

УДК 621.432.3

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ НА БАЗЕ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-2104

**А.И. Воронков, доцент, к.т.н., И.Н. Никитченко, инженер,
А.В. Подоляка, студент, А.И. Богданов, студент, ХНАДУ, О.Б. Збарский, инженер**

Аннотация. Рассмотрены особенности конвертации бензинового четырехтактного автомобильного двигателя ВАЗ-2103 в поршневой двухтактный клапанный пневмодвигатель и изложены результаты первичных дорожных испытаний легкового автомобиля ВАЗ-2104, оборудованного этим пневмодвигателем.

Ключевые слова: поршневые кривошипные пневмодвигатели с клапанным воздухораспределением, техническая характеристика, результаты дорожных испытаний на автомобиле.

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ ІЗ ПНЕВМАТИЧНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-2104

**А.І. Воронков, доцент, к.т.н., І.М. Нікітченко, інженер,
А.В. Подоляка, студент, А.І. Богданов, студент, ХНАДУ, О.Б. Збарський, інженер**

Анотація. Розглянуто особливості конвертації бензинового чотиритактного автомобільного двигуна ВАЗ-2103 у поршневий двотактний клапаний пневмодвигун і викладено результати первинних дорожніх випробувань легкового автомобіля ВАЗ-2104, обладнаного цим пневмодвигуном.

Ключові слова: поршневі кривошипні пневмодвигуни із клапанним повітрярозподілом, технічна характеристика, результати дорожніх випробувань на автомобілі.

VEHICLE WITH PNEUMATIC POWER UNIT ON BASIS OF VAZ-2104 MOTOR CAR

**A. Voronkov, Associate Professor, Candidate of Technical Science, I. Nikitchenko,
engineer, A. Podolyaka, student, A. Bogdanov, student, KhNAHU, O. Zbarskyi, engineer**

Abstract. The features of petrol four-stroke VAZ-2103 automobile engine converting into cylinder two-stroke valve pneumatic engine are considered. The results of primary road tests of VAZ-2104 automobile equipped with the given pneumatic engine are expounded.

Key words: cylinder crank-type pneumatic engines with valve air distributor, technical characteristic, results of road tests on vehicles.

Введение

Как известно из многочисленных публикаций [1–3], перевод транспортных средств с невозобновляемых источников энергии (нефть, газ) на возобновляемые с каждым десятилетием становится все более актуальным. Работы в этой области ведутся в

нескольких направлениях – это применение альтернативных топлив, электроэнергии, а также энергии сжатого воздуха.

Наряду с разработками больших научных коллективов [1, 2], свой вклад в разработки вносят и отдельные изобретатели. Например, изобретателем О.Б. Збарским создан экспе-

риментальный автомобиль, который оборудован пневматической силовой установкой на базе бензинового автомобильного двигателя. На это изобретение автор получил патент [3]. ХНАДУ поддержал инициативного изобретателя и организовал дорожные испытания экспериментального автомобиля с пневмодвигателем. В статье рассмотрены особенности конвертации карбюраторного двигателя ВАЗ-2103 в поршневой пневмодвигатель с клапанным воздухораспределением.

Анализ публикаций

К настоящему времени НПО «Правдинский радиозавод» (Россия) изготовил опытный образец пневмокара ЭЧТС, где на штатном шасси электрокара вместо аккумулятора установлен 50-литровый баллон со сжатым воздухом, а вместо электромотора – двухтактный мотоциклетный двигатель ТМЗ-5.101, конвертированный в пневмодвигатель путем соответствующего изменения головки цилиндров. В настоящее время завод принимает заказы на конвертацию двигателей внутреннего сгорания в пневмодвигатели.

Широко известны разработки инженера Ги Негре (Guy Negre). Созданная им компания MDI (Motor Development International) занимается разработкой автомобилей с пневматической силовой установкой. На данный момент готовы к производству автомобили с пневмодвигателями AirPod, OneFlowAIR и с комбинированной силовой установкой CityFlowAIR. Заключены контракты с компанией Tata Motors (Индия) на производство автомобилей и запатентованных пневматических силовых установок к ним. Современные разработки в данном направлении были представлены на автосалоне в Лос Анджелесе (19–28 ноября 2010 г.) в категории дизайнерских новинок – Cadillac Aera, который передвигается с помощью энергии сжатого воздуха, реализуемой в Пневматической Системе Движения (Pneumatic Drive System (PDS)) с рабочим давлением 1000 МПа. При разработке конструкции несущего кузова использовались материалы, разработанные по программе NASA Mars Rover airbags. В Honda Air установлены нагнетатели, закачивающие воздух в пневматическую систему. Полной заправки доста-

точно для преодоления 150 км. Все внутренние компоненты крепятся к центральной стойке шасси. Скелетная конструкция из сверхлегких материалов усилена стекловолокном. Автомобиль может управляться как от стационарного, так и помощью собственного компрессора. Volvo Air Motion так же, как Honda и Cadillac, работает за счет сжатого воздуха, нагнетаемого в центрально расположенные резервуары. В производстве деталей используются сверхлегкие углеродные материалы.

