

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.43.052

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ
МАЛОЛИТРАЖНОГО ДВИГАТЕЛЯ, КОТОРЫЙ РАБОТАЕТ
НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., А.Н. Кабанов, доцент, к.т.н.,
А.П. Кузьменко, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. Приведены результаты технической реализации изменения степени сжатия на двигателе MeMZ-307, который переоборудован для работы на природном газе.

Ключевые слова: степень сжатия, автомобильный двигатель, природный газ.

ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСКАННЯ
МАЛОЛІТРАЖНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА,
ЩО ПРАЦЮЄ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., О.М. Кабанов, доцент, к.т.н.,
А.П. Кузьменко, аспірант, ХНАДУ

Анотація. Наведено результати технічної реалізації зміни ступеня стискування двигуна MeMZ-307, переобладнаний для роботи на природному газі.

Ключевые слова: ступінь стискування, автомобільний двигун, природний газ.

TECHNICAL REALIZATION OF COMPRESSION RATIO VARIATION OF
SMALL-CAPACITY AUTOMOTIVE NATURAL GAS POWERED ENGINE

F. Abramchuk, Professor, Doctor of Technical Science, A. Kabanov, Associate
Professor, Doctor of Technical Science, A. Kuzmenko, postgraduate, KhNAHU

Abstract. The results of technical realization of compression ratio variation of MeMZ-307 engine converted for natural gas running are given.

Key words: compression ratio, automotive engine, natural gas.

Введение

Создание и успешная эксплуатация чисто газовых двигателей, которые работают на природном газе, зависят от правильного выбора основных параметров рабочего процесса, определяющих их технические, экономические и экологические характеристики. В первую очередь это касается выбора степени сжатия.

Природный газ, имея высокое октановое число (110–130), позволяет повысить степень сжатия. Максимальное значение степени

сжатия, исключающее детонацию, можно в первом приближении выбрать расчетным путем. Однако проверить и уточнить расчетные данные возможно только экспериментально.

Анализ публикаций

В работе [1] при переводе бензинового двигателя ($V_h = 1$ л) автомобиля VW POLO на природный газ упрощена форма огневой поверхности поршня. Уменьшение объема камеры сжатия привело к увеличению степени сжатия с 10,7 до 13,5.

На двигателе Д21А для снижения степени сжатия с 16,5 до 9,5 дообрабатывался поршень [2]. Камера сгорания полусферического типа для дизеля изменена под рабочий процесс газового двигателя с искровым зажиганием.

Авторы работы [3] уменьшили степень сжатия с 16 до 12 дизеля Д-240 за счет дополнительной прокладки между головкой и блоком цилиндров.

При конвертации дизеля ЯМЗ-236 в газовый двигатель степень сжатия с 16,2 до 12 уменьшена также за счет дообработки поршня [4].

Цель и постановка задачи

Целью работы является разработка конструкции деталей камеры сгорания двигателя МеМЗ-307, позволяющих обеспечить степень сжатия $\epsilon = 12$ и $\epsilon = 14$ для проведения экспериментальных исследований.

Выбор подхода к изменению степени сжатия

Для малолитражного бензинового двигателя, конвертируемого в газовый, изменение степени сжатия означает её увеличение по сравнению с базовым ДВС. Выполнить эту задачу можно несколькими способами.

В идеальном случае на двигатель желательна установка системы изменения степени сжатия, позволяющей выполнять эту задачу в режиме реального времени, в том числе не прерывая работы двигателя. Однако такие системы очень дорогие и сложные в конструкции и эксплуатации, требуют внесения существенных изменений в конструкцию, а также являются элементом ненадежности двигателя.

Изменять степень сжатия можно также за счет увеличения количества или толщины прокладок между головкой и блоком цилиндров. Этот способ дешёвый, однако при этом увеличивается вероятность прогорания прокладок при нарушении нормального процесса сгорания топлива. Кроме того, такой способ регулирования степени сжатия отличается низкой точностью, так как значение ϵ будет зависеть от силы затяжки гаек на шпильках головки блока и качества изготовления прокладок. Чаще всего такой способ используют для понижения степени сжатия.

Использование накладок на поршни технически сложно, так как возникает проблема надёжного крепления относительно тонкой накладки (около 1 мм) к поршню и надёжной работы этого крепления в условиях камеры сгорания.

Оптимальным вариантом является изготовление комплектов поршней, каждый из которых обеспечивает заданную степень сжатия. Этот способ требует частичной разборки двигателя для изменения степени сжатия, однако обеспечивает достаточно высокую точность значения ϵ в эксперименте и надёжность работы двигателя с изменённой степенью сжатия (не снижается прочность и надёжность конструктивных элементов двигателя). К тому же этот способ сравнительно дешёвый.

