

УДК 629.083

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Полянский А.С., д.т.н., профессор

Молодан А.А., ассистент

Плетнёв В.Н., аспирант\*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

**Аннотация** - предложена методика оценки качества капитального ремонта цилиндропоршневой группы в зависимости от достигнутой погрешности геометрической формы деталей. Методика позволяет прогнозировать показатели надежности отремонтированных двигателей КамАЗ-740 в начальный период эксплуатации.

**Ключевые слова** - цилиндропоршневая группа, погрешность геометрической формы, качество капитального ремонта.

*Постановка проблемы.* Качество изготовления машины характеризуется соответствием рабочим чертежам действительных размеров, геометрической формы поверхностей деталей, взаимного расположения этих поверхностей в сопряжениях деталей и сборочных единиц, физико-механических свойств материалов, шероховатости поверхностей и других параметров.

Между показателями качества и эксплуатационными свойствами машины существует корреляционная связь, которая обуславливает эффективность использования машин, их агрегатов, систем.

*Анализ основных исследований и публикаций.* Обзор литературы [1-3] показал, что в начальный период эксплуатации появляются скрытые заводские дефекты, обусловленные качеством выполнения технологических операций изготовления или ремонта машины. Отсутствие исследований, устанавливающих зависимость показателей надёжности машин от качества отремонтированных машин и их агрегатов (например, достигнутой погрешности геометрической формы деталей и других показателей), снижает точность прогнозирования надёжности машин и эффективности их использования.

*Формулировка целей статьи.* Целью исследования является прогнозирование надежности элементов цилиндропоршневой группы (ЦПГ) дизельного двигателя по показателям качества ремонта (на примере

---

© д.т.н., профессор А.С. Полянский, ассистент А.А. Молодан, аспирант В.Н. Плетнев

\* Научный руководитель - д.т.н., профессор Полянский А.С.

погрешности геометрической формы деталей) методом аппроксимации статистических данных [1].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- Выполнить обработку статистических данных количества «картерных» газов, являющихся диагностическим показателем качества ремонта ЦПГ;

- Оценить степень влияния качества ремонта деталей ЦПГ на допустимые и предельные отклонения параметров технического состояния машин и их агрегатов в начальный период эксплуатации.

*Основная часть.* Регрессионная модель связи между параметрами качества ремонта и надёжности в начальный период эксплуатации будет иметь вид

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x.$$

Исходной информацией служат результаты экспериментальных исследований, проводимых на протяжении 7-ми лет на автомобильно-ремонтных заводах Харьковской и Донецкой областей. В качестве исследуемых изделий послужили дизельные двигатели КамАЗ-740.10, в количестве 26 штук, при минимальном объеме выборки 24 шт., в которых диагностировалась цилиндропоршневая группа по следующим параметрам: оценка количества «картерных» газов, зазор в сопряжении «гильза-поршень», зазор в замке компрессионного кольца, торцевой зазор компрессионного кольца (табл. 1).

Допущение при проведении исследования: Микрометраж проводился только на двигателях, поступивших в капитальный ремонт. На отремонтированных двигателях зазоры в сопряжениях принимались равными техническим условиям на капитальный ремонт двигателей.

Наиболее достоверным для прогнозирования технического состояния ЦПГ, является количество «картерных» газов в картере двигателя [4].

Таблица 1 – Результаты диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя КамАЗ-740.10

№ п/п	Кол-во картерных газов, л/мин	Зазор в сопряжении «гильза-поршень», мм	Зазор в замке компрессионного кольца, мм	Торцевой зазор компрессионного кольца, мм
1	64	0,39	1,0	0,14
2	59,2	0,37	0,9	0,15
3	33,6	0,19	0,65	0,13
4	37,2	0,25	0,65	0,14
5	36	0,27	0,6	0,16

6	39,6	0,12	0,65	0,13
7	86,3	0,27	0,8	0,16
8	72,1	0,26	0,9	0,21
9	76,8	0,28	1,1	0,19
10	71,8	0,21	1,0	0,24
11	55,8	0,14	0,85	0,20
12	68,9	0,25	0,95	0,18
13	78,1	0,24	1,1	0,24
14	88,3	0,24	1,0	0,26
15	55,4	0,20	0,8	0,22
16	59,9	0,15	0,85	0,19
17	51,0	0,26	0,85	0,22
18	62,6	0,14	1,0	0,21
19	56,9	0,12	0,85	0,20
20	77,8	0,19	1,05	0,24
21	90,2	0,31	1,1	0,23
22	92,6	0,24	1,2	0,25
23	47,4	0,16	0,8	0,19
24	51,2	0,14	0,9	0,19
25	58,5	0,12	0,9	0,21
26	69,7	0,14	0,9	0,22

По результатам экспериментальных исследований (таблица 1) получили зависимости (рис. 1,2,3).