Цель и постановка задачи

Цель работы состоит в том, чтобы улучшить экологические показатели автомобильной силовой установки за счет конвертации штатного двигателя внутреннего сгорания в поршневой пневмодвигатель и оценить практическую возможность реализации такой конвертации на автомобилях семейства ВАЗ, эксплуатируемых исключительно в условиях городов.

Конкретными задачами этой исследовательской экспериментальной работы было выполнение названной конвертации с минимальными затратами на изготовление новых деталей.

Объект исследования

Объектом исследования является автомобиль ВАЗ-2104, на котором установлен опытный образец пневмодвигателя. Общая схема автомобиля представлена на рис. 1.

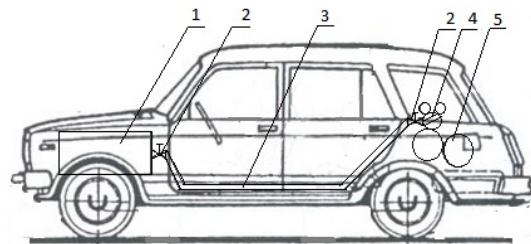


Рис. 1. Общая схема пневмосистемы автомобиля: 1 – пневмодвигатель; 2 – орган управления подачей воздуха, связанный с педалью «газа»; 3 – трубопровод сжатого воздуха рабочего давления; 4 – редукторы; 5 – баллоны со сжатым воздухом; 6 – вентиль

Техническая характеристика пневмодвигателя помещена в табл. 1.

Таблица 1 Техническая характеристика экспериментального образца пневмодвигателя

Параметры	Обозначение	Размерность	Числовая величина	
Тип пневмодвигателя	поршневой, кривошипный с клапанным воздухораспределением и рядным расположением цилиндров			
Диаметр цилиндра	D	мм	76	
Ход поршня	S	мм	80	
Рабочий объем цилиндра	V_p	л	0,363	
Число цилиндров	z	–	4	
Литраж двигателя	$V_p \cdot z$	л	1,45	
Количество клапанов на один цилиндр		впускных	шт.	1
		выпускных	шт.	1
Относительный вредный объем	ϵ_0	–	0,133	
Объем наполнения	V_1	л	0,170	
Степень наполнения (V_1/V_p)	ϵ_1		0,469	
Объем обратного сжатия	V_3	л	0,107	
Степень обратного сжатия (V_3/V_p)	ϵ_3	–	0,160	
Рабочее давление сжатого воздуха на входе (абс.)	P_1	МПа	0,60	
Масса пневмодвигателя	$M_{дв}$	кг	140	

Конвертирование ДВС в пневмодвигатель

В качестве базовой модели, принимаемой для конвертации в пневмодвигатель, был выбран серийный автомобильный двигатель внутреннего сгорания ВА3-2103. Это четырехтактный четырехцилиндровый рядный двигатель, номинальной мощностью $N_e = 56,6$ кВт при частоте вращения $n = 5600$ мин⁻¹: степень сжатия $\epsilon = 8,5$, масса двигателя $M_{дв} = 140$ кг. Конвертация этого ДВС в пневмодвигатель выполнена с минимальными изменениями в конструкции и минимальным количеством новых деталей. Так, блок цилиндров, головка блока цилиндров, кривошипно-шатунный механизм, клапаны в комплекте со всеми вспомогательными деталями и привод распределительного вала остались без каких-либо изменений. Распределительный вал доработан: с тыльной стороны каждого кулачка (впускного и выпускного) наплавлен с соответствующей механической обработкой дополнительный кулачек, а прежний кулачек доработан в соответствии с выбранными фазами впуска и выпуска рабочего тела из цилиндра¹. Таким образом распредвал, вращаясь по-прежнему

в два раза медленнее коленчатого вала, обеспечивает открытие и закрытие клапанов при каждом обороте вала, т. е. обеспечивается двухтактный рабочий цикл пневмодвигателя. При этом цилиндры работают попарно (1-й и 4-й и 2-й и 3-й) в одинаковых фазах рабочего процесса.

Естественно, с базового двигателя и автомобиля были сняты все элементы системы зажигания и топливной системы: вместо карбюратора установлена плита со встроенным органом регулирования давления сжатого воздуха перед впускными клапанами; этот орган механически связан с ножной педалью «газа».

Баллон со сжатым воздухом высокого давления (20 МПа) в сборе с редуктором (рамповый кислородный РК3-500-2,26) установлен в багажнике автомобиля.