Результаты исследований

Суть задачи состояла в том, чтобы, используя положительные качества природного газа (высокое октановое число) и особенности смесеобразования, компенсировать потерю мощности при работе двигателя на данном топливе. Для выполнения поставленной задачи было решено изменять степень сжатия.

Согласно плану эксперимента степень сжатия должна изменяться от $\epsilon = 9,8$ (серийная комплектация) до $\epsilon = 14$. Целесообразно промежуточное значение степени сжатия выбрать $\epsilon = 12$ (как среднее арифметическое крайних значений ϵ). В случае необходимости возможно изготовление комплектов поршней, обеспечивающих другие промежуточные значения степени сжатия.

Для технической реализации указанных степеней сжатия были выполнены расчеты, конструкторские разработки и экспериментально проверенные объёмы камер сжатия методом проливки. Результаты проливки указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 Результаты проливки камеры сгорания в головке цилиндров

$V, \text{см}^3$			
1 цил.	2 цил.	3 цил.	4 цил.
22,78	22,81	22,79	22,79

Таблица 2 Результаты проливки камеры сгорания в поршнях (поршень установлен в цилиндр)

$V, \text{см}^3$			
1 цил.	2 цил.	3 цил.	4 цил.
9,7	9,68	9,71	9,69

Толщина прокладки в сжатом состоянии составляет 1 мм. Утопание поршня относительно плоскости блока цилиндров составляет 0,5 мм, что было определено с помощью обмеров.

Соответственно объем камеры сгорания V_c будет состоять из объема в головке цилиндров V_g , объема в поршне V_{Π} и объема щели между поршнем и головкой цилиндра (утопание поршня относительно плоскости блока цилиндров + толщина прокладки) $V_{\text{щ}} = 6,6 \text{ см}^3$.

$$V_c = 22,79 + 9,7 + 4,4 = 36,89 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Принято решение – степень сжатия изменять за счет изменения объема камеры сгорания путем изменения геометрии головки поршня, так как данный способ позволяет реализовать все варианты степени сжатия, и при этом есть возможность вернуться к серийной комплектации.

На рис. 1 приведена серийная комплектация деталей камеры сгорания с объемами в поршне $V_{\Pi} = 7,5 \text{ см}^3$.

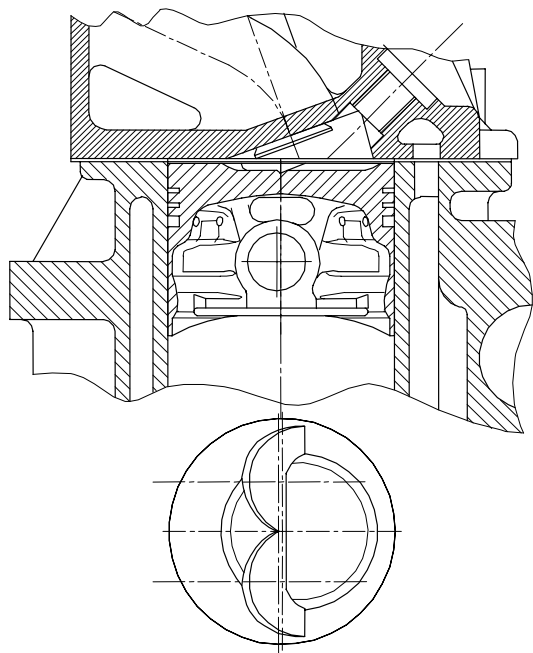


Рис. 1. Серийная комплектация деталей камеры сгорания $V_c = 36,9 \text{ см}^3$ ($\epsilon = 9,8$)

Для получения степени сжатия $\epsilon = 12$ достаточно комплектовать камеру сгорания поршнем с плоским днищем, в котором выполнены две небольшие выборки общим объемом $0,1 \text{ см}^3$, предотвращающие встречу впускных и выпускных клапанов с поршнем во время

перекрывания. В этом случае объем камеры сжатия равен

$$V_c = 36,9 - 7,4 = 29,5 \text{ (см}^3\text{)}.$$

В этом случае зазор между поршнем и головкой цилиндров остается $\delta = 1,5 \text{ мм}$. Конструкция камеры сгорания, обеспечивающая $\epsilon = 12$, показана на рис. 2.

