

Машиностроение

УДК 629.113

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА СУХАРЕЙ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В МАГНИТОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА РАССУХАРИВАТЕЛЯ

Д.А. Горбунков¹, А.Г. Ковшов², Н.В. Носов²

¹ ООО «Научно-производственная фирма «МЕТА»
443350, г. Жигулевск, Самарская обл., ул. Марквашинская, 55а

² Самарский государственный технический университет
443110, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Предложен эффективный способ монтажа и демонтажа сухарей клапанов двигателя внутреннего сгорания и устройство для его реализации, основанные на принципе улавливания и ориентирования расклиненных сухарей магнитным полем упорного кольца рассухаривателя и транспортировки их вместе с кольцом в клапанных каналах головки цилиндров. Обоснованы параметры рабочего органа рассухаривателя. Исследована трудоемкость монтажа и демонтажа сухарей клапанов предложенным способом.

Ключевые слова: *способ, устройство, монтаж, демонтаж, клапан, сухари, двигатель, головка цилиндров, рассухариватель, упорное кольцо, магнитостатическое поле.*

Значительная доля трудоемкости ремонта двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля приходится на разборку и сборку узлов и агрегатов. Так, например, трудоемкость разборки головки цилиндров вместе с распределительными валами и передаточными деталями газораспределительного механизма составляет до 28,3% от трудоемкости разборки двигателя, а трудоемкость сборки головки составляет 23,3% от общей трудоемкости сборки двигателя [1, 2], из которых порядка 30% времени приходится на демонтаж и монтаж клапанов. В связи с этим разработка новых эффективных технологий и устройств для монтажа и демонтажа клапанов с целью снижения трудоемкости и повышения эффективности ремонта ДВС является актуальной задачей ремонтного производства.

Известна серия профессиональных переносных и стационарных устройств для демонтажа клапанов при ремонте головки цилиндров ДВС путем сжатия пружин клапанов и расклинивания сухарей с последующим их удалением из клапанных каналов. Серийные устройства содержат, как правило, опору, нажимное средство в виде струбины, винта [3, 4] или нажимного рычага [5, 6, 7], упорный элемент в виде рамки с упорным кольцом, имеющим осевое отверстие, для воздействия на тарелку пружин клапана.

*Дмитрий Александрович Горбунков – технолог.
Анатолий Гаврилович Ковшов – к.т.н., доцент.
Николай Васильевич Носов – д.т.н., профессор.*

Наиболее существенными недостатками известных способов и серийных устройств являются низкая производительность из-за высокой трудоемкости монтажа и демонтажа резьбовых соединений при перестановках нажимного средства и упорного элемента соосно очередному демонтируемому клапану [3, 4, 5], сжатия и разжатия пружин клапана с использованием непроизводительного винтового нажимного средства [3, 4], необходимости перестановки опоры для ремонта второго ряда клапанов, например шестнадцатиклапанного ДВС [6, 7]. Общим недостатком всех перечисленных устройств и способов является низкая эффективность ремонта головок цилиндров из-за высокой трудоемкости операций ручной установки при сборке и удалении при разборке механизма клапанов расклиненных сухарей и их транспортировки в узких и глубоких клапанных каналах. Последнее обстоятельство требует применения дополнительных подручных средств: отверток, пинцетов и др.

Поставленная техническая задача по снижению трудоемкости и повышению эффективности ремонта головок цилиндров ДВС в настоящей работе достигается усовершенствованием известного [6, 7] устройства для монтажа и демонтажа клапанов путем введения дополнительных конструктивных элементов: магнитов, установленных в упорном кольце с измененными геометрическими параметрами осевого отверстия, обеспечивающими возможность размещения в нем сухарей соответствующих размеров и формы, механизма толкателя и дополнительных отверстий на нажимном рычаге для расширения диапазона углов установки упорного элемента соосно демонтируемому клапану.

