

METHOD FOR CALCULATING THE DEPENDENCE OF CAVITATION PHENOMENA ON THE AVERAGE EFFECTIVE PRESSURE AND ENGINE SPEED OF THE CRANKSHAFT, THE LIFE OF THE SHELLS FROM THE CONDITION OF THEIR CAVITATION FAILURE

**Arabyan A.K.¹, Mamoshin A.I.², Streltsov R.V.³, Dubina S.D.⁴ (Russian Federation)
Email: Arabyan544@scientifictext.ru**

¹Arabyan Ararat Kugasovich – Cadet;

²Mamoshin Alexander Igorevich – Cadet,
FACULTY OF TECHNICAL SUPPORT;

³Streltsov Roman Vyacheslavovich – PhD in Pedagogical Sciences, Senior Lecturer;

⁴Dubina Sergey Dmitrievich – Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF AUTO ARMORED ENGINEERING,
PERM MILITARY INSTITUTE OF THE TROOPS OF THE NATIONAL GUARD OF RUSSIA,
PERM

Abstract: in the article the technique of calculation of cavitation damages arising in diesel internal combustion engines during its forcing is presented, as well as the technique of determining the life of shells from the condition of their cavitation destruction. The dependence of the work of the sleeve before its destruction depending on cavitation damages, as well as the dependence of the coefficients characterizing the maximum permissible fracture of the wall thickness of the liner and the actual failure at any temperature of the cooling liquid, are revealed and shown.

Keywords: cavitation damages, engine, calculation technique, cooled liquid.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЗАВИСИМОСТИ КАВИТАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ОТ СРЕДНЕГО ЭФФЕКТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, РЕСУРСА ГИЛЬЗ ИЗ УСЛОВИЯ ИХ КАВИТАЦИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

**Арабян А.К.¹, Мамошин А.И.², Стрельцов Р.В.³, Дубина С.Д.⁴
(Российская Федерация)**

¹Арабян Арарат Кугасович – курсант;

²Мамошин Александр Игоревич – курсант,
факультет технического обеспечения;

³Стрельцов Роман Вячеславович – кандидат педагогических наук, старший преподаватель;

⁴Дубина Сергей Дмитриевич – старший преподаватель,
кафедра конструкций автобронетанковой техники,
Пермский военный институт войск национальной гвардии России,
г. Пермь

Аннотация: в статье представлена методика проведения расчета кавитационных разрушений, возникающих в дизельных двигателях внутреннего сгорания при его форсировании, а также методика определения ресурса гильз из условия их кавитационного разрушения. Выявлена и показана зависимость работы гильзы до ее разрушения в зависимости от кавитационных разрушений, а также зависимости коэффициентов, характеризующих предельно допустимые разрушения толщины стенки гильзы и действительное разрушение при любой температуре охлаждающей жидкости.

Ключевые слова: кавитационные разрушения, двигатель, методика расчета, охлаждаемая жидкость.

Форсирование дизелей по среднему эффективному давлению и частоте вращения является главным путём увеличения агрегатной мощности. Вследствие этого возрастают вибрации стенок цилиндров и блоков, что интенсифицирует кавитационные процессы в полостях охлаждения и сокращает предельное время работы гильз и блоков до замены по причине кавитационных разрушений. При форсировании дизелей частота свободных колебаний конструкции не изменяется. Увеличивается амплитуда колебаний деталей на этих частях, так как частота колебания прямо связана и с частотой вращения коленчатого вала и со средним эффективным давлением. В итоге резко возрастают ускорения колебаний поверхностей, охлаждаемых жидкостью, прогрессируют кавитационные разрушения [1, с. 38].

На рисунке 1 показана зависимость изменения параметров ускорения предельного времени работы гильзы до замены по причине кавитационных разрушений.

