

## СЕКЦІЯ «ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ»

УДК 621.43.011

Слинько Г.І.<sup>1</sup>, Сухонос Р.Ф.<sup>2</sup>, Кушнір О.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> ст. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. Т-411м НУ «Запорізька політехніка»

### ВРІВНОВАЖЕННЯ 2-ЦИЛІНДРОВИХ ДВЗ З РІЗНИМ РОЗТАШУВАННЯМ ЦИЛІНДРІВ

Постійно змінні в часі сили та моменти, які діють на деталі кривошипно-шатунного механізму двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), за умови їх неврівноваженості, викликають значні вібрації. Зазвичай, інженерами та дослідниками розглядаються результуючі сили інерції I та II порядку ( $\Sigma P_{I1}$ ,  $\Sigma P_{I2}$ ), їх моменти ( $\Sigma M_{I1}$ ,  $\Sigma M_{I2}$ ), а також результуючі відцентрові сили інерції та їх моменти ( $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ ). За умови  $\Sigma P_{I1} = 0$ ,  $\Sigma P_{I2} = 0$ ,  $\Sigma M_{I1} = 0$ ,  $\Sigma M_{I2} = 0$ ,  $\Sigma K_R = 0$ ,  $\Sigma M_R = 0$  двигун вважається повністю врівноваженим [1].

Збалансування ДВЗ за допомогою противаг або балансирих валів ускладнює конструкцію та збільшує масу агрегату. Але такі технічні рішення широко використовуються у високооберткових ДВЗ для мотоциклів, оскільки в них сили інерції на окремих режимах роботи можуть переважати над газовими силами [2].

В таблиці 1 наведено дані щодо ступеня врівноваженості сил та моментів в 2-циліндрових ДВЗ різних компоновальних схем.

Таблиця 1 – Врівноваженість 2-циліндрових ДВЗ (врівноважені сили та моменти позначено «+», вільні (не врівноважені) позначено «-») [1, 3]

Тип двигуна	$\Sigma P_{I1}$	$\Sigma P_{I2}$	$\Sigma K_R$	$\Sigma M_{I1}$	$\Sigma M_{I2}$	$\Sigma M_R$
Рядний, кривошипи направлені в одну сторону	-	-	-	+	+	+
Рядний, кривошипи у протифазі	+	-	+	-	+	-
V-подібний	-	-	-	+	+	+
Опозитний	+	+	+	-	-	-

Для врівноваження сил та моментів в 2-циліндрових двигунах різних схем використовуються додаткові маси на продовженнях щок колінчастих валів, а також додаткові вали з противагами різних конструкцій [1]. За допомогою одновального механізму вдається врівноважити [4]:

– рядні двигуни Kawasaki ER-6, Kawasaki Versys – врівноважуються  $\Sigma M_{I1}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ ;

– рядні двигуни Kawasaki W800 – врівноважуються  $\Sigma M_{ji}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ , проте з'являється момент від одновального механізму;

– V-подібні двигуни з кутом розвалу циліндрів  $\gamma = 60^\circ$  Harley-Davidson V-Rod і двигуни KTM LC8 з  $\gamma = 75^\circ$  – врівноважуються  $\Sigma P_{ji}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ , проте з'являється момент від одновального механізму;

За допомогою двовального механізму вдається врівноважити:

– рядні двигуни Yamaha TDM900 – врівноважуються  $\Sigma P_{ji}$ ,  $\Sigma M_{ji}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ , врівноважуються частково  $\Sigma P_{II}$ ,  $\Sigma M_{II}$ ;

– рядні двигуни Triumph Bonneville – врівноважуються  $\Sigma P_{ii}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ ;

– V-подібні двигуни Harley-Davidson Twin Cam 88B, 96B ( $\gamma = 45 \dots 52^\circ$ ) і двигуни Aprilia RSV1000 ( $\gamma = 60^\circ$ ) – врівноважуються  $\Sigma P_{ji}$ ,  $\Sigma K_R$ ,  $\Sigma M_R$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Уч. пособие для вузов [Текст] / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2008. – 496 с.

2. Чистяков В. К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Уч. пособие для вузов [Текст] / В. К. Чистяков. – М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.

3. Воскресенский, А. Рядный? V-образный? "Оппозит"? [Текст] / А. Воскресенский, Л. Голованов // Авторевю. – 20 июля 2010.

4. Зверев, А. Уравновешивание двигателя: Как лечат трясучку [Текст] / А. Зверев // Мото. – 2013. – № 4. – С. 84–87; № 5. – С. 72–77; № 6. – С. 78–81.