

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО РАССУХАРИВАТЕЛЯ КЛАПАНОВ

Д.А. Горбунков¹, А.Г. Ковишов², И.В. Щеголихин²

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

Приведены результаты силового анализа и расчетов на прочность основных элементов рычажной системы усовершенствованного рассухаривателя клапанов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) со встроенной в упорное кольцо магнитной ловушкой расклиненных сухарей. Дана оценка напряженно-деформированного состояния стенок упорного кольца.

Ключевые слова: *способ, технология, рассухариватель клапанов, сухари, магнит, монтаж, демонтаж, деформация, напряжение.*

Расширение функциональных возможностей, усложнение конструкции автомобиля в целом и отдельных его узлов и агрегатов ведут к увеличению сложности и трудоемкости проведения ремонтных работ при использовании стандартного оборудования. Так, например, в общую трудоемкость базовых технологических процессов разборки и сборки головки цилиндров шестнадцатиклапанного двигателя ВАЗ-2112 наибольшую долю трудоемкости и утомляемости рабочих вносят ручные операции, переходы рассухаривания (при демонтаже), засухаривания (при монтаже) клапанов и транспортировка сухарей в глубоких и тесных по конструкции клапанных каналах с необходимостью использования для этих целей дополнительных подручных средств: отверток, пинцетов и пр.

С целью снижения трудоемкости и повышения эффективности ремонта головки цилиндров ДВС предложен новый способ и усовершенствованное устройство для демонтажа и монтажа клапанов [1, 2, 3, 4]. В основу нового способа заложены принципы улавливания, ориентирования и удерживания сухарей при их транспортировке в клапанных каналах магнитоэстатическим полем магнитной ловушки, размещенной в осевом отверстии упорного кольца усовершенствованного рассухаривателя.

Способ осуществляется с помощью нажимного устройства (рис. 1, а), содержащего опору 1, рычаг 2, нажимной элемент 3 с упорным кольцом 4. В упорном кольце (рис. 1, б) выполнено осевое отверстие 5 в виде перевернутого усеченного конуса, в стенках кольца установлены магниты 6 для улавливания, ориентирования и удерживания сухарей при их расклинивании после нажима упорного кольца на тарелку 7 пружины. Устройство снабжено механизмом толкателя 8, включающим цилиндрический толкатель, направляющую толкателя и возвратную пружину.

Технологические процессы монтажа и демонтажа сухарей клапана с помощью усовершенствованного рассухаривателя включают следующие операции и переходы.

Дмитрий Александрович Горбунков, инженер.

Анатолий Гаврилович Ковишов (к.т.н., доцент), доцент кафедры «Нанотехнологии в машиностроении».

Иван Владимирович Щеголихин, инженер.

При монтаже – установка сухарей на магниты в отверстие упорного кольца; транспортировка сухарей вместе с упорным кольцом в клапанный канал, совмещенная с процессом сжатия пружин клапана; выталкивание сухарей из отверстия упорного кольца в зазор между стержнем и тарелкой пружины с помощью толкателя; автоматическое заклинивание сухарей при ослаблении нажима на пружины клапана; удаление нажимного элемента из клапанного канала.

При демонтаже – установка упорного кольца нажимного элемента на тарелку пружины; автоматическое расклинивание, улавливание магнитами и ориентирование сухарей в осевом отверстии упорного кольца, совмещенные с процессом сжатия пружин клапана; транспортировка расклиненных сухарей вместе с упорным кольцом из клапанного канала; выталкивание сухарей из отверстия упорного кольца с помощью толкателя.

В процессе проектирования и создания опытного образца усовершенствованного рассухаривателя произведен его силовой анализ, определены усилия в стержнях, реактивные силы и моменты, произведены расчеты на прочность основных элементов рычажной системы. Схема действия сил и моментов на элементы устройства при сжатии пружин силой P приведена на рис. 1. Совместным решением уравнений проекций сил на оси координат и моментов сил относительно опорных точек получили следующие расчетные зависимости.