При введении указанных дополнительных конструктивных элементов в устройство технологический процесс монтажа и демонтажа клапанов ДВС приобретает новую структуру и последовательность операций и переходов.

При демонтаже клапана это автоматическое ориентирование и улавливание расклиненных сухарей магнитным полем в отверстии упорного кольца, совмещенные с процессом сжатия пружин клапана; транспортировка упорного кольца вместе с расклиненными сухарями из клапанного канала; выталкивание сухарей из отверстия упорного кольца с помощью толкателя при преодолении силы притяжения магнитов.

При монтаже клапана это установка сухарей на магниты в отверстии упорного кольца; транспортировка сухарей вместе с упорным кольцом в клапанный канал, совмещенная с процессом сжатия пружин клапана; выталкивание сухарей из отверстия упорного кольца в клин между стержнем и тарелкой пружин клапана с помощью толкателя с преодолением силы притяжения магнитов; автоматическое заклинивание сухарей, совмещенное с ослаблением нажима на толкатель и пружины клапана; транспортировка упорного кольца из клапанного канала.

Дальнейшая разработка теоретических основ применения новой технологии монтажа и демонтажа сухарей клапанов в магнитостатическом поле и обоснования параметров рабочего органа устройства для ее реализации включала решение следующих основных задач:

- разработка основ теории улавливания и ориентирования сухарей в магнитостатическом поле рабочего органа устройства как тел вращения с выраженной анизотропией цилиндрической формы;
- разработка теории базирования сухарей и реализации технологических баз в рабочем пространстве ориентирующего элемента (упорного кольца);
- обоснование размеров и формы рабочего пространства ориентирующего элемента на основе выбора метода достижения точности сборки и проведения размерного анализа;

- исследование кинематических параметров работы устройства при монтаже и демонтаже клапана;
- силовой анализ, анализ напряженного состояния упорного кольца, расчеты на прочность основных элементов устройства;
- опытно-конструкторская разработка и изготовление опытного образца устройства;
- экспериментальное исследование эффективности новой технологии монтажа-демонтажа сухарей клапанов ДВС в магнитоэстатическом поле и устройства для ее реализации.

В процессе исследования по описанному алгоритму расчетно-аналитическим путем оценена возможность ориентирования сухарей в магнитоэстатическом поле рабочего органа устройства. Наведенное в рабочем пространстве упорного кольца 1 (рис. 1) магнитоэстатическое поле позволяет довольно просто обеспечить ориентацию и фиксирование при сборке-разборке симметричных цилиндрических деталей из ферромагнитных материалов. Сухари же представляют собой асимметричный, рассеченный на две половины вдоль образующей, усеченный конус 2 с внутренним отверстием и установочными буртиками для фиксации в канавках стержня клапана 3 при заклинивании, что затрудняет их пространственную ориентацию по определенному основанию конуса. Ориентирующий момент \bar{M}_Z , действующий на сухари в магнитоэстатическом поле, создается в результате взаимодействия индуцированного в деталях магнитного момента \bar{P}_M и внешнего магнитного поля с индукцией \bar{B}

$$\bar{M}_Z = \bar{P}_M \cdot \bar{B} . \quad (1)$$

Аналитический расчет ориентирующего момента (1) деталей с анизотропией геометрической формы – весьма сложная задача, поэтому для теоретического обоснования возможности ориентирования сухарей воспользуемся приближенным [8] решением задачи ориентирования эллипсоида 4

$$M_Z = -\frac{1}{2}VK_M^2 \cdot B^2 \frac{1}{\mu_0} \sin 2\alpha \frac{N_e - N_a}{(1 + N_a K_M)(1 + N_e K_M)} . \quad (2)$$

Для эллипсоида в однородном магнитном поле $\bar{P}_M = V\bar{I}$, где V – объем тела, \bar{I} – намагниченность тела. В свою очередь, $\bar{I} = K_M \cdot \bar{H}$, где K_M – магнитная восприимчивость материала тела; \bar{H} – внутренняя намагниченность тела; N_a и N_e – составляющие размагничивающего фактора N по осям a и e эллипсоида, связанные с компонентами намагничивания тела зависимостями

$$J_a = \frac{K_M \bar{H} \cos \alpha}{(1 + N_a K_M)}, \quad J_e = \frac{K_M \bar{H} \sin \alpha}{(1 + N_e K_M)} ;$$

μ_0 – магнитная проницаемость окружающей среды.

