

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ПРОВЕДЕНИЯ УСКОРЕННЫХ РЕЗОНАНСНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ КЛАПАННЫХ ПРУЖИН ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В. В. Бирюк,
А. А. Горшкалев,
М. О. Захаров,
В. Л. Ларин

Самарский университет

ул. Московское шоссе, д. 34,
г. Самара, 443086

mzakharob95@gmail.com

На основании имеющихся теоретических выкладок и методик определения собственных частот была разработана и апробирована методика определения собственных частот клапанных пружин двигателей внутреннего сгорания. В ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты: разработана методика по определению собственных частот клапанных пружин двигателя внутреннего сгорания, проведено экспериментальное исследование по определению собственных частот двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания; пружины клапанные; частота собственная; испытательная установка*

1 Введение

Мировые тенденции развития двигателестроения требуют ускорения процесса разработки, испытаний и производства двигателей. Внедрение ускоренных резонансных испытаний способствует сокращению времени на проведение испытаний, в сравнении с традиционными методами, а также позволяет сократить экономические затраты. Одним из важных этапов проведения ускоренных резонансных испытаний является определение собственных частот исследуемого объекта.

Как известно газораспределительный механизм двигателя внутреннего сгорания оснащён клапанными пружинами, обеспечивающими открытие и закрытие впускных и выпускных клапанов. В зависимости от конструкции двигателя, в нём может одновременно находиться разное количество пружин. В рамках настоящей работы объектом исследований являются клапанные пружины восьмиклапанного, четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания. К каждому из клапанов конструкционно относится по одной

пружине. Всего в газораспределительном механизме насчитывается 8 клапанных пружин.

В основе работы лежит экспериментальное исследование собственных (резонансных) частот клапанных пружин двигателей внутреннего сгорания [1].

Процедуру проведения резонансных испытаний клапанных пружин по предлагаемой методике можно разделить на два этапа:

1. Определение резонансных (собственных) частот клапанных пружин.

2. Проведение ускоренных резонансных испытаний клапанных пружин на надёжность на выявленных частотах.

Резонансные (собственные) частоты клапанных пружин определяются по средствам имитации реальных условий работы газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания на безмоторном стенде испытаний головок блоков цилиндров. Определение резонансных (собственных) частот производилось с помощью измерительного оборудования фирмы «Брюль и Кьер» на безмоторном стенде испытания головок блока цилиндров.

2 Определение собственных частот клапанных пружин двигателя внутреннего сгорания

Определение резонансных режимов работы клапанных пружин и их собственных частот производится на безмоторном стенде испытания головок блока цилиндров при плавном разгоне распределительного вала головки блока цилиндров во всем рабочем диапазоне частот двигателя (для большинства двигателей от 30 до 200 Гц). При использовании данного метода, в процессе измерений, по средствам акселерометра, определяется зависимость виброускорения (m/s^2 или g) от частоты вращения коленчатого вала (об/мин или Гц). После анализа результатов измерений, по полученным зависимостям определяются резонансные режимы работы (собственные частоты) клапанных пружин. Критерием назначения резонансного режима служит двух и более кратное скачкообразное возрастание среднеквадратичного значения (амплитуды) виброускорений на исследуемой частоте [3].

Испытательный стенд состоит из станины, на которую устанавливается головка блока цилиндров в сборе, электродвигателя, который приводит в движение распределительный вал головки блока цилиндров, пульта управления электродвигателем, системы подогрева смазывающего масла, для обеспечения температурного режима, измерительных датчиков и регистрирующей аппаратуры. Внешний вид испытательного стенда представлен на рисунке 1.

Схема измерительной цепи и подключения измерительных приборов представлена на рисунке 2.



Рисунок 1. Внешний вид испытательного стенда

Схема проведения измерений



Рисунок 2. Внешний вид измерительной цепи

Методика определения резонансных режимов работы и проведения ускоренных резонансных испытаний клапанных пружин заключается в следующем:

1. Установить головку блока цилиндров с испытуемыми пружинами на безмоторный стенд испытания головок блока цилиндров.

