

УДК 621.541

ИЗМЕНЕНИЕ ПО СКОРОСТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРИ ПОДОГРЕВЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА НА ВХОДЕ В ПНЕВМОДВИГАТЕЛЬ

А.И. Воронков, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрены экспериментальные данные об изменении по скоростным характеристикам энергетических индикаторных показателей четырехцилиндрового поршневого пневмодвигателя $D/S = 76/66$ с золотниковым воздухораспределителем с подогревом сжатого воздуха на входе.

Ключевые слова: поршневой пневмодвигатель с золотниковым воздухораспределением, рабочий процесс, индикаторные показатели, стендовые испытания, скоростная характеристика, индикаторная диаграмма, подогрев воздуха на входе.

ЗМІНА ЗА ШВИДКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОКАЗНИКІВ РАБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПІД ЧАС ПІДГРІВУ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ НА ВХОДІ У ПНЕВМОДВИГУН

О.І. Воронков, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто експериментальні дані щодо зміни за швидкісними характеристиками енергетичних індикаторних показників чотирициліндрового поршневого пневмодвигуна $D/S = 76/66$ із золотниковим повітророзподільником з підігрівом стисненого повітря на вході.

Ключові слова: поршневий пневмодвигун із золотниковим повітророзподільником, робочий процес, індикаторні показники, стендові випробування, швидкісна характеристика, індикаторна діаграма, підігрів повітря на вході.

CHANGE OF WORKING PROCESS INDEXES ACCORDING TO SPEED CHARACTERISTICS WHEN HEATING THE COMPRESSED AIR DURING THE ADMITTANCE TO THE PNEUMATIC ENGINE

A. Voronkov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The experimental data concerning the change of energy indicator indexes of the four-stroke piston pneumatic engine $D/S = 76/66$ with a slide-valve distributor with heating the compressed air at the admittance to the engine according to speed characteristics is considered.

Key words: piston pneumatic engine with slide-valve air distribution, working process, indicator indexes, stand tests, speed description, indicator diagram, air heating at the admittance.

Введение

Объектом экспериментального исследования принят поршневой четырехцилиндровый

V-образный пневмодвигатель, созданный кафедрой ДВС ХНАДУ и установленный для лабораторных исследований на действующем испытательном стенде в лаборатории

кафедры. На двигателе установлено золотниковое воздухораспределение. Рассматриваемое в данной статье экспериментальное исследование лежит в русле накопления экспериментальных данных по проблеме изучения рабочего процесса пневмодвигателя.

Приведены результаты экспериментального исследования рабочего процесса пневмодвигателя при его работе по скоростным характеристикам $p_{вх} = idem$ при подаче сжатого воздуха в цилиндр с различными величинами температур. Данное исследование является частью цикла работ, выполненных по изучению экономических и энергетических показателей пневмодвигателя.

Анализ публикаций

На сегодняшний день известно большое количество публикаций [1–9] по применению пневмодвигателя на автомобиле или других установках. Однако работ по изучению рабочего процесса и, в частности, экспериментальных исследований рабочего процесса с подогревом воздуха на впуске пневмодвигателей проведено недостаточно.

Цель и постановка задачи

Целью второго этапа стендовых испытаний пневмодвигателя было определение влияния на основные индикаторные и эффективные показатели рабочего процесса подогрева подаваемого сжатого воздуха на входе в воздухораспределительную систему на величину 90–95 К, что соответствует пределу нагревательной способности стендового электрического нагревателя.

Для удобства оценки эффекта от нагрева подаваемого в пневмодвигатель воздуха его испытания проводились по двум скоростным характеристикам – $p_{вх} = 0,7 \text{ МПа} = idem$ и $p_{вх} = 0,9 \text{ МПа} = idem$, по которым на первом этапе пневмодвигатель испытывался без подогрева сжатого воздуха при его температуре, равной температуре окружающей среды, $T_{вх} = T_{о,с} = 293 \text{ К}$. Кроме того, названные скоростные характеристики представляют наибольший практический интерес.