Из анализа выражения (2) следует: для шара $N_a = N_e$ и $M_Z = 0$ – не требуется ориентация; вытянутый эллипсоид 4, у которого $N_a < N_e$ и $M_Z < 0$, ориентируется вдоль оси поля; сплюснутый эллипсоид 5, у которого $N_a > N_e$ и $M_Z > 0$, ориентируется перпендикулярно полю. При всех прочих равных условиях $M_Z = M_{\max}$ при $\alpha=45^\circ$ и $M_Z = M_{\min}=0$ при $\alpha=0^\circ, 90^\circ$. То есть в магнитоэстатическом поле могут быть сориентированы тела произвольной формы: симметричные и асимметричные.

Симметричная деталь 4 (вытянутый эллипсоид, см. рис. 1) при ориентировании займет устойчивое среднее положение относительно вертикальной оси магнита б, так как $\bar{F}_B^4 = \bar{F}_H^4$, где \bar{F}_B^4 и \bar{F}_H^4 – векторы пондеромоторных сил воздействия маг-

нитного поля на верхний и нижний концы детали 4. Цифра 4 указывает на принадлежность векторов сил детали 4. Среднее положение асимметричной детали (сухаря) 2 не совпадает с серединой магнита в результате ее асимметрии. Сухарь сместится вниз на величину λ под действием силы $\vec{F}_M^2 = \vec{F}_B^2 - \vec{F}_H^2$, где $\vec{F}_B^2 > \vec{F}_H^2$ – векторы пондеромоторных сил воздействия на верхний и нижний концы сухаря 2. Сориентировать сухари в данном случае возможно двумя методами: 1) приложением импульса силой - \vec{F}_M^2 , при этом деталь, испытывая импульсное силовое воздействие, переместится по инерции на величину λ , что практически осуществить громоздко и затруднительно; 2) введением в ориентирующий орган дополнительных конструктивных ориентирующих элементов. Последний метод получил простое практическое воплощение путем введения в конструкцию упорного кольца упорного буртика, для базирования сухарей по торцу наибольшего диаметра конуса, и смещения оси магнитов вверх, к внутренней поверхности его торца (см. рис. 1).

В соответствии с общепринятой классификацией [8] заготовок и деталей, имеющих форму тел вращения, асимметричные сухари клапанов ДВС относятся к III классу сложности автоматической ориентации в пространстве. Детали III класса требуют две ступени ориентации: первичную ориентацию – совмещение оси вращения (симметрии) с осью Z и вторичную – поворот детали в плоскости XOY или XOZ (см. рис. 1) для ориентации по концу с малым основанием конуса. Осуществлять автоматически вторичную ориентацию сухарей в упорном кольце нет необходимости по конструктивным соображениям, так как они хорошо направляются центральным отверстием по стержню клапана 3, а наружным конусом – по внутренней поверхности конического осевого отверстия упорного кольца 1. Минимальные зазоры в ориентирующем пространстве, обоснованные в процессе геометрического проектирования формы, размерного анализа и исследования кинематики работы узла, обеспечивают

