЫЛЫСЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ РАЦИОНАЛДЫ ӘДІСІН ТАҢДАУ

Казиякбаров А.М.¹, Баширов А.А.¹, Дерман А.Л.^{1*}

¹ *«Манаш Козыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ*

Петропавл, Қазақстан

**Хат-хабар үшін автор: derman68@mail.ru*

Аңдатпа

Мақалада Honda K20A қозғалтқышының мысалын қолдана отырып, «клапан-клапан орыны» қосылымы үшін клапан орындықтарын қалпына келтіру әдістері талқыланады. Жоғарыда аталған қосылыстардың сипаттамалары, оның тозу себептері және тозуының негізгі белгілері көрсетілген.

Тегістеу бұрыштары, жанасу аймағының ені, теңестірудің рұқсат етілген ауытқулары, сондай-ақ сапаны бақылау әдістері сияқты нақты параметрлер мен қалпына келтіру көрсеткіштері қарастырылған.

Қорытындылай келе, тозу дәрежесіне байланысты қалпына келтірудің ең ұтымды әдісін таңдау бойынша ұсыныстар берілген.

Мақала магистрлік диссертация барысында жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде шолу сипатында.

Кілт сөздер: қалпына келтіру әдісі, клапан-клапанның отырғышын қосу, үшбұрышты тегістеу, кедергі бұрышы, кескіш, арнайы жабындар, сапаны бақылау.

SELECTION OF A RATIONAL METHOD FOR RESTORING
THE “VALVE-VALVE SOCKET” CONNECTION USING THE EXAMPLE
OF A HONDA K20A ENGINE

Kaziyakbarov A.M.¹, Bashirov A.A.¹, Derman A.L.^{1*}

^{1*}Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan

*Corresponding author: derman68@mail.ru

Abstract

The article discusses methods for restoring valve seats for the “valve-valve seat” connection using the example of the Honda K20A engine. The characteristics of the above connection, the reasons for its wear and the main signs of wear are presented.

Specific parameters and recovery indicators are provided, such as grinding angles, width of the contact zone, permissible alignment deviations, as well as quality control methods.

In conclusion, recommendations are presented for choosing the most rational restoration method depending on the degree of wear.

The article is of a review nature, as a result of research conducted during the master's thesis.

Keywords: restoration method, valve-valve seat connection, triangular grinding, interference angle, cutter, special coatings, quality control.

Введение

Одним из ключевых элементов надежной работы двигателя является исправное состояние соединения «клапан – гнездо клапана». Для высокопроизводительных двигателей, таких как Honda K20A, это особенно важно, так как эти двигатели работают на высоких оборотах и при значительных тепловых и механических нагрузках. Со временем седла клапанов изнашиваются, что ухудшает работу двигателя и требует восстановления. В данной статье рассмотрим методы восстановления седел клапанов на примере двигателя Honda K20A с приведением конкретных цифр, значений и показателей.

Характеристики соединения «клапан-гнездо» в двигателе Honda K20A

Двигатель Honda K20A характеризуется высокой степенью сжатия (11:1), что способствует значительным термическим нагрузкам на клапанный механизм. Впускные клапаны работают с меньшими температурами по сравнению с выпускными, однако они более подвержены накоплению нагара. Угол рабочей фаски клапанов напрямую влияет на качество уплотнения и на пропускную способность седла.

Впускные клапаны: угол рабочей фаски – 30°. Это позволяет увеличить приток воздушно-топливной смеси, улучшая наполнение цилиндра.

Выпускные клапаны: угол рабочей фаски – 45°. Выпускные клапаны работают при температуре до 800°C, что требует высокой точности и качества прилегания для отвода тепла, и предотвращения прогорания [8].

Причины износа седел клапанов и необходимость восстановления

Седла клапанов подвержены износу по ряду причин:

- Температурные колебания: рабочие температуры седел могут достигать 600–800°C, что приводит к термическому расширению и износу.
- Отложения нагара: образование углеродистых отложений приводит к нарушению герметичности прилегания клапана к седлу.
- Механический износ: частое открытие и закрытие клапана, особенно на высоких оборотах (до 8000 об/мин у Honda K20A), приводит к постепенному износу контактных поверхностей.