Экспериментальное исследование

Результаты испытаний пневмодвигателя с подогревом сжатого воздуха на входе пред-

ставлены на рисунках, которые будут рассмотрены ниже. При давлении на входе $p_{вх} = 0,7 \text{ МПа}$ сжатый воздух подогревался сверх температуры $T_{о,с} = 293 \text{ К}$ на 90 К, а при давлении $p_{вх} = 0,9 \text{ МПа}$ – на 95 К.

В результате подогрева на 90 К при $p_{вх} = 0,7 \text{ МПа}$ плотность сжатого воздуха на входе в пневмодвигатель понизилась с 8,324 до 6,368 кг/м³, или на 23,5 %. В результате подогрева на 95 К при $p_{вх} = 0,9 \text{ МПа}$ плотность поступающего воздуха на входе в пневмодвигатель снизилась с 10,703 до 8,082 кг/м³, или на 24,5 %. Другими словами, плотность поступающего в двигатель воздуха изменилась, естественно, обратно пропорционально повышению его абсолютной температуры $T_{вх}$. Соответственно снижению плотности снижился, как и следовало ожидать, часовой расход сжатого воздуха G , кг/ч (рис. 1 и 2).

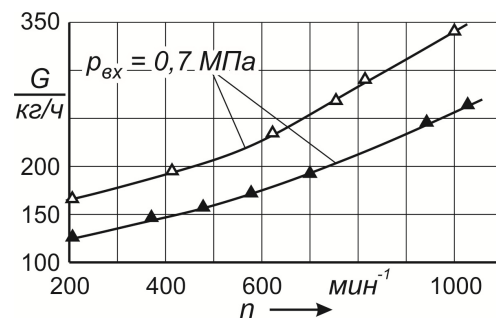


Рис. 1. Изменение массового часового расхода сжатого воздуха пневмодвигателя G по скоростным характеристикам $p_{вх} = 0,7 \text{ МПа}$ (Δ – без подогрева; \blacktriangle – с подогревом сжатого воздуха на входе)

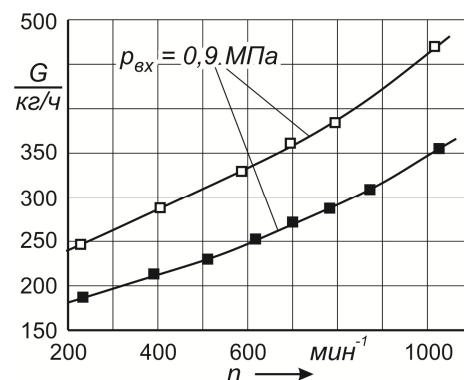


Рис. 2. Изменение массового часового расхода сжатого воздуха пневмодвигателя G по скоростным характеристикам $p_{вх} = 0,9 \text{ МПа}$ (\square – без подогрева; \blacksquare – с подогревом сжатого воздуха на входе)

Снижение потребления пневмодвигателем воздуха – важнейший положительный эффект применения его подогрева перед поступлением в золотниковую воздухораспределительную систему.

Второй важный положительный эффект подогрева воздуха – это существенное повышение мощности пневмодвигателя N_e , кВт (рис. 3). Факторы, повлекшие рост мощности пневмодвигателя, детально будут рассмотрены ниже.

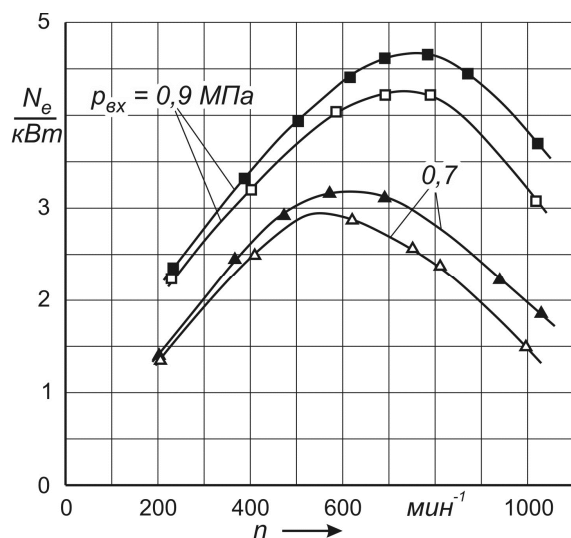


Рис. 3. Изменение эффективной мощности пневмодвигателя по скоростным характеристикам без подогрева (Δ ; \square) и с подогревом (\blacktriangle ; \blacksquare) сжатого воздуха на входе