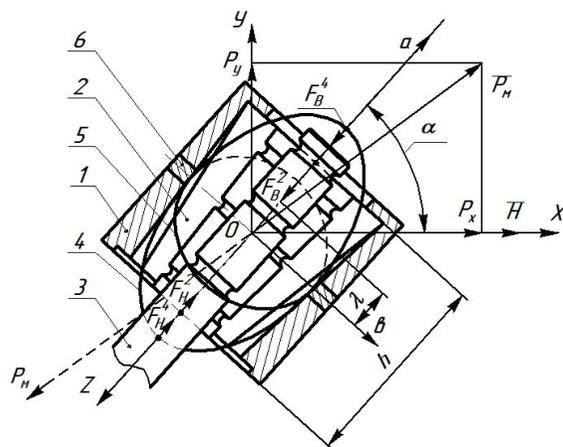


Рис. 1. Схема улавливания и ориентирования сухарей в упорном кольце:
1 – упорное кольцо; 2 – сухарь; 3 – клапан; 4 – эллипсоид вытянутый; 5 – эллипсоид сжатый; 6 – магнит;
h – высота сухарей

размещение, базирование и работу в нем сухарей ДВС соответствующих размеров и формы без перекосов и заеданий.

Экспериментальную оценку эффективности новой технологии и устройства проводили в процессе монтажа-демонтажа клапанов шестнадцатиклапанного двигателя ВАЗ-2112. Одновременно для сравнения испытывали традиционно применяемый [6, 7] профессиональный рассухариватель без магнитов в упорном кольце.

Оценивали методом хронометражных наблюдений [9] затраты времени на выполнение повторяющихся переходов и приемов по рассухариванию при демонтаже и засухариванию при монтаже клапанов ДВС новым и традиционным

способами. В зависимости от целей наблюдений хронометраж осуществляли методом отдельных отсчетов и по текущему времени. Время определяли с помощью секундомера.

Таблица 1

**Фрагмент карты наблюдений времени демонтажа сухарей клапана новым способом.
Переход – рассухаривание клапана**

№ приема	Содержание приема	Фиксажная точка	Время Т/Н, с	Номер наблюдения				
				1	2	3	...	30
1	Установить упорное кольцо на тарелку клапана	Начало действия	Т	0	0	0	...	0
			Н	2,75	2,76	3,16	...	2,69
2	Нажать на рычаг рассухаривателя, сжать пружины клапана	Начало действия	Т	2,75	2,76	3,16	...	2,69
			Н	1,79	1,15	3,88	...	1,05
3	Извлечь упорное кольцо с сухарями из клапанного канала	Начало действия	Т	4,54	3,91	7,04	...	3,74
			Н	3,22	1,58	2,23	...	1,95
4	Нажать на толкатель, вытолкнуть сухари	Начало действия	Т	7,76	5,49	9,27	...	5,69
			Н	5,39	2,09	2,95	...	1,73
	Время на переход			13,15	7,58	12,22	...	7,42

Таблица 2

Фрагменты карт наблюдений времени демонтажа и монтажа сухарей клапана

№ приема	Переход – рассухаривание клапана традиционным способом	Переход – засухаривание клапана новым способом	Переход – засухаривание клапана традиционным способом
1	Установить упорное кольцо на тарелку клапана	Установить сухари 1 и 2 в упорное кольцо	Установить упорное кольцо на тарелку клапана
2	Нажать на рычаг рассухаривателя, сжать пружины клапана	Установить упорное кольцо на тарелку клапана	Нажать на рычаг рассухаривателя, сжать пружины клапана
3	Расклинить сухари 1 и 2	Нажать на рычаг рассухаривателя, сжать пружины клапана	Взять сухарь 1 и уложить его буртики в канавки клапана
4	Извлечь упорное кольцо из клапанного канала	Ослабить давление на рычаг и нажать на толкатель (заклинить сухари)	Взять сухарь 2 и уложить его буртики в канавки клапана
5	Извлечь сухарь 1	Извлечь упорное кольцо из клапанного канала	Извлечь упорное кольцо из клапанного канала (заклинить сухари)
6	Извлечь сухарь 2	–	–
	Время на переход	Время на переход	Время на переход

Перед проведением хронометражных наблюдений подробно расписывали исследуемые переходы по рассухариванию и засухариванию клапанов по приемам и намечали фиксажные точки. При наблюдении в режиме текущего «Т» времени намечали только начальные фиксажные точки выполнения приемов, а секундомер не выключали в течение всего периода выполнения перехода. Содержание приемов наблюдаемого перехода, фиксажные точки и время выполнения приемов заносили в карты наблюдений, фрагменты которых приведены в табл. 1, 2.