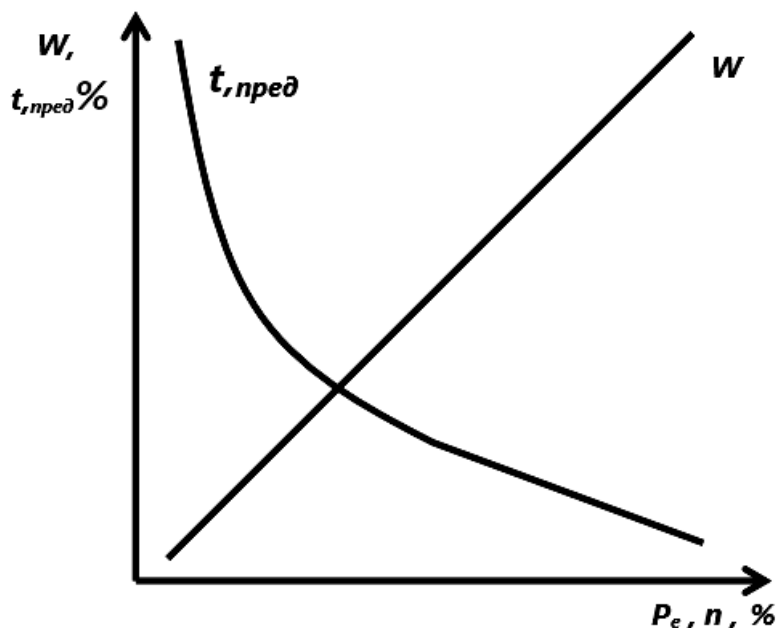


Рис. 1. Изменение параметров ускорения предельного времени работы гильз до замены по причине кавитационных разрушений

Следовательно, для сохранения или увеличения сроков службы полостей охлаждения при форсировании дизелей необходимо вводить конструктивные и технологические мероприятия.

Методика определения ресурса гильз из условия их кавитационного разрушения. Расчёт частоты свободных колебаний гильз цилиндров производят в трёх вариантах в последовательности, изложенной ниже.

Обозначим:

p_1 - количество цилиндрических волн;

t - количество аксиальных полуволн, выбранных в следующих комбинациях:

$p_1 = 2, t = 1$

$p_1 = 3, t = 1$

$p_1 = 2, t = 2$

Коэффициент длины аксиальной волны λ и коэффициент β определяют по формулам:

$$\lambda = \pi a t / l \quad (1)$$

$$\beta = \frac{h^2}{12a^2} \quad (2)$$

где a - средний радиус гильзы, м;

l - длина гильзы, м;

h - толщина стенки гильзы, м.

Затем определяют частотные коэффициенты с учётом численных значений коэффициентов λ и β , рассчитанные по формулам (1) и (2).

$$K_0 = 0.5(1 - \sigma)^2 \cdot (1 + \sigma)\lambda^2 + 0.5(1 - \sigma) \cdot \beta[(\lambda^2 + n_1^2) - 8\lambda^2 n_1^4 - -2n_1^6 + n_1^4] \quad (3)$$

$$K_1 = 0.5(1 - \sigma) \cdot (\lambda^2 + n_1^2) + 0.5(3 - \sigma - 2\sigma^2)\lambda^2 + 0.5(1 - \sigma)n_1^2 + +0.5(3 - \sigma)\beta(\lambda^2 + n_1^2)^3 \quad (4)$$

$$K_2 = 1 + 0.5(3 - \sigma)(\lambda^2 + n_1^2) \quad (5)$$

Подставляя в формулу (6) значения уравнений (3-5) определяют среднюю величину частотного коэффициента Δ

$$\Delta = \frac{K_0}{K_1} + \frac{K_2}{K_1} \cdot \left(\frac{K_0}{K_1}\right)^2 \quad (6)$$

и частоту свободных колебаний гильзы цилиндра $f_{св}$

$$f_{св} = \sqrt{\frac{E\Delta}{[\rho(1-\sigma^2)]}} / 2\pi a, \text{ Гц} \quad (7)$$