1) количество «картерных» газов – зазор в сопряжении «гильза-поршень» аппроксимируется уравнением:

$$y = 227,43x + 72,38x^2, \quad (1)$$

2) количество «картерных» газов – зазор в замке компрессионного кольца аппроксимируется уравнением:

$$y = 8,41x + 63,54x^2, \quad (2)$$

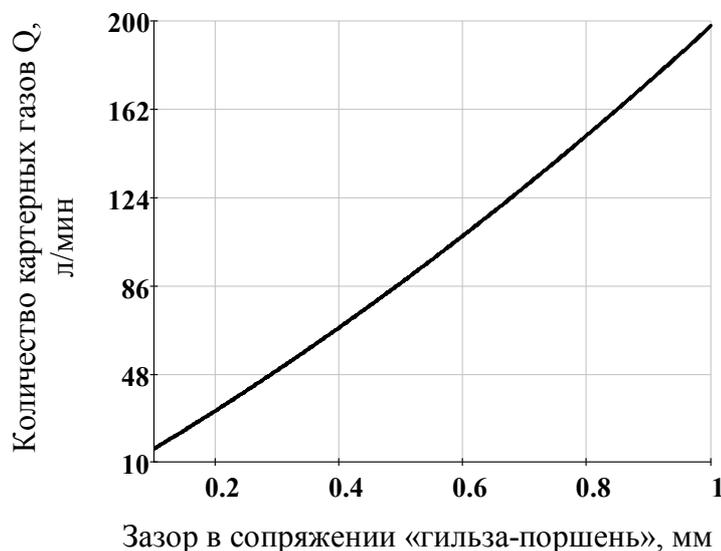


Рис. 1. Влияние зазора в сопряжении «гильза-поршень» на количество картерных газов

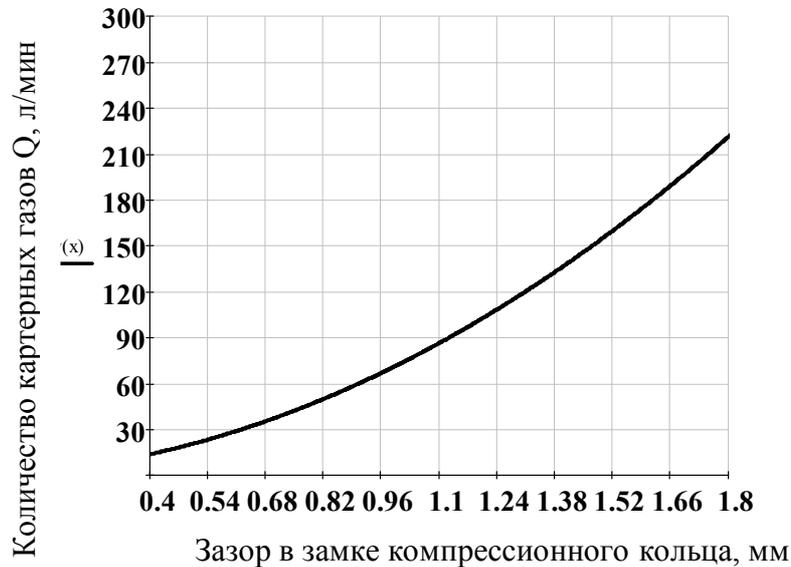


Рис. 2. Влияние зазора в замке поршневого кольца на количество картерных газов

3) Количество «картерных» газов – зазор в сопряжении «гильза-поршень» аппроксимируется уравнением

$$y = -412,35x + 2,6 \cdot 10^3 x^2. \quad (3)$$

4) Влияние зазора в сопряжении «гильза-поршень» на количество картерных газов (рис. 3)

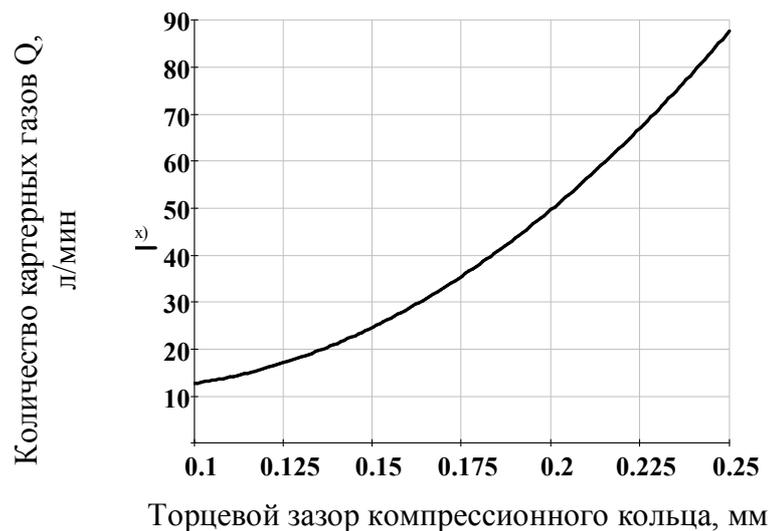


Рис. 3. Влияние зазора в сопряжении «гильза-поршень» на количество картерных газов