2. Установить контрольный датчик (акселерометр типа 4371 фирмы «Брюль и Кьер») на корпус головки блока цилиндров. Подключить акселерометр через конвертор сигнала к виброанализатору (типа 3660С фирмы «Брюль и Кьер»).

3. Установить оптический тахометр (типа 2981 фирмы «Брюль и Кьер») для определения частоты вращения распределительного вала. На шкив распределительного вала устанавливается метка для считывания показателей скорости вращения вала оптическим тахометром. Подключить оптический тахометр к виброанализатору (типа 3660С фирмы «Брюль и Кьер»).

4. Подключить виброанализатор (типа 3660С фирмы «Брюль и Кьер») к персональному компьютеру с предустановленным программным обеспечением PULSEREFLEX.

5. Установить диапазон скоростей вращения распределительного вала на безмоторном стенде в соответствии с диапазоном скорости вращения распределительного вала соответствующего двигателя на стойке управления стендом (с помощью цифрового тахометра ВЕХА-Т).

6. Имитация рабочих условий для объекта испытаний производится с помощью нагревательных элементов, входящих в состав безмоторного стенда испытания головок блока цилиндров для поддержания рабочей температуры масла в заданном диапазоне. Измерение температуры смазывающего масла производится с помощью термопары ДТПЛ 054.

7. Замеры производятся при плавном разгоне распределительного вала от минимальных оборотов до максимальных в течение 200 секунд, при этом фиксируется частота, максимальное среднеквадратичное значение (СКЗ) виброускорений на данной частоте и общий уровень СКЗ виброускорений на каждом резонансном режиме.

8. Измерения выполняются в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Обозначение направлений:

- Z - вертикальное.
- Y - поперечное;
- X - продольное.

9. Расчёт длительности ускоренных испытаний клапанных пружин на надёжность производится в соответствии с методом Вёллера. Для деталей из металлов обязательным условием безотказной работы является работа без поломок на резонансном режиме с минимальным количеством 107 циклов. Длительность проведения испытаний на резонансных режимах рассчитывается исходя из материала изделия и частоты резонансного режима [2, 3].

Формула для расчета продолжительности проведения испытаний, ч:

$$t_{\text{ч}} = \frac{10^7}{v \cdot 3600}$$

где v – резонансная частота в Гц.

9. В ходе проведения ускоренных испытаний клапанных пружин на надёжность на безмоторном стенде рекомендуется производить мониторинг отслеживания состояния объектов испытания не менее 1 раза за 4 часа наработки или чаще (при необходимости). При этом контроль состояния клапанных пружин осуществляется отслеживанием резонансного режима работы, а также общего уровня СКЗ виброускорений. При необходимости осуществляется корректировка резонансного режима работы.

10. Свидетельством начала разрушения клапанных пружин во время испытаний является сдвиг резонансной частоты в область низких частот с последующим падением уровня виброускорений на резонансной частоте и общего СКЗ виброускорений в спектре 0-200 Гц.

Критерием выбора режима для проведения испытаний является наличие собственной (резонансной) частоты, величина которой превышает 10 м/с² и попадающей в рабочий диапазон исследуемого двигателя внутреннего сгорания.

Максимальная частота вращения коленчатого вала исследуемого двигателя внутреннего сгорания 5800 об/мин

коленчатого вала, чему соответствует 2900 об/мин вращения распределительного вала.

3 Результаты определения собственных частот клапанных пружин двигателя внутреннего сгорания

Полученные в ходе определения собственных частот клапанных пружин двигателя внутреннего сгорания результаты были обработаны в программном обеспечении PULSEREFLEX [4]. Внешний вид полученных результатов представлен на рисунках 3 и 4.