Амплитуду свободных колебаний A с частотой $f_{св}$ определяют по формуле

$$A = 5.4 \frac{p_e \cdot F_{п} \cdot \lambda^t \cdot \tau}{\omega_{св}^2 \cdot \pi^2 \cdot a \cdot l \cdot h_B \cdot \rho \cdot T} \sin \frac{m \cdot \pi \cdot c_1}{l}, \text{ м} \quad (8)$$

где σ - коэффициент Пуассона;

ρ - плотность материала гильзы, кг/м³;

E - модуль Юнга, МПа;

p_e - среднее эффективное давление, МПа;

F_n - площадь поршня, м²;

λ' - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна. $\lambda' = \frac{R}{L_{ш}}$

τ - период колебания гильзы, с. $\tau = 1/f_{св}$;

$\omega_{св}$ - угловая скорость, 1/с. $\omega_{св} = 2\pi f_{св}$

T - время возрастания бокового давления от нуля до N_{max} , с. $T = \varphi/6\pi$ с;

φ - угол поворота коленчатого вала от положения в в.м.т., которому соответствует максимальное значение нормальной силы, рисунок 2. Обычно $\varphi = 15 - 30^\circ$;

n - частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

c_1 - расстояние от верхней кромки гильзы цилиндра до оси поршневого пальца при положении поршня, соответствующему повороту коленчатого вала на угол φ , $c_1 = c_0 + X$;

c_0 - расстояние между верхней кромкой втулки и осью поршневого пальца при положении поршня в в.м.т., м;

X - расстояние, пройденное поршнем от положения в.м.т. при повороте коленчатого вала на угол φ (с достигнутой точностью), м. $X = 0,5S(1 - \cos\varphi)$ м;

S - ход поршня, м.

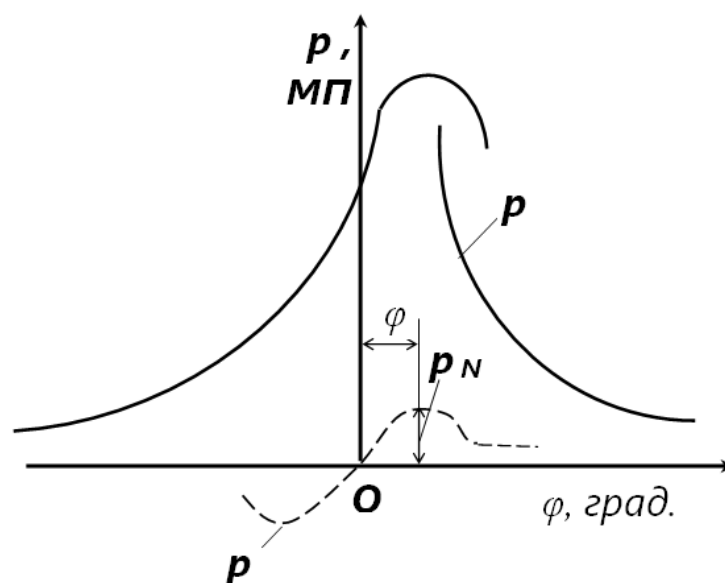


Рис. 2. Диаграмма давления газов $p_{свз}$ и бокового давления поршня P_N

Ускорение колебательного движения гильзы ω_p , м/с², определяю по формуле:

$$\omega_p = A \cdot \omega_{св}^2 \quad (9)$$

затем переводят в безразмерную величину S_c

$$S_c = \omega_p/g \quad (10)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с².

Из трёх значений S_c для дальнейшего расчёта выбирают наибольшее значение, т.е. дальше расчёт ведут для наиболее тяжёлых условий колебаний гильзы [2, с. 58].