Восстановление седел клапанов становится необходимым при появлении таких проблем, как утечка газов, неравномерное сгорание смеси и падение компрессии [5].

Основные признаки износа узла

К типичным симптомам, свидетельствующим о необходимости восстановления узла клапан-седло, можно отнести:

- Потеря мощности двигателя на 10–30%;
- Снижение компрессии в цилиндрах до 8–10 кг/см² вместо номинальных 12–13 кг/см²;
- Повышенный расход масла (более 1 литра на 1000 км);
- Посторонние шумы в районе клапанного механизма;
- Ухудшение разгонной динамики [2].

Методы восстановления седел клапанов

Рассмотрим наиболее распространенные методы восстановления седел клапанов с указанием конкретных параметров и значений [1], [10].

1. Трех-угольная шлифовка седел клапанов

Трех-угольная обработка седел клапанов считается одним из наиболее эффективных способов восстановления. Она включает последовательную шлифовку под углами 30°, 45° и 60°. Каждый угол выполняет свою функцию [6]:

- 30° — верхний угол, увеличивающий пропускную способность седла.
- 45° — основной угол, обеспечивающий плотное прилегание клапана к седлу.
- 60° — нижний угол, оптимизирующий поток газа и расширяющий канал.

Эта методика позволяет создать оптимальную зону контакта клапана с седлом, уменьшая износ и обеспечивая стабильную работу двигателя. Ширина контактной зоны между клапаном и седлом при восстановлении должна составлять:

- Для впускных клапанов — 1,6 мм.
- Для выпускных клапанов — 2,4 мм.

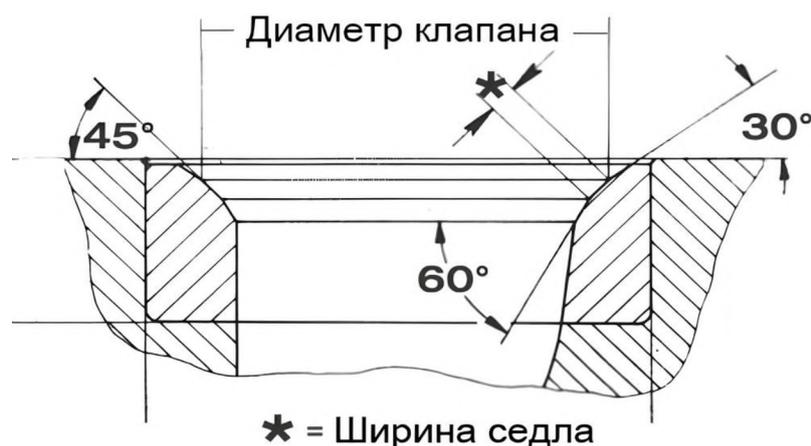


Рисунок 1. Углы шлифовки при использовании метода «трех углов»

2. Шлифовка с использованием интерференционного угла

Для компенсации температурных расширений клапанов применяется шлифовка с интерференционным углом [6]. Рабочую фаску клапана шлифуют под углом на 1° меньшим, чем угол шлифовки седла клапана, что обеспечивает герметичное прилегание клапана при тепловом расширении. Например, при угле седла 45° рабочая фаска клапана

шлифуется под углом 44° . Это позволяет клапану «набить» свое место в седле после нескольких тысяч километров пробега, обеспечивая идеальное уплотнение [7].