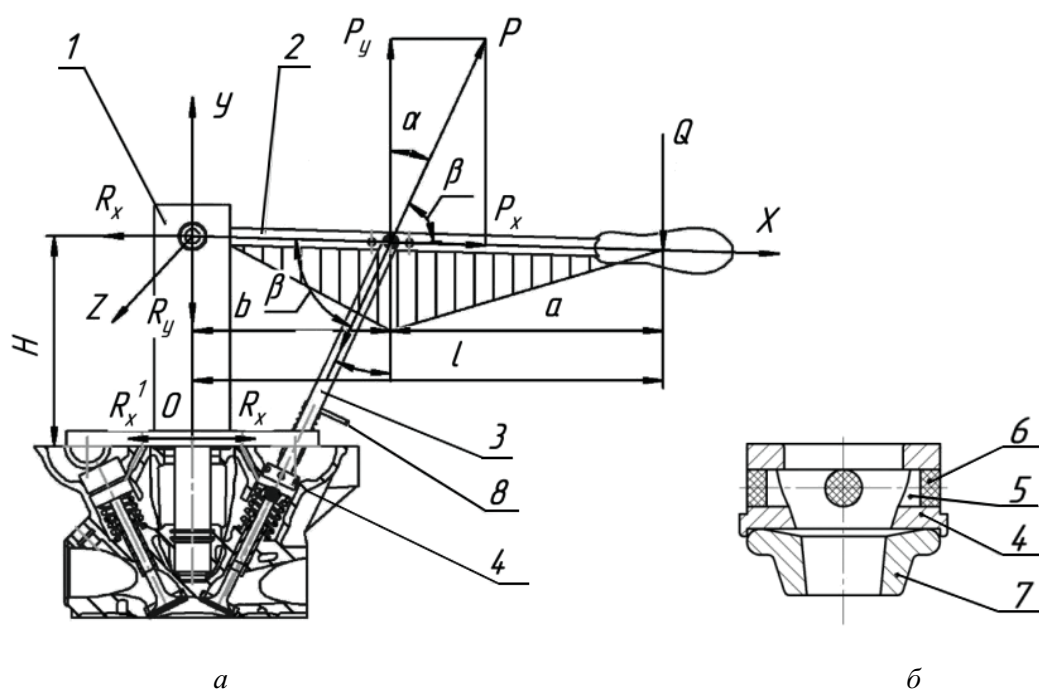


Рис. 1. Схема действия сил (а) на элементы усовершенствованного рассухаривателя и схема контакта (б) упорного кольца и тарелки пружины клапана:

1 – опорные штанги с переключателем; 2 – рычаг; 3 – нажимной элемент; 4 – упорное кольцо; 5 – осевое отверстие; 6 – магниты; 7 – тарелка пружин; 8 – толкатель

Проекция силы P на оси координат:

$$\begin{aligned} P_x &= P \cdot \cos \beta, \\ P_y &= P \cdot \sin \beta. \end{aligned} \quad (1)$$

Усилие нажима на рукоятку нажимного рычага устройства:

$$Q = \frac{P \cdot b \cdot \sin \beta}{l}, \quad b = l - a. \quad (2)$$

Реакции в опоре «нажимной рычаг – переключатель»:

$$\begin{aligned} R_x &= P \cdot \cos \beta, \\ R_y &= \frac{P \cdot a \cdot \sin \beta}{l}, \quad a = l - b. \end{aligned} \quad (3)$$

Сила сдвига опорных штанг:

$$R_X^I = R_X = P \cdot \cos \beta. \quad (4)$$

Изгибающий момент, действующий на опорные штанги:

$$M_Z = R_X \cdot H = P \cdot H \cdot \cos \beta. \quad (5)$$

Изгибающий момент в произвольном сечении нажимного рычага:

$$\begin{aligned} M_y &= -\frac{P \cdot a \cdot x \cdot \sin \beta}{l}, \quad 0 \leq x \leq b; \\ M_y &= -\frac{P \cdot b \cdot \sin \beta}{l} (b + a - x), \quad b \leq x \leq (b + a); \end{aligned} \quad (6)$$

$$M_{y \max} = Q \cdot a = \frac{P \cdot a \cdot b \cdot \sin \beta}{l}.$$

Размеры поперечного сечения нажимного рычага определяются из условия прочности на изгиб как

$$\sigma_{из} = \frac{M_{y \max}}{W_y} \leq [\sigma_{из}], \quad (7)$$

где $W_y = b_1^3 / 6$ – момент сопротивления при изгибе рычага квадратного сечения со стороны b_1 .