В целом конвертация базового ДВС в пневмодвигатель осуществлена в полном соответствии со схемой, представленной в патенте автора рассматриваемой конвертации О.Б. Збарского [3].

Результаты дорожных испытаний экспериментального автомобиля

Легковой автомобиль ВА3-2104, оборудованный экспериментальным образцом рассмот-

¹ Авторы не приводят данных первоначально установленных фаз воздухораспределения, так как предстоит выполнение специального расчетно-экспериментального исследования по их оптимизации.

ренного выше пневмодвигателя, прошел дорожные испытания на горизонтальном участке дороги при рабочем давлении сжатого воздуха на входе в пневмодвигатель $P_1 = 0,6$ МПа (абс.). Параметры силовой установки являются достаточными для движения автомобиля. Повысить характеристики пневмодвигателя возможно за счет повышения давления сжатого воздуха на входе и оптимизации фаз воздухораспределения.

Результаты расчетного исследования

Для расчетного исследования были использованы методики [6] расчета теоретического цикла силовой установки.

Исходные данные для расчета на ЭВМ представлены в табл. 2.

В результате проведенного расчета получили индикаторную диаграмму (рис. 2) и внешнюю скоростную характеристику (рис. 3) пневмодвигателя. Результаты расчетного исследования представлены в табл. 3.

Также был проведен тяговый расчет для определения максимально возможной скорости движения автомобиля.

В результате выполнения тягового расчета получили, что при мощности двигателя $N = 12,8$ кВт, крутящем моменте $M = 81,3$ Нм скорость автомобиля составит $V = 64,8$ км/ч.

Таблица 2 Исходные данные для расчета пневмодвигателя

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение в программе	Размерность	Значение
1	Давление воздуха на впуске	P_1	МПа	0,6
2	Температура воздуха на впуске	T_1	К	270
3	Степень сжатия двигателя-прототипа	ε_d	–	8,5
4	Степень обратного сжатия	ε_3	–	0,16
5	Скорость поршня	$C_{п}$	м/с	4
6	Температура воздуха в конце расширения	T_2'	К	213
7	Энтальпия воздуха на входе в пневмодвигатель	i_1	кДж/кг	290
8	Энтропия воздуха на входе в пневмодвигатель	S_1	кДж/кг·К	6,061
9	Показатель адиабаты сжатия	n_c	–	1,36
10	Показатель адиабаты расширения	n_p	–	1,375
11	Диаметр цилиндра	D	м	0,076
12	Ход поршня	S	м	0,080
13	Противодавление	P_2	МПа	0,12
14	Давление окружающей среды	$P_{о.с}$	МПа	0,1013
15	Температура окружающей среды	$T_{о.с}$	К	270

Таблица 3 Результаты расчетного исследования пневмодвигателя

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение в программе	Размерность	Значение
1	Индикаторная мощность пневмодвигателя	N_i	кВт	12,8
2	Индикаторный крутящий момент	M_i	Нм	81,3
3	Индикаторный КПД	η_i	–	0,417
4	Индикаторная цикловая работа	L_i	Дж	127,7
5	Среднее индикаторное давление	P_i	МПа	0,352
6	Температура воздуха на выходе из пневмодвигателя	T_3	К	174
7	Цикловой расход энергоносителя	$G_{цикл}$	кг/цикл	0,0015
8	Часовой расход энергоносителя	$G_ч$	кг/час	528