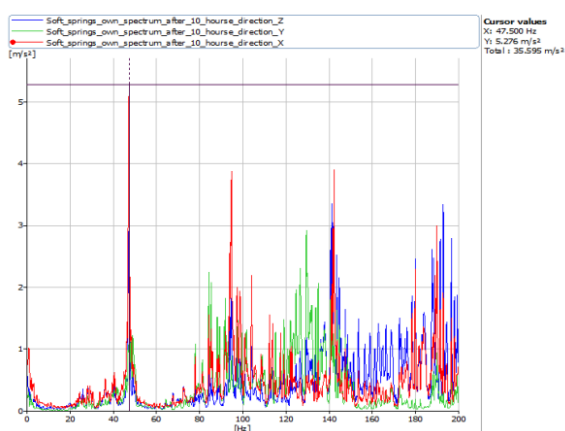


Рисунок 3. Внешний вид виброускорения в спектре (м/с^2) клапанных пружин в зависимости от частоты (Гц)

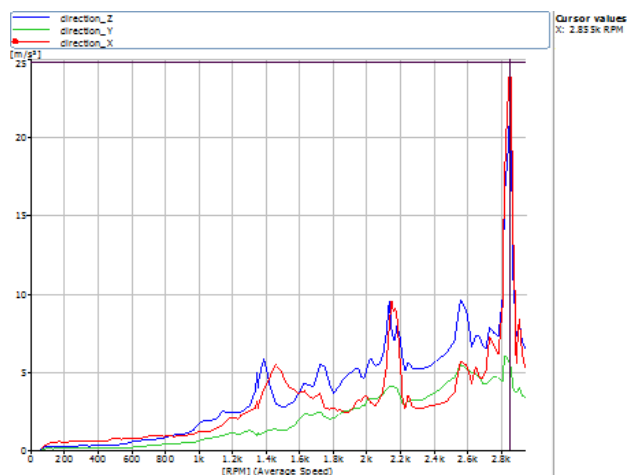


Рисунок 4. Внешний вид виброускорения (м/с^2) клапанных пружин в зависимости от частоты вращения распределительного вала (об/мин)

Исходя из полученной зависимости был определен режим проведения ускоренных резонансных испытаний. При частоте

вращения распределительного вала 2853 об/мин (47,5 Гц) наблюдается возникновение резонансного режима работы клапанных пружин всех трех направлениях X, Y, Z.

4 Заключение

В данной работе представлены результаты разработки и апробирования методики определения резонансных частот работы клапанных пружин двигателя внутреннего сгорания. Для исследуемого четырехтактного восьмиклапанного двигателя внутреннего сгорания с рабочим диапазоном от 0 до 5800 обмин было проведено определение собственных (резонансных) частот клапанных по предлагаемой методике. Для исследуемых клапанных пружин величина собственной частоты составила 47,5 Гц или 2853 об/мин. Для подтверждения полученных результатов и апробирования методики проведения ускоренных резонансных испытаний на надежность необходимо проведение дополнительных исследования.

Список использованных источников

- [1] Ричард Бейкер Введение в теорию виброиспытаний. Ling Dynamics Systems, 2014. – 44 с.
- [2] Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. С. 479—483.
- [3] Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. - М.: Машиностроение, 2000. - 344 с.
- [4] Brüel & Kjær Pulsereflex software manual. Brüel & Kjær, 2017. – 151 с.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING EIGENFREQUENCIES AND CARRYING OUT ACCELERATED RESONANCE TESTS FOR RELIABILITY OF VALVE SPRINGS OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**Biryuk V.V.,
Gorshkalev A.A.,
Zakharov M.O.,
Larin V. L.**

Samara National Research University

34, Moskovskoe shosse, Samara,
443086, Russian Federation

mzakharob95@gmail.com

Based on the available theoretical calculations and methods for determining natural frequencies, a method for determining the natural frequencies of valve springs of internal combustion engines was developed and tested. In the course of this work, the following results were obtained: a method was developed for determining the natural frequencies of the valve springs of an internal combustion engine, an experimental study was carried out to determine the natural frequencies of an internal combustion engine.

Keywords: *Internal combustion engine; valve springs; natural frequency; test rig*

References

- [1] Richard Baker Introduction to vibration test theory. Ling Dynamics Systems, 2014 .- 44 p.
- [2] Feodosiev V.I. Resistance of materials. - M .: Publishing house of MSTU n. N. E. Bauman, 1999. - 479-483 p.
- [3] Goldin A.S. Vibration of rotary machines. - M .: Mashinostroenie, 2000 .- 344 p.
- [4] Brüel & Kjær Pulsereflex software manual. Brüel & Kjær, 2017. – 151 p.