Обработку результатов наблюдений проводили в следующей последовательности: определяли время отдельных наблюдений «Н» по разности текущего времени «Т»; составляли хроноряды «Н», представляющие собой совокупность времен наблюдений по каждому приему и по всему переходу (например, для первого приема (см. табл. 1) -2,75; 2,76; 3,16; ...2,69); исключали из каждого хроноряда заведомо дефектные наблюдения и составляли упорядоченные в порядке возрастания хроноряды; определяли параметры эмпирического распределения в упорядоченных хронорядах методами математической статистики [10] с использованием программного продукта Microsoft Office Excel: размах R , среднее арифметическое значение \bar{t} выборки объемом $N \geq 25$ шт., эмпирическое среднее квадратическое отклонение S , дисперсию D ; строили гистограммы и кривые распределения (рис. 2).

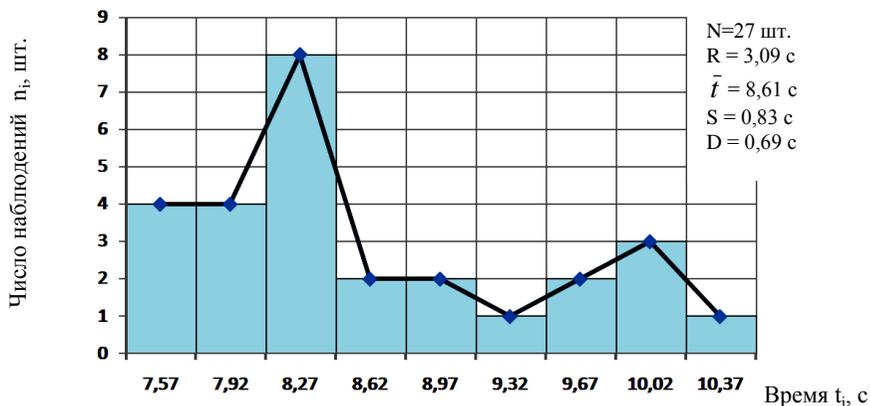


Рис. 2. Гистограмма и полигон распределения времени демонтажа сухарей клапана новым способом

Параметры эмпирического распределения времени: демонтажа сухарей клапана традиционным способом $N=28$ шт.; $R = 9,87$ с; $\bar{t} = 16,97$ с; $S = 1,93$ с; $D = 3,73$ с; монтажа сухарей клапана новым способом $N=25$ шт.; $R = 4,07$ с; $\bar{t} = 13,25$ с; $S = 1,129$ с; $D = 1,24$ с; монтажа сухарей клапана традиционным способом $N=30$ шт.; $R = 65,45$ с; $\bar{t} = 57,6$ с; $S = 15,06$ с; $D = 226,8$ с.

Улучшенное среднее значение \bar{t} , определяющее эмпирический центр группирования, принято за норму времени на выполнение исследованного перехода.

Из анализа результатов статистической обработки экспериментальных данных следует, что монтаж-демонтаж сухарей клапана новым способом занимает 21,86 с, а традиционным способом – 74,57 с, т.е. производительность монтажа-демонтажа сухарей по новой технологии повышается в 3,4 раза по сравнению с традиционной. Это достигается за счет исключения из технологического процесса приемов по установке и удалению сухарей вручную.

