

ТРАНСПОРТНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

621.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ЦИКЛЕ ТЕПЛОЙ МАШИНЫ С ПРОДОЛЖЕННЫМ РАСШИРЕНИЕМ^{1*}

Д-р техн. наук, проф. Б.А. ШАРОГЛАЗОВ, канд. техн. наук, доц. П.Н. БАРАНОВ,

канд. техн. наук, доц. В.В. КЛЕМЕНТЬЕВ

В статье рассмотрены схема и принцип работы бескривошипной поршневой тепловой машины нового типа на основе пространственного кулачкового механизма. Указана актуальность решения задачи по повышению степени использования энергии рабочего тела в цикле машин подобного типа. Отмечено то обстоятельство, что применительно к тепловым машинам такого типа решению названной задачи может способствовать реализация цикла с продолженным расширением (в частности, такого, в котором продолжительность расширения рабочего тела превышает продолжительность его сжатия). Предложены уравнения, позволяющие рассчитывать параметры состояния рабочего тела и показателей цикла такой машины. Приведены расчетные индикаторные « $p - a$ » диаграммы бескривошипной машины с продолженным расширением.

In the article are examined the diagram and the principle of the work of new type without the crank piston heat engine on the basis of three-dimensional cam gear. The urgency of solution of problem by an increase in the degree of utilization of energy of working medium in the cycle of similar type machines is indicated. Is noted the circumstance that in connection with heat engines of such type to solution of the named problem can contribute the realization of cycle with the prolonged expansion (in particular, such, in which the duration of the expansion of working medium it exceeds the duration of its compression). Are proposed the equations, which make it possible to calculate the parameters of state of working medium and indices of the cycle of this machine. Are given calculated indicator « $p - a$ » diagram of without the crank machine with the pro-

¹ Работа выполнена при поддержке грантом РФФИ № 07-08-96040-р_урал_а в области фундаментальных основ инженерных наук

longed expansion.

К одной из актуальных задач современного поршневого двигателестроения относится повышение степени использования энергии рабочего тела в цикле машин такого типа. Один из путей реализации названного направления - осуществление цикла с продолженным расширением рабочего тела: цикла, в котором продолжительность расширения рабочего тела превышает продолжительность его сжатия.

Реализация цикла с продолженным расширением в традиционных тепловых машинах с кривошипно-шатунным механизмом (КШМ) сопряжена со значительными трудностями технического, технологического и функционального характера. По этой причине ни одно из конструктивных решений, позволяющих приблизить рабочий цикл ДВС с КШМ к циклу с продолженным расширением, не нашло применения в практике производства тепловых машин. В частности, в двигателестроении.

В последние годы стали известны решения, позволяющие технически и технологически относительно просто реализовать рабочий цикл с продолженным расширением.. Принципиальная схема такого типа тепловой машины иллюстрируется рис. 1.

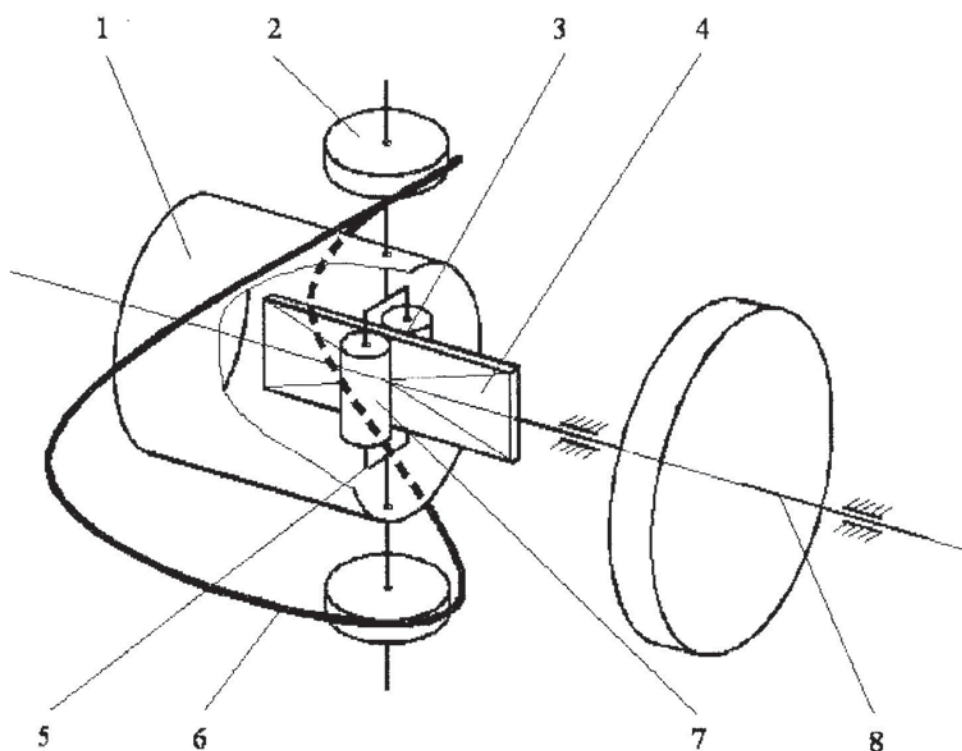


Рис. 1. Принципиальная схема бескривошипной тепловой машины:

1 – поршень; 2 – беговой ролик; 3 – делительный механизм; 4 – рабочая площадка; 5 – траверса; 6 – беговая дорожка;
7 – ходовой ролик; 8 – грузовой вал

В такой тепловой машине возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во враща-

тельное. И при соответствующих профилях беговой дорожки одним и тем же значениям степени сжатия может соответствовать различное соотношение продолжительностей тактов расширения и сжатия. В частности, такт расширения по продолжительности может превышать такт сжатия. В отличие от тепловых машин с КШМ в бескривошипной тепловой машине конструктивная реализация этого обстоятельства не представляет сложностей, благодаря чему степень использования вводимой теплоты в тепловой машине (например, ДВС) повышается.

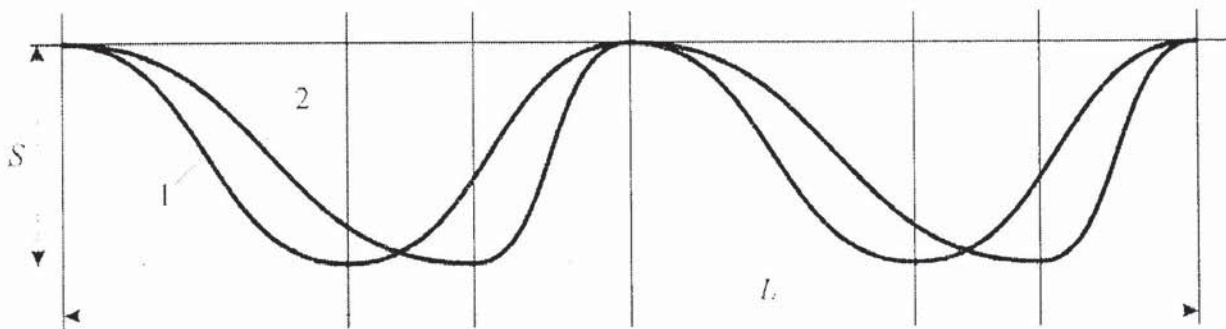


Рис. 2. Конфигурация продольного профиля беговой дорожки бескривошипной тепловой машины (двигателя):

1 – симметричный профиль; 2 – асимметричный профиль (для машины с продолженным расширением); S – ход поршня; L – длина боковой поверхности цилиндра

Рис. 2 иллюстрирует схему беговой дорожки тепловой машины (двухтактного двигателя) с продолженным расширением.

Такого типа беговую дорожку можно классифицировать как «горизонтально асимметричную». Степень горизонтальной асимметрии (или трансформации) численно может быть оценена коэффициентом асимметрии K_A . Если для симметричного профиля беговой дорожки принять $K_A = 0$, то общее выражение для коэффициента горизонтальной асимметрии будет

$$K_A = 1 - \frac{\alpha_{\text{рас}}}{\alpha_{\text{сж}}} = 1 - \lambda_T, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{рас}}$ и $\alpha_{\text{сж}}$ – соответственно продолжительности тактов расширения и сжатия, град ПВ;

λ_T – степень горизонтальной асимметрии.

Оценить влияние степени асимметрии беговой дорожки на параметры состояния рабочего тела тепловой машины и ее показатели расчетным путем можно на основании приводимой системы уравнений (система записана применительно к машине (двигателю), цикл которой реализуется по двухтактной схеме, а профиль беговой дорожки описывается «асимметричной» или «симметричной»

синусоидой:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= \left[\frac{(k-1) \cdot q_x}{v} \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{kp}{v} \cdot \frac{dv}{dt} \right] \cdot \sigma_1 + \left[-\frac{n_1 p}{v} \cdot \frac{dv}{dt} \right] \cdot \sigma_2 + \left[-\frac{n_2 p}{v} \cdot \frac{dv}{dt} \right] \cdot \sigma_3; \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{v_a^{\text{пр}} (\varepsilon - 1)}{\varepsilon \cdot S} \cdot \frac{ds}{dt}; \\ \frac{ds}{dt} &= \omega \frac{ds}{d\alpha}; \\ \frac{ds}{d\alpha} &= -\frac{SN}{4} \left[\sin \left(\left(1 + K_A \sin \frac{\alpha}{2} \right) N\alpha \right) \right] \left[K_A \left(\alpha \cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right) + 2 \right]; \\ \alpha_a &= 0; \quad \alpha_y = \alpha_c - \theta; \quad \alpha_x = \alpha_y + \varphi_x; \quad \alpha_b = 360; \quad 0 \leq \alpha \leq 360 \text{ град III}; \\ \sigma_1 &= \begin{cases} 1 & \text{для } t_y \leq t \leq t_x; \\ 0 & \text{для } t_x < t < t_y; \end{cases} \quad \sigma_2 = \begin{cases} 1 & \text{для } t_a \leq t < t_y; \\ 0 & \text{для } t_y < t \leq t_b; \end{cases} \quad \sigma_3 = \begin{cases} 1 & \text{для } t_x < t \leq t_b; \\ 0 & \text{для } t_a \leq t < t_x. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где: p – давление рабочего тела; t – время; k – показатель адиабаты; q_x – удельная использованная теплота сгорания; x – доля выгоревшего топлива; v – удельный объем рабочего тела; n_1, n_2 – показатели политроп сжатия и расширения соответственно; $v_a^{\text{пр}}$ – удельный объем рабочего тела, соответствующий моменту окончания закрытия выпускных окон; ε – геометрическая степень сжатия; s – текущее перемещение поршня; S – полный ход поршня;