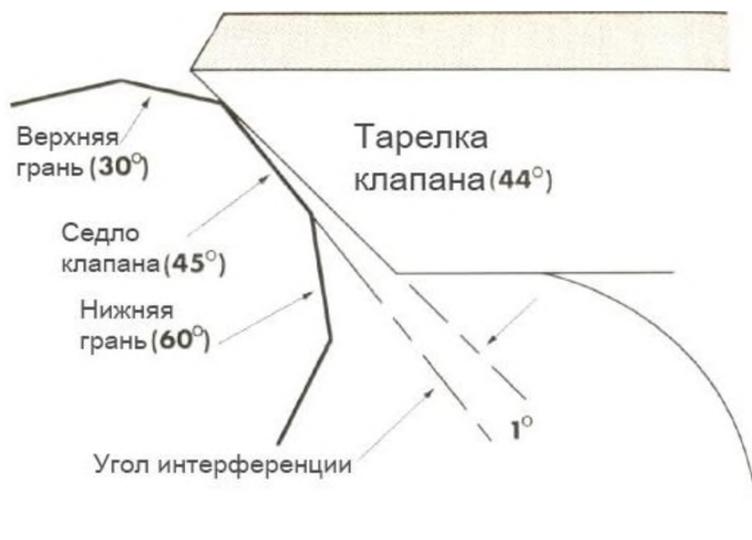


Рисунок 2. Демонстрация угла интерференции

3. Использование фрез для восстановления седел клапанов

Фрезы используются для механической обработки седел клапанов, обеспечивая высокую точность и скорость работы. Основные преимущества фрез по сравнению с шлифовальными камнями:

- Точность обработки достигается за счет использования многозубой фрезы, которая может восстанавливать угол с точностью до $\pm 0,05$ мм.
- Не требуется частая правка инструмента, как при использовании шлифовальных камней.

Таблица 1. Характеристики многозубовых фрез, применяемых для восстановления седел клапанов

Вид фрезы	Материал	Диаметр (мм)	Коо-во зубьев	Точность обработки (мм)	Угол фаски ($^\circ$)	Угол заточки зубьев ($^\circ$)	Жесткость материала (HRC)	Особенности применения
Многозубая фреза для впускных клапанов	Инструментальная сталь (марка: Р6М5) с твердым покрытием	36–38	8–12	$\pm 0,05$	30°	10–15	58–62	Используется для обработки седел впускных клапанов. Увеличивает поток смеси.
Многозубая фреза для выпускных клапанов	Карбид вольфрама (марка: ВК8)	40–42	10–16	$\pm 0,05$	45°	8–12	85–90	Оптимальна для высокотемпературной эксплуатации, предотвращает прогорание.
Универсальная фреза	Инструментальная сталь (марка: Х12МФ) с керамическим покрытием	38–40	12–14	$\pm 0,05$	45° (регулируемый)	10–12	60–65	Подходит как для впускных, так и выпускных клапанов. Регулируемый угол.

- Обработка седел фрезами сокращает время восстановления, так как фрезы быстрее удаляют поврежденный материал.

Диаметр фрезы подбирается в зависимости от диаметра клапана. Например, для впускного клапана диаметром 35 мм используется фреза диаметром 36–38 мм, чтобы не повредить стенки камеры сгорания.

Таблица 1. Характеристики многозубых фрез, применяемых для восстановления седел клапанов

Обоснование выбора материала фрез:

Р6М5: Высококачественная быстрорежущая сталь с хорошей износостойкостью и устойчивостью к перегреву, подходит для точной обработки седел впускных клапанов.

ВК8: Карбид вольфрама высокой прочности и износостойкости, идеально подходит для обработки седел выпускных клапанов, работающих при высоких температурах.

Х12МФ: Легированная инструментальная сталь, известная своей прочностью и устойчивостью к нагрузкам, используется для универсальных задач. Покрытие из керамики улучшает износостойкость.



Рисунок 3. Фрезеровка седла клапана: 1 – головка блока; 2 – седло клапана; 3 – фреза многозубая

4. Нанесение покрытий на седла клапанов

Современным методом восстановления является нанесение защитных покрытий на седла клапанов. Специальные покрытия на основе керамики или молибдена способны существенно увеличить износостойкость узла и снизить трение. Данное покрытие наносится с помощью плазменного напыления.

Параметры метода:

- Толщина покрытия: от 10 до 50 микрон.
- Продолжительность работы: процесс нанесения покрытия может занять до 4-6 часов.

Преимущества:

- Снижение износа клапана и седла на 20–30%;
- Увеличение ресурса узла на 50000–80000 км.

Недостатки:

- Высокая стоимость (10000–20000 тенге за покрытие одного седла);

- Требуется специализированного оборудования и квалифицированных специалистов.

