

УДК 621.51/.54

## ГИБРИДНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДВС

В.В. Руднев,<sup>1</sup> А.Г. Карпенко,<sup>2</sup> А.В. Гриценко<sup>3</sup>,  
К.В. Глемба<sup>3</sup>, А.Ю. Бурцев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет (ЧГПУ), <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», <sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», <sup>4</sup>филиал КузГТУ в г. Белово

Увеличение количества транспортных средств приводит к росту выбросов токсичных веществ в окружающую среду [1-4]. Концентрация людей в городах приводит к увеличению количества транспортных средств на ограниченных территориях их проживания [5-8]. Социум ужесточает стандарты выбросов отработавших газов (ОГ) транспортных средств. Экологические требования вместе с ростом цен на топливо заставляет разработчиков вести поиск альтернативных транспортных средства с меньшим воздействием на окружающую среду. Сегодня существует несколько решений для снижения количества и токсичности отработавших газов и улучшения экономии топлива [1, 3, 5]. Наиболее эффективным в настоящее время является применение комбинированной энергетической установки имеющей более одного источника энергии, так называемая гибридная силовая установка [1].

Одним из возможных вариантов систем использования теплоты ОГ ДВС может служить комбинированная силовая установка с разделенными потоками газов [1] поршневой пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты (рисунок 1).

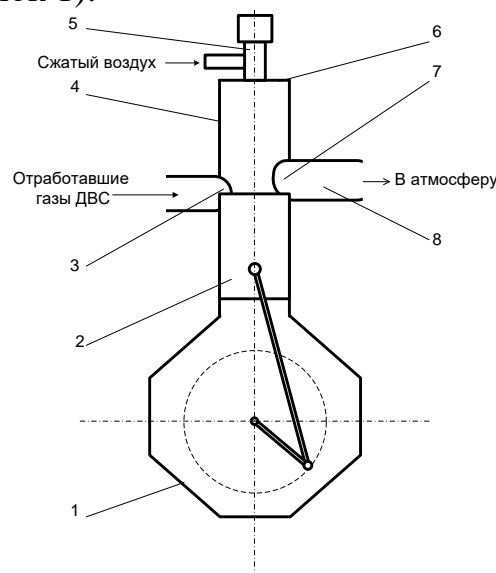


Рисунок 1 – Принципиальная схема поршневой пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты: 1 – картер; 2 – поршень; 3 – впускное окно; 4 – цилиндр; 5 – пневмоклапан; 6 – головка; 7 – выпускное окно; 8 – выпускной трубопровод

В цилиндр разработанного двигателя поступают ОГ ДВС, сжимаются и в них подается через пневмоклапан сжатый воздух. Эксперименты показывают, что температура в конце сжатия может достигать 1500 °С. К поданному в этот момент сжатому воздуху подводится теплота от ОГ, рабочее тело расширяется, производя полезную работу. После расширения рабочее тело выбрасывается из цилиндра, и цикл повторяется - поршневой пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты работает по двухтактному циклу.

Пневматический двигатель с внутренним подводом теплоты (ПД) был создан на базе двухтактного пускового двигателя ПД 10У, с которого демонтировали штатные системы питания и зажигания. На головке цилиндра установлен пневматический клапан с приводом от оси коленчатого вала. Основанием двигателя служит картер 1. В цилиндре со стороны маховика имеются два окна 3 и 7, одно из которых (впускное) соединено с выпускным трубопроводом ДВС (УМЗ-417), а другое (выпускное) - с выпускным трубопроводом 8, через который уходящие из цилиндра газы, попадают в атмосферу.

Для качественной и количественной оценки влияния регулировочных параметров системы подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД, температуры стенок внутрицилиндрового пространства, а также температуры ОГ, поступающих в него из ДВС, на вырабатываемую ПД эффективную мощность, был использован статистический метод планирования эксперимента. В настоящей работе устанавливалась зависимость эффективной мощности от пяти факторов: 1. Давления сжатого воздуха подаваемого в цилиндр ПД ( $P_{св}$ ); 2. Температуры стенок внутрицилиндрового пространства ПД ( $T_{ст}$ ); 3. Температуры отработавших газов ДВС ( $T_{ог}$ ) на входе в цилиндр ПД; 4. Температуры подаваемого через пневмоклапан сжатого воздуха ( $T_{св}$ ); 5. Моменты начала подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД в град ПКВ относительно ВМТ ( $\theta$ ).