ω – угловая скорость вращения грузового вала; N – число периодов беговой дорожки; α – угол поворота грузового вала.

Индикаторные диаграммы цикла двухтактной тепловой машины с продолженным расширением рабочего тела, полученные с использованием приведенной модели, иллюстрируются рис. 3.

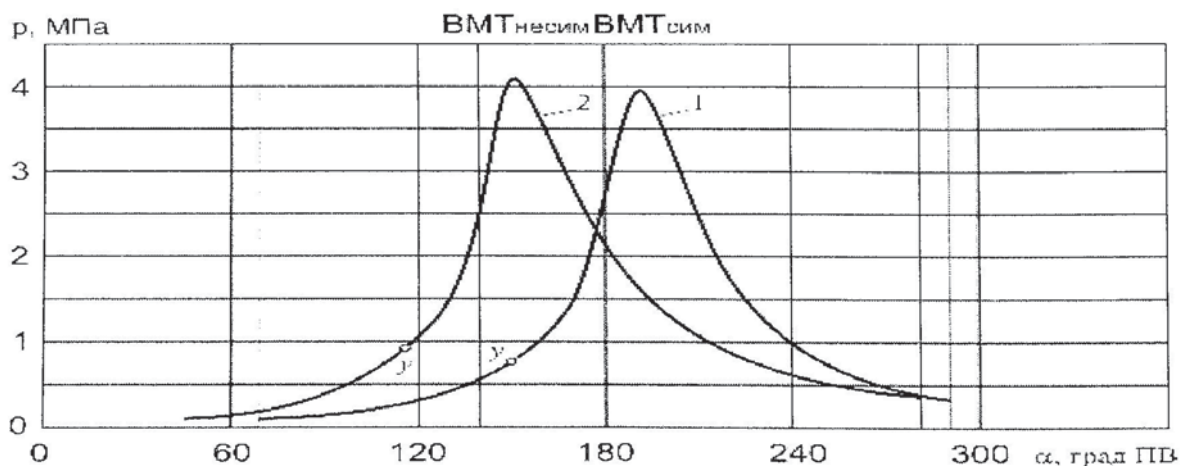


Рис. 3. Индикаторные « p – α » диаграммы рабочего цикла двухтактной тепловой машины: 1 – симметричный профиль беговой дорожки; 2 – асимметричный профиль беговой дорожки ($K_A = -0,3$); основные исходные данные: $\varepsilon = 10,0$; $\alpha = 0,9$; $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$; $\eta_v = 0,85$; $S = 22 \text{ мм}$

Предложена система уравнений, позволяющая на стадии проектирования расчетным путем выявить численные значения параметров состояния рабочего тела и показателей цикла бескривошипной поршневой тепловой машины (в том числе, с продолженным расширением).

На основании анализа результатов расчетного моделирования рабочего цикла и параметров тепловой машины с продолженным расширением рабочего тела можно заключить следующее: применение горизонтально асимметричных беговых дорожек позволяет повысить индикаторные показатели цикла с продолженным расширением рабочего тела на 3...6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. RU 2196237 C1, 7F02B75/32, F01B3/04. Бесплатный двигатель внутреннего сгорания (варианты) / Б.А. Шароглазов, В.В. Клементьев (РФ). – № 2001127897/06; Заявлено 12. 10. 2001; Приоритет 12. 10. 2001; Оpubл. 10. 01. 2003 // Бюл. № 1.

621.436.03

ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Д-р.техн.наук, проф. В.В.ЭФРОС, асп. В.М. ЛАЗАРЕВ

Предложен показатель эффективности для систем жидкостного охлаждения тракторных дизелей, учитывающий количество отводимой теплоты от двигателя и затраты мощности на перемещение теплоносителей в воздушном и жидкостном трактах. На основе предложенного показателя проведен выбор рациональных расходов жидкости и воздуха через систему охлаждения четырехцилиндрового дизеля.

A rate of effectiveness was offered for liquid cooling system of tractor diesel engines. Index includes