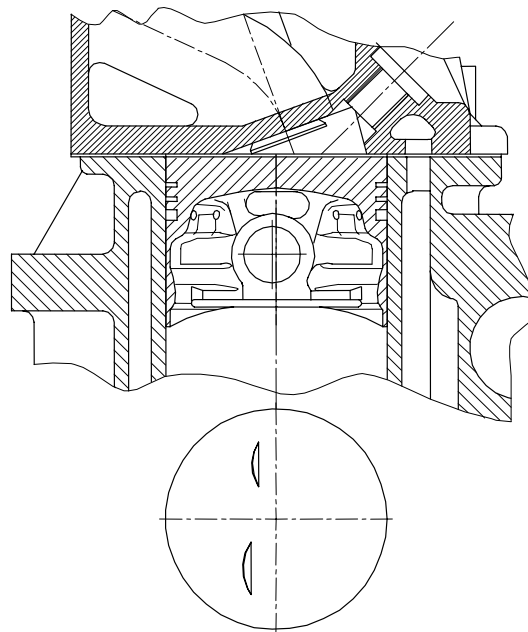


Рис. 2. Комплектация деталей камеры сгорания газового двигателя для получения степени сжатия $\epsilon = 12$ ($V_c = 29,5 \text{ см}^3$)

Реализовать степень сжатия $\epsilon = 14$ принято за счет увеличения высоты поршня с плоским днищем на $h = 1 \text{ мм}$. В данном случае поршень также имеет две выборки под клапаны общим объемом $0,2 \text{ см}^3$. Объем камеры сжатия уменьшается на

$$\Delta V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 7,5}{4} \cdot 0,1 = 4,42 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Такая комплектация деталей камеры сгорания дает объем

$$V_c = 29,4 - 4,22 = 25,18 \text{ (см}^3\text{)}.$$

На рис. 3 показана комплектация камеры сгорания, обеспечивающая степень сжатия $\epsilon = 13,9$.

Зазор между огневой поверхностью поршня и головкой цилиндра составляет 0,5 мм, что достаточно для нормальной работы деталей.

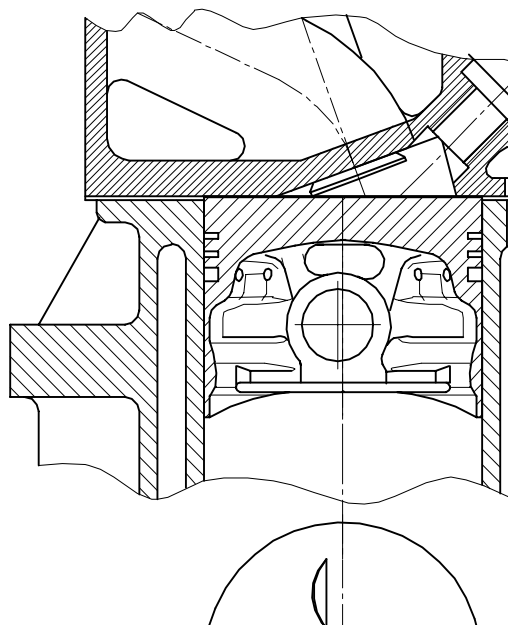


Рис. 3. Комплектация деталей камеры сгорания газового двигателя с $\epsilon = 13,9$ ($V_c = 25,18 \text{ см}^3$)

Выводы

1. Упрощение геометрической формы огневой поверхности поршня (плоская головка с двумя маленькими выборками) позволило увеличить степень сжатия с 9,8 до 12.
2. Уменьшение зазора до $\delta = 0,5 \text{ мм}$ между головкой цилиндра и поршнем в ВМТ и упрощение геометрической формы огневой по-

верхности поршня позволило увеличить ϵ до 13,9 единиц.

Литература

1. По материалам сайта: www.empra.ch
2. Бганцев В.Н. Газовый двигатель на базе четырехтактного дизеля общего назначения / В.Н. Бганцев, А.М. Левтеров, В.П. Мараховский // Мир техники и технологий. – 2003. – №10. – С. 74–75.
3. Захарчук В.І. Розрахунково-експериментальні дослідження газового двигуна, переобладнаного з дизеля / В.І. Захарчук, О.В. Сітовський, І.С. Козачук // Автомобільний транспорт : сб. науч. тр. – Харьков : ХНАДУ. – 2005. – Вып. 16. – С. 276–278.
4. Богомолов В.А. Особенности конструкции экспериментальной установки для проведения исследований газового двигателя 6Ч 13/14 с искровым зажиганием / В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло и др. // Вестник ХНАДУ : сб. науч. тр. – Харьков : ХНАДУ. – 2007. – № 37. – С. 43–47.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 июня 2011 г.