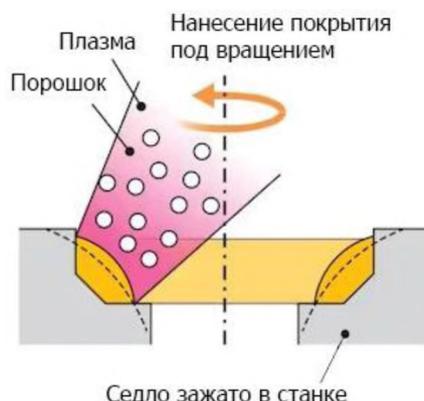


Рисунок 4. Плазменное напыление покрытия на рабочую поверхность седла клапана

Контроль качества после восстановления

После восстановления седел клапанов необходимо провести тщательный контроль качества. Для этого применяются следующие методы [3], [4]:

1. Проверка соосности седла клапана и направляющей втулки: Допустимое отклонение по соосности составляет 0,05 мм. Несоосность может привести к неравномерному прилеганию клапана и утечке газов.

2. Вакуумная проверка: После восстановления герметичность соединения «клапан-седло» проверяется созданием разрежения в канале. Хороший контакт клапана с седлом обеспечивает разрежение до 670 мм рт. ст., при этом допускается минимальная утечка воздуха.

3. Испытание жидкостью: Заполнение камеры сгорания или канала головки цилиндров жидкостью, такой как уайт-спирит, позволяет выявить утечки. Жидкость должна оставаться в камере не менее 45 секунд без появления утечек.

Таблица 2. Сравнительная таблица методов восстановления

Метод восстановления	Стоимость (тг.)	Время работы	Эффективность восстановления (%)	Ресурс после восстановления (км)
Шлифовка седел с применением трех углов	5000–7000 за седло	30–90 минут	85–90%	50000–80000
Шлифовка с использованием интерференционного угла	2000–4000 за клапан	1–2 часа	90–95%	50000–70000
Использование фрез для восстановления седел клапанов	70000–90000 за все	5–10 часов	100%	100000
Нанесение покрытий	10000–20000 за единицу	4–6 часов	95%	80000–100000

Заключение

Выбор метода восстановления седел клапанов на двигателе Honda K20A зависит от степени износа и требований к точности работы, однако каждый из методов требует значительного количества времени:

1. При небольшом износе седел и клапанов шлифовка седел с применением трёх углов может быть достаточно эффективной и экономичной.

2. Шлифовка с использованием интерференционного угла позволит сократить время проведения операции, но требует четких условий эксплуатации двигателя, так как при их несоблюдении присутствует риск преждевременного выхода из строя клапана.

3. При восстановлении с использованием фрез достигается наибольшая точность обработки и также сокращается время, требуемое для проведения операции.

4. Восстановление нанесением защитного покрытия позволяет восстановить полную работоспособность седла клапана, повысить износостойкость данного узла и так же снизить трение.

Таким образом, для продления срока службы газораспределительного механизма, а именно седел клапанов, следует не забывать про своевременное техническое обслуживание, а также при выходе из строя узла, обеспечить выбор правильного метода восстановления в зависимости от степени износа [6]. И при проведении операции восстановления обеспечить впоследствии эффективную работу на длительный период, при соблюдении технологических норм. Так же необходимо проводить контрольные испытания для выявления дефектов и проверки качества работы механизма, тем самым обеспечивая продление срока службы двигателя и повышение его надежности.

Литература:

1. Балашов Д.Н., Пономарев А.И. Анализ способов восстановления клапанных гнезд // Сельское и лесное хозяйство: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 110-летию со дня рождения Ивана Сергеевича Кауричева. (Калуга, 14 дек. 2023 г.). - Калуга, 2024. - С. 19-22.
2. Веремей Г.А. Задача оптимизации в процессах дефектации и восстановления седел клапанов газораспределительных механизмов // Автомобиле- и тракторостроение: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / Минск (24-27 мая 2019 г.). - Минск: БНТУ, 2019. - Т. 2. - С. 112-117.
3. Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. - Чернигов, ЧНТУ, 2015. - 183 л.
4. Веремей Г.О. Анализ эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве // Технические науки и технологии. – 2016. - №1(3). – С. 44-49
5. Иванова Н.В., Белов А.Б. Функциональное диагностирование клапанной группы газораспределительного механизма двигателя // Научные труды Дальврыбтгуза. – 2011. – Т. 23. – С. 113-117.
6. Кальченко В.И., Кальченко В.В., Веремей Г.А. Технологические методы достижения точности сопряжения «клапан-седло» в двигателе внутреннего сгорания // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы XIV междунар. науч.-техн. конф. / Севастополь (12-17 сент. 2011 г.). - 2011. - № 121. - С. 18-21.
7. Лысенко Е.А., Нестеренко Г.А., Холодков В.С., Буграков В.С. Метод защиты клапанной группы от износа // Colloquium-journal – 2019. - №2-1(26). – С. 11-12
8. Фёдоров В. Ремонт двигателя K20A от автомобиля Honda Stepwgn (Грубые ошибки) <https://www.drive2.ru/b/504369349356683369/2018/06/12>
9. Смирнов А.В., Кузнецов Д.И. Ремонт газораспределительного механизма // Материалы Международной конференции по инновационным технологиям ремонта автомобилей: Санкт-Петербург (5-7 июня 2021 г.). – Санкт-Петербург: Издательство «Техносфера», 2021. – С. 125-130.
10. Яковлев Р.А., Швелев А.И. Восстановление деталей газораспределительного механизма автомобилей в машиностроении / Р.А. Яковлев, А.И. Швелев // Materials Science Forum. – 2023. – Т. 1084. – С. 73-78. – DOI: 10.4028/p-zh85sb.

References:

1. Balashov D.N., Ponomarev A.I. Analysis of methods for restoring valve seats // Agriculture and forestry: Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international

- participation, dedicated to the 110th anniversary of the birth of Ivan Sergeevich Kaurichev. (Kaluga, December 14, 2023). - Kaluga, 2024. - pp. 19-22.
2. Veremey G.A. Optimization problem in the processes of defect detection and restoration of valve seats of gas distribution mechanisms // Automobile and tractor engineering: collection. materials international scientific-practical conf. / Minsk (May 24-27, 2019). - Minsk: BNTU, 2019. - Т. 2. - P. 112-117.
 3. Veremey G.A. Increasing the efficiency of the process of restoring valve seats in the auto repair industry: dis. ...cand. tech. Sci. – Chernigov: ChNTU, 2015. - 183 l.
 4. Veremey G.O. Analysis of the effectiveness of the process of restoring valve seats in auto repair production // Technical Sciences and Technologies - 2016. - No. 1(3). – pp. 44-49
 5. Ivanova N.V., Belov A.B. Functional diagnostics of the valve group of the engine gas distribution mechanism // Scientific works of Dalvrybtuz. – 2011. – Т. 23. – P. 113-117.
 6. Kalchenko V.I., Kalchenko V.V., Veremey G.A. Technological methods for achieving precision of valve-seat interface in an internal combustion engine // Automotive transport: problems and prospects: materials of the XIV International. scientific-technical conf. / Sevastopol (September 12-17, 2011). - 2011. - No. 121. - P. 18-21.
 7. Lysenko E.A., Nesterenko G.A., Kholodkov V.S., Bugrakov V.S. Method for protecting the valve group from wear // Colloquium-journal – 2019. - No. 2-1(26). – С. 11-12
 8. Fedorov V. Repair of the K20A engine from a Honda Stepwgn car (Gross errors) <https://www.drive2.ru/b/504369349356683369/2018/06/12>
 9. Smirnov A.V., Kuznetsov D.I. Repair of the gas distribution mechanism // Proceedings of the International Conference on Innovative Car Repair Technologies: St. Petersburg (June 5-7, 2021). - St. Petersburg: Technosfera Publishing House, 2021. - P.125-130
 10. Yakovlev R.A., Shvelev A.I. Restoration of parts of the gas distribution mechanism of cars in mechanical engineering / R.A. Yakovlev, A.I. Shvelev // Materials Science Forum. - 2023. - Vol. 1084. - P. 73-78. - DOI: 10.4028/p-zh85sb.

Information about the authors:

Kaziyakbarov A.M. – master's student, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: aydar.kaziyakbarov@mail.ru;

Bashirov A.A. – master's student, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: bashirov.16.03@mail.ru;

Derman A.L. – corresponding author, senior lecturer, «Transport and mechanical engineering» chair, master, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: derman68@mail.ru.