

Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3`2012

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

В номере

РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ганиев Р.Ф., академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Скопинский В.Н., д.т.н., проф. (МГИУ)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Овчинников В.В., д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Асташев В.К., д.т.н., проф. (Москва)

Беляков Г.П., д.э.н., проф. (Красноярск)

Бобровницкий Ю.И., д.ф.-м.н., проф. (Москва)

Вайсберг Л.А., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Горкунов Э.С., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

Григорян В.А., д.т.н., проф. (Москва)

Дроздов Ю.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Индейцев Д.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Колесников А.Г., д.т.н., проф. (Москва)

Кошелев О.С., д.т.н., проф. (Н. Новгород)

Лунев А.Н., д.т.н., проф. (Казань)

Махутов Н.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Пановко Г.Я., д.т.н., проф. (Москва)

Перминов М.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Петров А.П., д.т.н., проф. (Москва)

Полилов А.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Поникаров С.И., д.т.н., проф. (Казань)

Приходько В.М., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Резчиков А.Ф., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

Рототаев Д.А., д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)

Теряев Е.Д., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Федоров М.П., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Чаплыгин Ю.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Шляпин А.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Штриков Б.Л., д.т.н., проф. (Самара)

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МАШИН

В.В. Гусаров, С.В. Газиалиев

Улучшение уравниваемости одноцилиндрового двигателя путем подбора положения его центра масс..... 2

ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**В.И. Малыгин, Ф.В. Черепенин,
С.М. Сковпень, Н.В. Лобанов, Д.А. Ульяничев**

Способ программного управления подачами копировальных токарно-карусельных станков с асинхронным электроприводом.. 7

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

О.Ф. Трофимов

Прогнозирование усталостных повреждений материалов конструкций при стохастических режимах их нагружения 17

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

В.И. Бажанов, М.В. Марченков, А.В. Рябухин

Компьютерное моделирование возникновения газовой кавитации в вихревых устройствах..... 24

А.М. Локощенко, К.А. Агахи, Л.В. Фомин

Изгиб балки при ползучести с учетом поврежденности и разносопротивляемости материала 29

К.А. Палагута, А.А. Алексеев

Построение кинематической траектории движения автомобиля в экстремальных условиях 36

**В.Н. Скопинский, А.Н. Берков,
С.А. Гавренков, А.К. Фокин**

Параметрический анализ напряжений в трубопроводе с коническим отводом при нагружении моментом 44

Информация для авторов 49

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование»
проводится в Издательстве МГИУ

Тел.: (495) 620-39-92. E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс Роспечати 36942

Уважаемые читатели!

Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.

УЛУЧШЕНИЕ УРАВНОВЕШЕННОСТИ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ПОДБОРА ПОЛОЖЕНИЯ ЕГО ЦЕНТРА МАСС

В.В. Гусаров, С.В. Газиалиев

Приведен анализ неуравновешенности одноцилиндрового двигателя, связанной с возмущениями от действия момента сил инерции относительно центра масс силового агрегата. Показано, что в некоторых случаях этим моментом можно частично уравновесить реактивный крутящий момент двигателя. Разработана программа, позволяющая находить наилучшие координаты центра масс таких двигателей.

Ключевые слова: одноцилиндровый двигатель, уравновешенность двигателя, центр масс двигателя и силового агрегата.

Введение

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) схемы R1 достаточно распространены. Силовые агрегаты (СА) с подобными ДВС применяются в средствах малой механизации, мототехнике, малой энергетике и т.д. Главное достоинство таких двигателей – компактность и низкая стоимость, недостаток – плохая уравновешенность. Заметим, что неуравновешенными в ДВС являются силы и моменты, вызывающие переменные реакции на его опорах. Теоретически к ним относятся центробежная сила P_c от вращающихся масс (ВМ) кривошипно-шатунного механизма (КШМ), силы инерции 1-го P_{j1} и 2-го P_{j2} порядков от возвратно-поступательно движущихся масс (ВПДМ) КШМ, а также моменты этих сил: M_c , M_{j1} , M_{j2} относительно центра масс (ЦМ). Величина неуравновешенного момента определяется расстоянием от ЦМ СА (или той части СА, которая жестко связана с ДВС) до линии действия силы. Кроме того, здесь, как и во всех других типах ДВС, неуравновешен реактивный крутящий момент M_p [1].

Уравновешивание ДВС естественными способами

В технической литературе естественным уравновешиванием называют способы уравновешивания без применения балансир-

ных валов. Именно такой способ уравновешивания и рассматривается в данном случае.

На рис. 1 показаны действующие в ДВС схемы R1 силы и моменты. При этом

$$\begin{aligned}\vec{P}_{\Sigma j} &= \vec{P}_j + \vec{P}_c + \vec{P}_{пр}; \\ P_j &= P_{j1} + P_{j2}; \\ P_{j1} &= m r \omega^2 \cos \varphi, \\ P_{j2} &= m r \omega^2 \lambda \cos 2\varphi; P_c = m_{ВМ} r \omega^2; \\ P_{пр} &= m_{пр} r_{пр}; M_{\Sigma j} = P_{\Sigma j} c \sin (\mu + \alpha),\end{aligned}\quad (1)$$

где c – расстояние от центра КШМ (точки пересечения оси цилиндра и оси коленчатого вала) до ЦМ; φ – текущий угол поворота кривошипа; α – угол, характеризующий положение ЦМ; μ – текущий угол действия силы $P_{\Sigma j}$; r – радиус кривошипа; $m_{ВМ}$ – массы вращающихся деталей КШМ; m – ВПДМ; P_j – сила инерции ВПДМ; $m_{пр}$ – масса противовеса; $P_{\Sigma j}$ – результирующая сила инерции; $M_{\Sigma j}$ – момент результирующей силы инерции относительно ЦМ; $P_{пр}$ – центробежная сила противовеса; $r_{пр}$ – радиус центра масс противовеса; $m_{пр}$ – масса противовеса.