Экономия от применения новой технологии в ремонтном производстве с годовой программой 300 шт. двигателей, с учетом дополнительных затрат на материалы и доработку магнитного упорного кольца нового устройства, может составить на одно отремонтированное изделие до 108 руб.

Таким образом, поставленная задача снижения трудоемкости и повышения эффективности ремонта головки цилиндров ДВС решена за счет применения новой технологии монтажа и демонтажа сухарей клапанов в магнитостатическом поле. Магнитостатическое поле создается в упорном кольце рассухаривателя и реализует функции автоматического улавливания, ориентирования и транспортировки расклиненных сухарей в клапанных каналах, заменяя утомительный ручной труд по их ус-

тановке и удалению, снижая трудоемкость и повышая производительность процесса монтажа-демонтажа сухарей клапанов ДВС более чем в 3 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пучин Е.А., Новиков В.С., Очковский Н.А. и др. Технология ремонта машин. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.
2. Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей. – М.: Мастерство; Высш. школа, 2007. – 496 с.
3. А.с. 1359105 СССР 4 В25 В 27/26. Способ демонтажа пружин и уплотнителей клапанов двигателя внутреннего сгорания / Л.И. Алимбеков, Ю.Н. Прохорчев (СССР). – №3812317/25-06; заявл. 15.11.84; опубл. 15.12.87. Бюл. №46.
4. Патент 2228833 РФ, МПК⁷ В 25В27/26. Переносное приспособление для монтажа и демонтажа клапанов двигателя внутреннего сгорания / В.Ю. Смирнов (РФ). – №2001131597/112001131597/ 11; заявл. 20.11.2001; опубл. 20.05.2004.
5. А.с. 1524995 СССР 4 В25 В27/00. Приспособление для монтажа и демонтажа клапанов двигателя внутреннего сгорания / М.Я. Качко, Г.П. Короленко, Е.С. Стабров и др. (СССР). – №440864/25-28; заявл. 11.04.88; опубл.30.11.89. Бюл. №44.
6. Автомобили ВАЗ-2108, 2109 и их модификации. Технология технического обслуживания и ремонта / Б.В. Прохоров, А.И. Чванов и др. – Тольятти: АвтоВАЗ, 1989. – Т.3. – 578 с.
7. Косарев С.Н., Козлов П.Л. Автомобили ВАЗ-2110, 2111, 2112. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. – М.: За рулем, 2006. – 200 с.
8. Веретенников Е.А. Автоматические загрузочно-ориентирующие устройства и механизмы дискретного питания станков. – Куйбышев: КПТИ, 1976. – 207 с.
9. Лебедев В.А., Тамаркин М.А., Генга Д.П. Технология машиностроения: проектирование технологии изготовления изделий. – Ростов-нД: Феникс, 2008. – 361 с.
10. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Статья поступила в редакцию 20 июня 2010 г.

UDC 629.113

DEVELOPMENT OF THE WAY OF INSTALLATION AND DISMANTLE OF VALVES KEEPERS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN MAGNETOSTATIC FIELD OF THE DEVICE FOR ITS REALIZATION

D.A. Gorbunkov¹, A.G. Kovshov², N.V. Nosov²

¹ Ltd. «META»

55,a Markvashinskaya st., Zhigulevsk Samara region, 443350

² Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The effective way of installation and dismantle of valves keepers of the internal combustion engine and the device for its realization, based on a principle of catching and orientation of wedging keepers by a magnetic field of a persistent ring of the device for installation-dismantle ring in valves channels of the head of cylinders are offered. Parameters of working body of the device are proved. Labour input of installation and dismantle of valves keepers by the offered way is investigated.

Keywords: *method, device, installation, dismantle, valve, crackers, engine, the head of cylinders, The device for installation-dismantle of valves, a persistent ring, magnetostatic field.*

Dmitry A. Gorbunkov – technologist.

Anatoly G. Kovshov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.

Nikolay V. Nosov – Doctor of Technical Sciences, Professor.