Для оценки ресурса использованы показатели:  $T_{cp}$  – средний ресурс;  $\nu$  – коэффициент вариации ресурса;  $t_K$  – наработка элемента от начала

эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до контроля;  $t_M$  – наработка между одноименными видами технического обслуживания;  $\Pi(t_K)$  – значение параметра при наработке  $t_K$ ;  $U(t) = \Pi(t) - \Pi_n$  – изменение параметра при  $t = t_K$ ,  $U(t) - U(t_K)$ ,  $U_{\Pi} = (\Pi_{\Pi} - \Pi_n) - \Delta\Pi$  – предельное отклонение параметра технического состояния, где  $\Delta\Pi$  – изменение параметра технического состояния за период наработки;  $\Pi_n$  – номинальное значение параметра,  $\Pi_{\Pi}$  – предельное значение параметра.  $\Pi_n$  и  $\Pi_{\Pi}$  устанавливаются отраслевой нормативно-технической документацией.

$\sigma_z$  – среднее квадратическое отклонение фактического изменения параметра от аппроксимирующей степенной функции.

В качестве аппроксимирующей степенной функции, выражающей изменение параметра  $U(t)$ , использовалась зависимость

$$U(t) = v_c t^{\alpha} + \Delta\Pi \quad (4)$$

где  $v_c$  – коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра технического состояния;

$\alpha$  – показатель степени функции, аппроксимирующей изменение параметра  $U(t)$ .

Исходные данные для оценки ресурса:  $U_{ij}(t)$ ,  $U_{ij-1}(t), \dots, U_{im}$  – фактические отклонения, где  $i = 1, 2, \dots, n$ , – номер одноименной составной части;  $j = 1, 2, \dots, m$  – номер изменения параметра каждой  $i$ -й составной части;  $t_{i,j}, t_{i,j-1}, \dots, t_{im}$  – наработка, при которой измеряют параметр.

$\Delta\Pi$  и  $\alpha$  определили в такой последовательности.

Записывается статистический ряд отклонений параметра  $U_{ij}(t)$  и наработки  $t_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), где  $n$  – число испытываемых элементов.

По точкам с координатами  $U_{1L} = U_L - \Delta\Pi$  методом наименьших квадратов находим показатель степени по формуле

$$\alpha = \frac{\sum_{L=1}^k (x_L - m_x)(y_L - m_y)}{\left[ \sum_{L=1}^k (x_L - m_x)^2 \right]},$$

где

$$x_L = \lg t_L; m_x = \frac{\sum_{L=1}^k x_L}{k};$$

$$y_L = \lg U_{1L}; m_y = \frac{\sum_{L=1}^k U_{1L}}{k}.$$

Для определения ресурса деталей агрегата необходимы исходные данные  $P_{II}$ ,  $P_n$ ,  $\alpha$ ,  $\Delta P$ ,  $\sigma_z$ ,  $P(t_K)$ ,  $A$ ,  $C$ ,  $t_K$ . В соответствии с ГОСТ 21571-76 (при  $\sigma_z \leq 0,5$ ) ресурс вычисляется по формуле:

$$t_{OCT} = t_K \left[ \left( \frac{U_{II}}{U_1(t_K)} \right)^{1/\alpha} - 1 \right],$$

где  $U_1(t_K) = |P(t_K) - P_n| \Delta P$  – изменение параметра технического состояния с учетом приработки на момент контроля;  
 $P(t_K)$  – показание диагностического прибора.

Используя статистические данные, получено поле корреляции и уравнение регрессии  $y = 219,61 - 246x$ .

Графическая иллюстрация зависимости представлена на рис.4.

*Выводы.*

1. Установлена взаимосвязь показателей качества цилиндропоршневой группы от погрешности геометрической формы деталей ЦПГ двигателя КамАЗ-740. Получены уравнения регрессии.
2. Полученные зависимости позволяют прогнозировать показатели надежности отремонтированных двигателей КамАЗ-740 в начальный период эксплуатации.