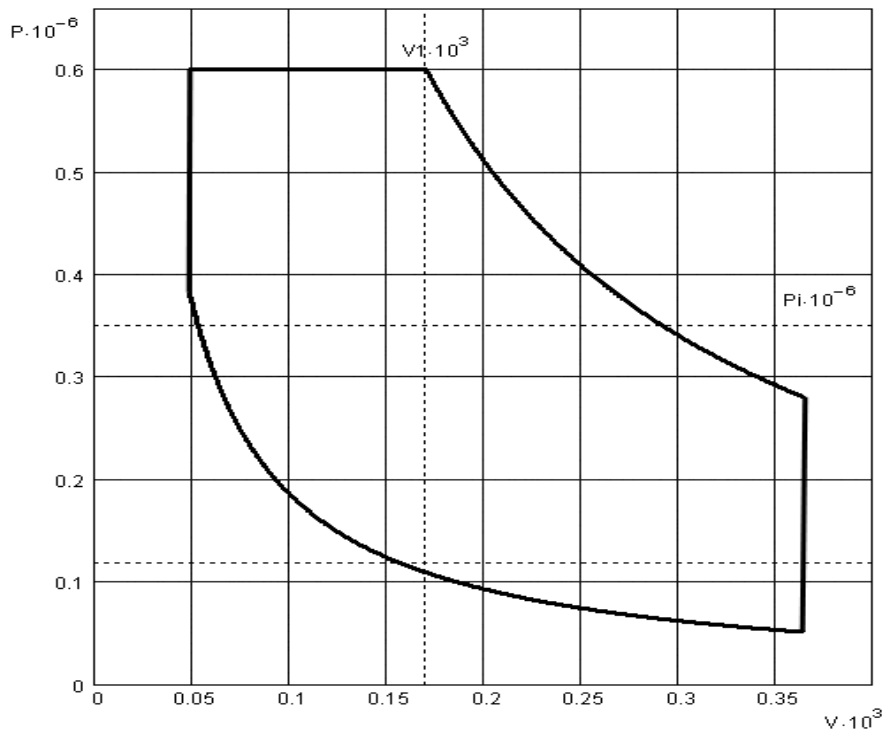


Рис. 2. Расчетная теоретическая индикаторная диаграмма пневмодвигателя

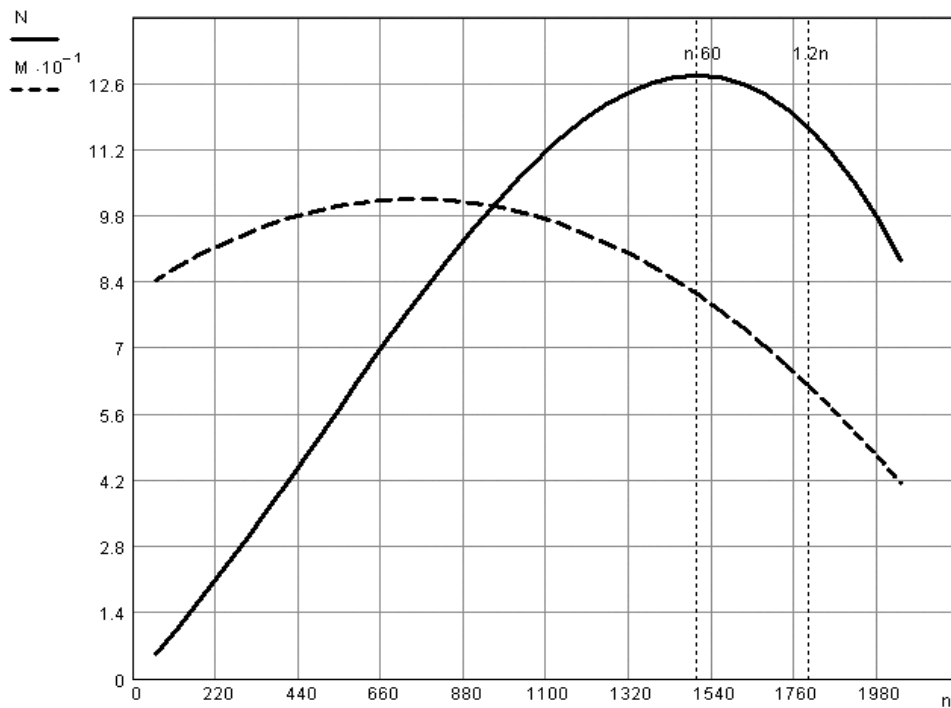


Рис. 3. Расчетная скоростная характеристика пневмодвигателя

Выводы

При сравнении показателей, полученных расчетным путем и в ходе проведения эксперимента, можно сделать вывод, что имею-

щиеся результаты не являются удовлетворительными. Для получения приемлемых результатов на первом этапе необходимо усовершенствовать систему подачи сжатого воздуха, фазы газораспределения и профиль

кулачка распределительного вала. Это является задачей для продолжения дальнейшей работы по конвертации ДВС легкового автомобиля в пневмодвигатель.

Литература

1. Туренко А.Н. Пневмодвигатель для автомобильной гибридной силовой установки / А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук и др. // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2009. – №24. – С 7–9.
2. Левтеров А.М. Экспериментальный образец водородного автомобиля на базе модели ГАЗ-2705 / А.М. Левтеров, В.Д. Савицкий // Автомобильный транспорт : сб. научн. трудов. – 2008. – № 22. – С. 7–9.
3. Пат. 49714 UA МПК FV43/00. Пневматичний двигун / Збарський О.Б.; заявник та патентовласник О.Б. Збарський. – № U200911310; заяв. 06.11.2009; опубл. 11.05.2011, Бюл. №9.
4. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Взамен ГОСТ 16504-74; введен 10.10.2003. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 47 с.
5. Цимбалин В.Б. Испытания автомобилей / В.Б. Цимбалин и др. – М. : Машиностроение, 1978. – 200 с.
6. Борисенко К.С. Пневматические двигатели горных машин / К.С. Борисенко. – М. : Углетехиздат, 1958 – 204 с.

Рецензент: А.С. Полянский, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 30 июня 2011 г.