Предельно допустимое время работы гильзы $t_{пред}$ определяют по формуле

$$t_{пред} = 1,45 \sqrt{\frac{500D_n l \xi \pi}{S_0 I S_c \left[0,6 - \frac{10}{(S_c - 15)^2} \right]}} \cdot t_0, \text{ ч} \quad (11)$$

где D_n - наружный диаметр гильзы, м;

S_0 - площадь, принятая за единицу площади предельно допустимых разрушений, м². $S_0 = 10^{-4}$ м²;

ξ - коэффициент, характеризующий предельно допустимые разрушения как функцию толщины стенки гильзы, который выбирают по рисунку 3;

I - коэффициент, характеризующий действительное разрушение при любой температуре охлаждающей жидкости по отношению к температуре 75 - 80°C, при которой $I = 1$, выбирают по рисунку 4;

t_0 - время работы гильзы, принятое за нулевой порог, при котором начинаются кавитационные разрушения, $t_0 = 1$ ч.

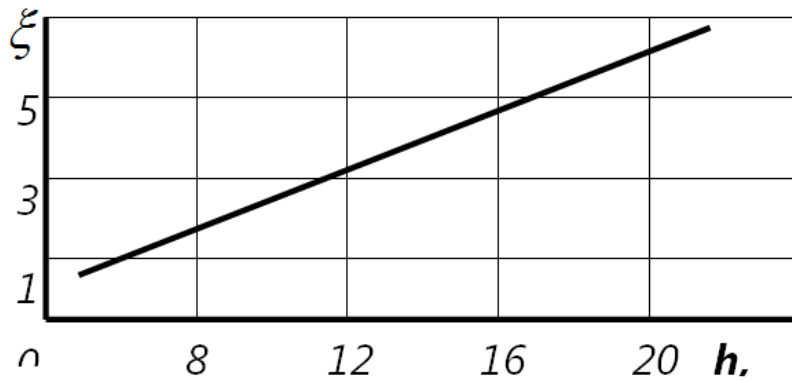


Рис. 3. Зависимость коэффициента ξ от толщины гильз

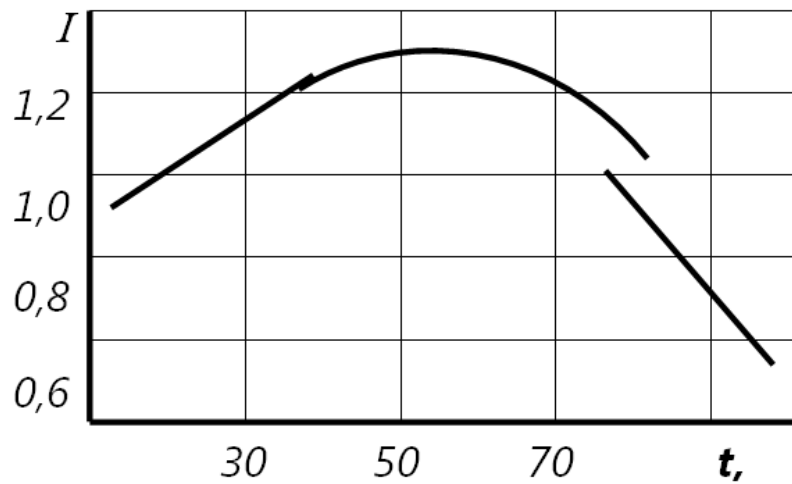


Рис. 4. Зависимость коэффициента I от температуры охлаждающей жидкости $t^{\circ}\text{C}$

Предельно допустимым кавитационным разрушением гильзы является такое разрушение, при котором гильза разрушается в полости качания шатуна на 0,75 ее толщины [3, с. 103]. После этого она подлежит замене, так как дальнейшая её работа может привести к аварии из-за трещин по местам кавитационных разрушений.

Список литературы / References

1. Белов П.М. Двигатели армейских машин. Часть вторая. Конструкция и расчет. М.: Воениздат, 1972. 512 с.
2. Иванченко Н.Н., Скуридин А.А., Никитин М.Д. Кавитационные разрушения в дизелях. Л.: Машиностроение, 1970. 152 с.
3. Петриченко Р.М. Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания. Л.: Машиностроение, 1975. 224 с.