Снижение расхода энергоносителя – сжатого воздуха с одновременным повышением мощности пневмодвигателя привели к весьма значительному улучшению всех показателей, характеризующих экономическую эффективность двигателя: удельный эффективный расход сжатого воздуха g_e , кг/(кВт · ч), и эффективные КПД – адиабатический $\eta_{e\text{ад}}$ и эксергетический $\eta_{e\text{ex}}$, закономерности которых будут рассмотрены ниже.

Из числа важнейших положительных результатов подогрева воздуха следует еще назвать существенное возрастание температуры отработавшего воздуха на выходе из пневмодвигателя $T_{\text{вых}}$, К. Если эту температуру выражать в градусах Цельсия, то без подогрева она достигает минус 18–23 градуса, что при длительной непрерывной работе (полтора –

два часа), как показал опыт [10], может вызвать обмерзание выпускных каналов и потерю работоспособности двигателя из-за нарушения условий смазки деталей цилиндро-поршневой группы. При работе с подогревом поступающего воздуха его температура $T_{\text{вых}}$ не снижается ниже 305 К, т. е. в градусах Цельсия всегда положительна.

Таким образом, подогрев сжатого воздуха на входе дает не только повышение энергетических и экономических показателей пневмодвигателя, но и обеспечивает надежность его работы при непрерывной долговременной нагрузке.

Выводы

Подогрев поступающего в пневмодвигатель сжатого воздуха оказывает положительное влияние на энергетические и экономические показатели рабочего процесса – увеличивается мощность и крутящий момент, сокращается часовой и удельный расход воздуха.

При подогреве воздуха увеличивается температура отработавшего рабочего тела, что значительно повышает надежность работы и долговечность пневмодвигателя, так как ликвидируется возможность обмерзания выпускных каналов и нарушения условий смазки деталей цилиндро-поршневой группы.

Однако следует сделать важную оговорку: изложенные выводы об эффективности подогрева воздуха сделаны без учета затрат тепловой энергии на этот подогрев, т. е. для случая, когда пневмодвигатель используется как составная часть гибридной силовой установки автомобиля и подогрев воздуха осуществляется утилизацией бросовой теплоты отработавших газов параллельно работающего двигателя внутреннего сгорания.

Литература

1. Автомобили с комбинированным энергетическим приводом: обзор разработок за рубежом // Автостроение за рубежом. – 2002. – № 3. – С. 5–11.
2. Гибридная силовая установка // Автостроение за рубежом. – 2002. – № 4. – С. 18.
3. О требованиях к конструкции и рабочему процессу пневмодвигателя для комбинированной энергоустановки автомоби-

- ля / А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук и др. // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 18. – С. 7–12.
4. Бажинов О.В. Гібридні автомобілі / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков та ін. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 328 с.
5. Смирнов О. П. Характерні режими роботи гібридної енергетичної установки автомобіля / О.П. Смирнов, В.І. Калмиков // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 18. – С. 13–15.
6. Жданов Е. Международный автосалон NAJAS-2010 в Детройте / Е. Жданов // Автостроение за рубежом. – 2010. – № 4. – С. 2–5.
7. Борисенко К.С. Пневматические двигатели горных машин / К.С. Борисенко. – М.: Углетехиздат, 1958. – 208 с.
8. Зеленецкий С.Б. Ротационные пневматические двигатели / С.Б. Зеленецкий, Е.Д. Рябов, А.Г. Микеров. – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
9. Дегтярев В.И. Шахтные пневмоторы / В.И. Дегтярев, В.И. Мялковский, К.С. Борисенко. – М.: Недра, 1979. – 192 с.
10. Зиневич В.Д. Поршневые и шестерные пневмодвигатели горно-шахтного оборудования / В.Д. Зиневич, Л.А. Гешлин. – М.: Недра, 1982. – 200 с.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 9 декабря 2015 г.