Отметим, что в соответствии с существующей практикой анализа схем КШМ ДВС одна часть массы шатуна приведена к массе $m_{ВМ}$, а другая – к массе m .

Достаточно просто уравновешивается центробежная сила P_c . Для этого необходимо выполнить условие

$$m_{\text{пр}} r_{\text{пр}} = m_{\text{БМ}} r. \quad (2)$$

При этом одновременно уравнивается и центробежный момент M_c . Современные конструкции одноцилиндровых ДВС имеют несколько большую массу противовеса, чем необходимо для уравнивания силы P_c :

$$m_{\text{пр}} r_{\text{пр}} = (m_{\text{БМ}} + 0,5m)r. \quad (3)$$

В этом случае возможно частичное уравнивание силы инерции P_{j1} . В работе [2] показано, что энергия действия возмущающих импульсов от действия силы инерции 1-го порядка уменьшается в этом случае в 2 раза.

Вид годографов безразмерной силы инерции P_{j1} до указанного уравнивания и после него показан на рис. 2. Для записи выражений сил в безразмерном виде принято:

$$\bar{P}_{j1} = \frac{P_{j1}}{mr\omega^2}; \quad \bar{P}_{j1\text{лп}} = \frac{P_{j1\text{лп}}}{mr\omega^2}; \quad \bar{P}_{\Sigma j} = \frac{P_{\Sigma j}}{mr\omega^2}. \quad (4)$$

Результирующая сила инерции $P_{\Sigma j}$ складывается из частично уравновешенной силы инерции 1-го порядка $P_{j1\text{лп}}$ (ее годограф – окружность на рис. 2, б) и полностью неуравновешенной силы инерции 2-го порядка. При этом $P_{j1\text{лп}} = P_{j1} + P_{\text{пр}} - P_c$.

Годограф силы $\bar{P}_{\Sigma j}$ показан на рис. 2, в. Эта сила, момент от нее (относительно ЦМ) $M_{\Sigma j}$, реактивный крутящий момент M_p и определяют итоговую неуравновешенность СА. Влияние смещений ЦМ a , b (см. рис. 1) на суммарный импульс возмущений от действия реактивного крутящего момента M_p и момента частично уравновешенных сил инерции $M_{\Sigma j}$ не однозначно. Эти смещения ЦМ относительно центра КШМ по-разному влияют на уравновешенность одноцилиндрового двигателя в зависимости от режимов работы и его конструктивных параметров. В некоторых случаях (как показано ниже) момент частично уравновешенных сил инерции ВПДМ может даже способствовать общему уравниванию ДВС за счет уменьшения импульса возмущений от действия реактивного крутящего момента. В технической литературе анализ такого способа уравнивания не встречается.

Теоретически с помощью балансирных валов можно полностью уравновесить и остальные силы, а также их моменты (кроме реактивного крутящего момента M_p), однако из соображений упрощения и удешевления конструкции балансирные валы на таких ДВС, как правило, не применяют.

Анализ возможностей уменьшения возмущений от действия моментов в одноцилиндровом двигателе за счет подбора положения его ЦМ

Для наиболее распространенного случая уравнивания одноцилиндрового двигателя с помощью нащечных противовесов годограф результирующей неуравновешенной силы инерции $P_{\Sigma j}$ будет иметь вид, показанный на рис. 2, в. Выражение для неуравновешенного момента этой силы инерции $M_{\Sigma j}$ после некоторых преобразований можно привести к виду

$$M_{\Sigma j} = mr\omega^2 c(0,5\sin(\alpha + \varphi) + \lambda \sin \alpha \cos 2\varphi), \quad (5)$$

где λ – безразмерный кинематический параметр ДВС.

Момент $M_{\Sigma j}$ изменяется с периодом 360° и находится в плоскости действия реактивного крутящего момента M_p (см. рис. 1). Возмущающее действие определяется результирующим неуравновешенным моментом на опорах СА:

$$M_{\Sigma p} = M_{\Sigma j} + M_p. \quad (6)$$

Авторами разработана программа, позволяющая при любых задаваемых параметрах одноцилиндрового двигателя и режимах работы, характеризуемых частотой вращения n и нагрузкой – средним индикаторным давлением p_i , находить изменения указанных моментов

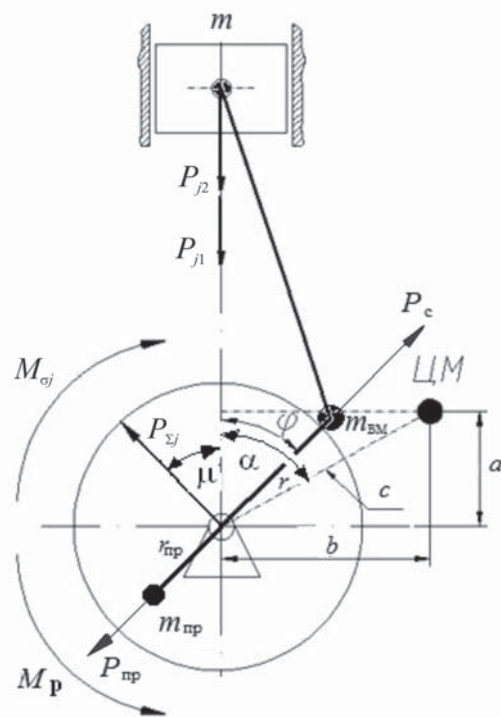


Рис. 1. Расчетная схема сил инерций и моментов, действующих в одноцилиндровом двигателе (a и b – координаты ЦМ относительно центра)