

УДК 621.43

**ВЛИЯНИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАСС ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ
МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ НА
СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

INFLUENCE OF ROTATING MASSES OF AUXILIARY
MECHANISMS AND ENGINE SYSTEMS ON THE NATURAL
FREQUENCIES OF TORSIONAL VIBRATIONS

Никишев А. А., нач. бюро,
Петрученко А. Н., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Предко А. В., ст. науч. сотр.,
ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный
завод» г. Минск, Республика Беларусь

A. Nikishev, Head Office,
A. Petruchenko, Ph. D. in Eng., Ass. Prof., Senior Researcher,
A. Predko, Senior Researcher,
OJSC «Minsk Motor Plant» Holding Mangement Company,
Minsk, Belarus

В работе рассмотрено влияние вращающихся масс газораспределительного механизма, системы смазывания, системы питания, механизма уравнивания сил инерции второго порядка возвратно-поступательно движущихся масс при определении собственных частот крутильных колебаний коленчатого вала 4-х цилиндрического дизельного двигателя 4ЧН11/12,5.

The work examines the influence of taking into account the rotating masses of the gas distribution mechanism, the lubrication system, the power system, the mechanism for balancing the second-order inertial forces of reciprocating moving masses when determining the natural frequencies of torsional vibrations of the crankshaft of a 4-cylinder diesel engine 4CHN11/12.5.

Ключевые слова: крутильные колебания, собственная частота, момент инерции, жесткость.

Keywords: torsional vibrations, natural frequency, moment of inertia, stiffness.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из первых этапов при расчете коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на крутильные колебания является определение собственных частот и относительных амплитуд колебаний, сосредоточенных на валу масс [1]. От точности математической модели зависит соответствие ее реальному двигателю.

Для построения расчетной математической модели крутильной системы необходимо выполнить приведение реальной колеблющейся системы двигателя к эквивалентной ей по кинетической и потенциальной энергии дискретной системе, представляющей собой невесомый стержень, обладающий упругими и демпфирующими свойствами, эквивалентными реальному коленчатому валу, на котором жестко закреплены диски, обладающие массовыми свойствами, эквивалентными реальным участкам коленчатого вала и подвижным деталям двигателя [2].

АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Математическая модель конкретного двигателя может представлять собой несколько вариантов дискретности, в частности, для двигателя 4ЧН11/12,5:

- детали кривошипно-шатунного механизма, шестерни коленчатого вала, шкив коленчатого вала и маховик (комплектация № 1, рис. 1, *a1, a2*);

- детали кривошипно-шатунного механизма, шестерни коленчатого вала, шестерня привода масляного насоса, вращающиеся детали масляного насоса, шкив коленчатого вала и маховик (комплектация № 2, рис. 1, *б1, б2*);

- детали кривошипно-шатунного механизма, шестерни коленчатого вала, шестерня привода масляного насоса, вращающиеся детали масляного насоса, шестерни привода газораспределительного механизма, распределительный вал, шестерня ТНВД, шкив коленчатого вала и маховик (комплектация № 3, рис. 1, *в1, в2*);

- детали кривошипно-шатунного механизма, шестерни коленчатого вала, шестерня привода масляного насоса, вращающиеся детали масляного насоса, шестерни привода газораспределительного механизма, распределительный вал, шестерня ТНВД, детали меха-

низма уравновешивания сил инерции, шкив коленчатого вала и маховик (комплектация № 4, рис. 1, *z1*, *z2*).