В качестве математической модели использовалось уравнение второго порядка вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i \neq j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

В ходе предварительных экспериментов были установлены зависимости: 1. Между режимом работы ДВС и температурой его отработавших газов; 2. Положением ручки реостата и температурой стенок цилиндра, который нагревается с помощью электрической нагревательной спирали.

Так как остальные факторы ( $P_{св}$ ,  $T_{св}$ ,  $\theta$ ) являются регулировочными параметрами УД, то были выявлены и отмечены положения регулирующих органов, соответствующие принятым уровням варьирования каждого

фактора. Принятые уровни и интервалы варьирования всех факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы				Уровни варьирования			
Наименование	Размер- ность	Обозначение		Кодовые			Интер- валы варьи- рования
		Нату- ральное	Кодо- вое	-1	0	1	
				Натуральные			
Давление подаваемого сжатого воздуха	МПа	P <sub>св</sub>	X <sub>1</sub>	5	10	15	10
Температура стенки	°C	t <sub>СТ</sub>	X <sub>2</sub>	80	115	150	70
Температура подаваемого сжатого воздуха	°C	t <sub>св</sub>	X <sub>3</sub>	0	25	50	50
Температура ОГ	°C	t <sub>ог</sub>	X <sub>4</sub>	450	650	850	400
Момент начала подачи сжатого воздуха	Град ПКВ	θ	X <sub>5</sub>	10 до BMT	5 до BMT	0 (BMT)	10

В результате обработки данных эксперимента для определения эффективной мощности ПД была найдена полиномиальная зависимость:

$$N_e = 266,63 + 286,7 X_1 + 14,3 X_2 + 149,7 X_3 + 181,4 X_4 + 11,2 X_5 + 75,6 X_1^2 - 58,07 X_4^2 + 28,9 X_1 X_3 + 75,4 X_1 X_4 + 16,1 X_2 X_3 - 14,4 X_3 X_4 - 18,6 X_3 X_5 + 14,5 X_4 X_5. \quad (2)$$

Эффекты влияния на эффективную мощность ПД давления подаваемого сжатого воздуха в цилиндр ПД составляет 100 %; температуры стенок цилиндра ПД составляет 5 %; температуры ОГ ДВС подаваемых в ПД составляет 63,3 %; температуры сжатого воздуха подаваемого в ПД составляет 52,2 %; момента начала подачи сжатого воздуха в цилиндр ПД составляет 3,9 %. Использование пневматической гибридной силовой установки [1], позволяет повысить суммарный КПД гибрида до  $\eta=0,50 \div 0,65$ .

### Список литературы

1. Патент на полезную модель RUS 61796U1 F 01 K 7 00 «Комбинированная силовая установка с разделенными потоками газов» Руднев В.В., Хасанова М.Л., Балазан С.А., Гуськов Р.Г., Кириченко А.С., Кунгуров К.А., Решетников А.П., Меркулов А.С., Моисеев Д.В., Пименов В.С., Приоритет 26.05.2006.
2. Gritsenko A., Kukov S., Glemba K. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring. Procedia Engineering. 2016. Т. 150. С. 1182-1187.
3. Plaksin A., Gritsenko A., Glemba K. Experimental studies of cylinder group state during motoring. Procedia Engineering. 2016. Т. 150. С. 1188-1191.
4. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бисенов С.Э., Глемба К.В., Лукомский К.И. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего

сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта. Фундаментальные исследования. 2014. № 8-2. С. 322-326.

5. Гриценко А.В., Глемба К.В., Куков, С.С. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала АПК России. 2010. Т. 57. С. 51-56.

6. Гриценко А.В. Алгоритм, информационные характеристики процесса технического диагностирования, методики проектирования и оптимизации устройств диагностирования. АПК России. 2013. Т. 63. С. 38-41.

7. Гриценко А.В., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Теоретическое исследование работы электромагнитной форсунки и ее влияние на процесс топливоподачи // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина. 2012. № 3 (54). С. 40–41.

8. Гриценко А.В., Куков С.С., Бакайкин Д.Д. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок бензиновых двигателей внутреннего сгорания // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, Москва, 2012. – №5 (56) с. 40–42.