Подставляя $M_{y \max}$ из выражения (6) и решая равенство (7) относительно b_1 , получаем

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P \cdot a \cdot b \cdot \sin \beta}{l \cdot [\sigma_{из}]}}. \quad (8)$$

Размеры поперечного сечения переключателя определяются из условия прочности на изгиб при максимальном изгибающем моменте

$$M_{x,y} = \frac{R \cdot B}{4}, \quad (9)$$

где реакция $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$, B – длина перекладкины.

Момент сопротивления кольцевого сечения (трубы) перекладкины при изгибе

$$W_{x,y} = \frac{\pi d^3}{32} (1 - c^4) = 0,1 \cdot d^3 \cdot (1 - c^4), \quad (10)$$

где $c = d_1/d$; d_1 – внутренний диаметр трубы, d – наружный диаметр трубы.

Напряжение изгиба

$$\sigma_{из} = \frac{M_{x,y}}{W_{x,y}} \leq [\sigma_{из}]. \quad (11)$$

Подставив (9), (10), (3) в выражение (11) и сделав преобразования при $c = 0,8$, получим

$$d \cong \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(P \cdot \cos \beta)^2 + \left(\frac{P \cdot a \cdot \sin \beta}{l} \right)^2} \cdot B}{0,24 \cdot [\sigma_{из}]}},$$

Оценка величины действующих сил и моментов, а также расчеты на прочность основных элементов устройства для монтажа и демонтажа клапанов ДВС проведены при следующих исходных данных (см. рис. 1, а): $H = 165$ мм; $b = 155$ мм; $a = 220$ мм; $l = 375$ мм; $\beta = 60^\circ$; длина перекладкины (трубы) $B = 400$ мм, материал – сталь Ст3 по ГОСТ 535-88, допускаемые напряжения на изгиб $[\sigma_{из}] = 150$ МПа; наибольшее усилие сжатия пружин клапана двигателя ВАЗ по данным АвтоВАЗа [5] $P = 760$ Н.

Расчетное усилие на рукоятке нажимного рычага составило $Q = 270$ Н. Поперечное сечение нажимного рычага – квадрат со стороной $b_1 = 14$ мм, перекладкины – труба с наружным диаметром $d = 20$ мм и внутренним диаметром $d_1 = 16$ мм.

Аналогично проведены расчеты на прочность и определены поперечные сечения стержней остальных элементов устройства.

Целью моделирования процесса контактного взаимодействия упорного кольца и тарелки пружин клапана (см. рис. 1, б) и анализа напряженно-деформированного состояния упорного кольца методом конечных элементов была оценка величины и характера распространения напряжений и деформаций, а также выявление недопустимых напряжений и мест их концентрации. Исходные данные для моделирования и анализа приведены на рис. 2. Для ускорения расчетов упорное кольцо изображено с учетом величины зоны деформации в допустимо упрощенном виде.

Последовательность решения включала моделирование и анализ процесса контактного взаимодействия упорного кольца и тарелки пружин клапана при нагрузке $P = 760$ Н.

1. Задание размерных параметров (см. рис. 2) и свойств материалов деталей (материал тарелки клапана – чугун легированный ЧН 19ЧШ по ГОСТ 7769-82, материал упорного кольца – Ст 35 по ГОСТ 1050-88).

2. Выбор типа элемента для двумерного типа анализа.

3. Построение модели (2D) и ее разбиение на конечные элементы.

4. Создание контакта «упорное кольцо – тарелка пружин клапана» и задание направления реакций контакта.
5. Закрепление по осям x и y тарелки пружин и задание давления на упорное кольцо.
6. Запуск на решение и оценку сходимости решения.