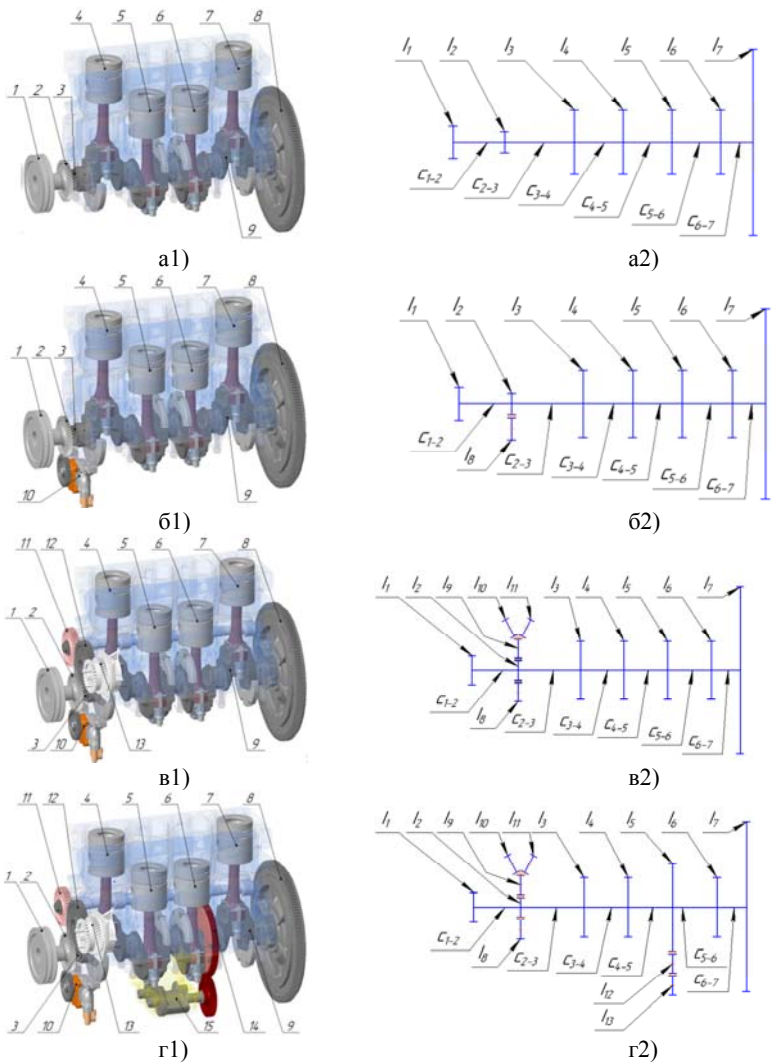


Рисунок 1 – Варианты дискретности модели крутильной системы двигателя:
a1–z1) реальные крутильные системы двигателя;
a2–z2) эквивалентные системы

ε_i – фазовый угол;

$\omega_{c,i}$ – частота собственных колебаний системы.

Ввиду сложности вычислений при определении собственных частот крутильных колебаний для многомассовых систем, решая дифференциальные уравнения (1) путем подстановки в него решений (2) и составления уравнения частот, на практике используют методы последовательных приближений. Одним из них является метод Толле, основанный на том, что при собственных колебаниях многомассовой системы сумма моментов сил упругости отдельных участков вала и моментов сил инерции, колеблющихся сосредоточенных масс системы равна нулю [5]:

$$\sum M_{уп} + \sum M_{ин} = 0. \quad (3)$$

Задаваясь частотой ω_c , принимая относительную амплитуду первой массы $a_1 = 1$ и подставляя соответствующие значения моментов инерции сосредоточенных масс и жесткостей участков, определяется значение суммы (3), которое при правильном подборе ω_c будет равно нулю.

Результаты определения частот первых трех форм собственных крутильных колебаний коленчатого вала двигателя 4ЧН11/12,5 методом Толле для различных вариантов комплектации представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты определения частот собственных колебаний коленчатого вала двигателя 4ЧН11/12,5 для различных вариантов комплектации

Вариант дискретизации системы	Частота собственных колебаний		
	Одноузловая	Двухузловая	Трехузловая
Комплектация №1	1884,1	3286,1	5705,5
Комплектация №2	1869,4	3278,9	5692,4
Комплектация №3	1843,6	3266,3	5664,3
Комплектация №4	1779,6	3091,3	4833,3

Как видно из табл. 1, вращающиеся массы вспомогательных механизмов и систем оказывают влияние на частоты собственных крутильных колебаний коленчатого вала. Уменьшение их величин для более точных моделей крутильных систем объясняется увеличением моментов инерции сосредоточенных на приведенном

валу масс при сохранении крутильных жесткостей. Пренебрежение при расчетах такими массами может привести к погрешности в определении критических частот вращения коленчатого вала двигателя, при которых возможно совпадение частот собственных крутильных колебаний с одной из гармоник вынуждающего момента (резонансу). Работа двигателя на таких режимах может привести к поломке коленчатого вала и выходу из строя всего двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яманин, А. И. Динамика поршневых двигателей: учеб. пособие / А. И. Яманин, А. В. Жаров. – М. : Машиностроение, 2003. – 464 с.
2. Маслов, Г. С. Расчеты колебаний валов / Справочное пособие // М. : Машиностроение, 1968 – 272 с.
3. Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей: учеб. / К. Г. Попык. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1970. – 328 с.
4. Чистяков, В. К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие для машиностроительных вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / В. К. Чистяков. – М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.
5. Железко, Б. Е. Основы теории и динамики автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов / Б. Е. Железко. – Минск : Выш. школа, 1980. – 304 с.

Представлено 01.06.2024