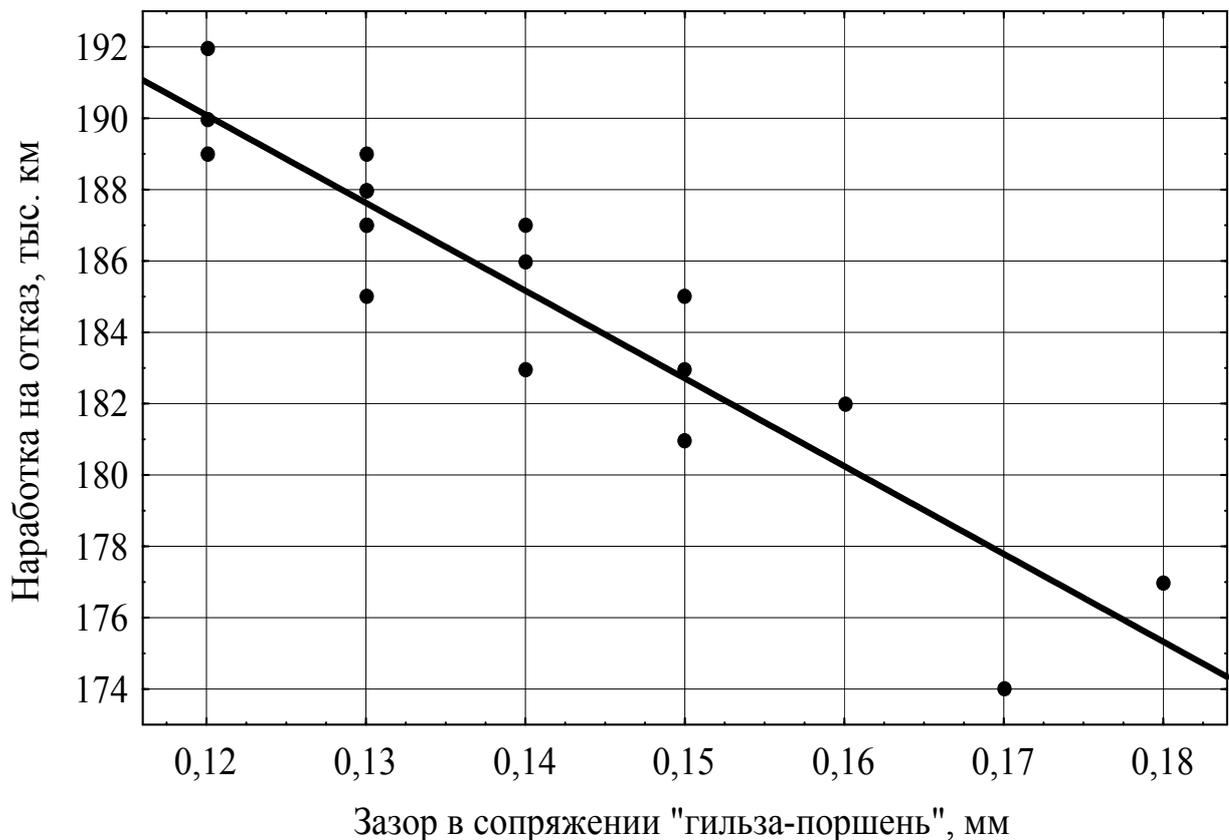


Рис.4. Влияние точности изготовления размеров сопряжения «гильза-поршень» на его безотказность в начальный период эксплуатации

## Литература.

1. *Лукомский Я.И.* Теория корреляции и ее применение к анализу производства / Я.И. Лукомский – М.: Госстатиздат, 1958.
2. *Прейсман В.И.* Основы надежности сельскохозяйственной техники: 2-е изд., доп. и перераб./ В.И. Прейсман – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 247с.
3. Надежность машин: учеб. пособие / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев // Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.
4. Совершенствование средств диагностирования цилиндропоршневой группы дизельного двигателя/А.С. Полянський, В.М. Третяк, А.А. Молодан, А.С. Жижирий // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. - Вип 51, 2007.- С.55-63.

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА**

Полянський О.С., Молодан А.А., Плетнев В.Н.

### *Анотація*

Запропонована методика оцінки якості капітального ремонту циліндропоршнєвої групи залежно від досягнутої погрішності геометричної форми деталей. Методика дозволяє прогнозувати показники надійності відремонтованих двигунів КамАЗ-740 в початковий період експлуатації.

## **THE QUALITY OF REPAIR OF THE CYLINDER DIESEL ENGINE IS FORECASTING**

A. Polyanskiy, A. Molodan , V. Pletnev

### *Summary*

A method of assessing the quality of repair of the cylinder groups depending on the error reached a geometric shape parts suggested. The method allows to predict the reliability of the repaired engine KamAZ-740 in the initial period of operation.