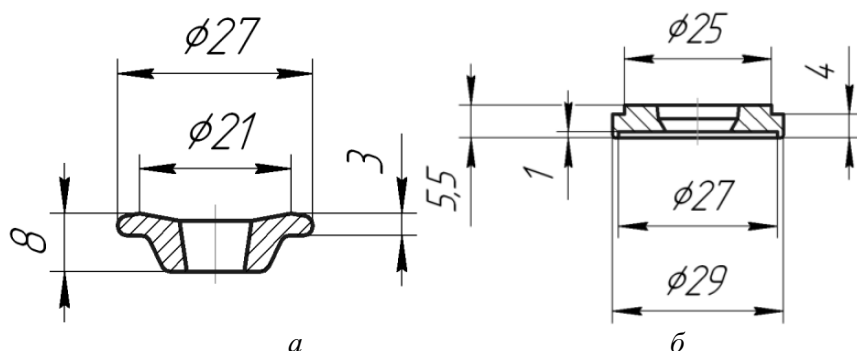


Рис. 2. Исходные данные для моделирования контакта тарелки пружин (а) и упорного кольца (б)

Результаты расчетов деформации и напряжения от действия силы нажатия упорного кольца рассухаривателя на тарелку пружин представлялись в графическом виде.

По результатам расчетов напряжение по Мизису в точке концентрации напряжений МХ составило 9461 Па, а максимальное контактное напряжение МХ = 14643 Па. Таким образом, расчетные напряжения не превышают предела прочности материалов, поэтому нет необходимости вносить изменения в конструкцию упорного кольца.

Исходя из полученных результатов проведенного силового анализа и оценки напряженно-деформированного состояния рычажной системы усовершенствованного рассухаривателя клапанов ДВС можно сделать вывод, что новое устройство построено на принципах оптимизации приложения статических нагрузок, обеспечивающих приемлемые размерные параметры, безопасность и эффективность в эксплуатации, и может найти применение в ремонтной практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 2393079 C2 RU МПК B25B27/24. Способ монтажа и демонтажа клапанов двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / Д.А. Горбунков, А.Г. Ковшов (РФ). № 2008128248/02; заявл 10.07.2008; опубл 27.06.2010, бюл. 18.
2. Горбунков Д.А., Ковшов А.Г., Родионов В.А. Кинематика сухарей клапана двигателя внутреннего сгорания в магнитоэлектрическом поле рабочего органа рассухаривателя // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: Межвуз. сб. науч. статей. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 238 с. – С. 12-17.
3. Горбунков Д.А., Ковшов А.Г., Носов Н.В. Разработка технологии монтажа-демонтажа сухарей клапанов двигателя внутреннего сгорания в магнитоэлектрическом поле рабочего органа рассухаривателя // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. № 7(28), декабрь. – Самара: СамГТУ, 2010. – С. 79-85.
4. Горбунков Д.А., Ковшов А.Г., Щеголихин И.В. Эффективная технология монтажа-демонтажа сухарей клапанов двигателя внутреннего сгорания и новое устройство для ее реализации //

- Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: Межвуз. сб. науч. статей. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 300 с. – С. 21-27.
5. *Косарев С.Н., Козлов П.Л.* Автомобили ВАЗ-2110, 2111, 2112. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. – М.: За рулем, 2006. – 200 с.

Статья поступила в редакцию 10 мая 2012 г.

THE POWER ANALYSIS AND ESTIMATION OF THE STRESSEDLY-DEFORMED CONDITION OF ELEMENTS OF THE IMPROVED VALVES EXTRACTOR

D.A. Gorbunkov¹, A.G. Kovshov², I.V. ShChegolihin²

¹ Ltd «Meta»

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

² Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443110

The results of the power analysis and durability calculations for the basic lever system elements of the improved device for valve keeper removing in an internal combustion engine with the bearing ring magnetic trap for wedged valve keepers are given. The stress-strain state of the bearing ring walls is estimated.

Keywords: *method, technology, device for installation-dismantle of valves, crackers, a magnet, installation, dismantle, deformation, pressure.*

Dmitry A. Gorbunkov, Engineer.

Anatoly G. Kovshov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.

Ivan V. Shchegolihin, Engineer.