

УДК

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.

ЗМІНА ЗА ШВИДКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОКАЗНИКІВ РОБОЧОГО 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 із підігрівом стисненого повітря на вході.

Ключові слова: поршневий пневмодвигун із золотниковим повітророзподільником, робочий процес, індикаторні показники, стендові випробування, швидкісна характеристика.

THE CHANGE OF WORKFLOW PROCESS INDICATORS ACCORDING TO SPEED CHARACTERISTICS WHEN HEATING THE COMPRESSED AIR AT THE ENTRONCE TO THE PNEUMATIC ENGINE

A. Voronkov, Assoc. Prof., Ph. D.,

Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. Experimental studies of the four-cylinder piston air motor $D/S = 76/77$ with a slide air diffuser. There were considered the experimental high-speed characteristics, taking into account the heating of the compressed intake air. Heating of the entering the motor compressed air has a positive effect on the energy, and economic performance of the workflow. The power and torque, increase hourly and specific air flow reduces. There greatly improves the reliability and durability of the pneumatic engine.

Key words: indicator diagram, heated inlet air.

Введение

Объектом экспериментального исследования взят 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 экс-

периментальных 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 представлены 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, 2).

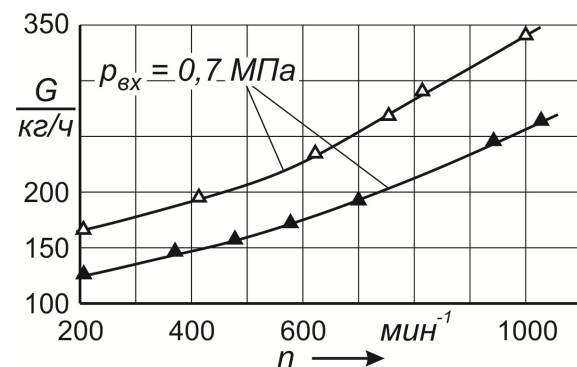


Рис. 1. Изменение массового часового расхода сжатого воздуха пневмодвигателя G по скоростным характеристикам $p_{вх} = 0,7 \text{ МПа}$ (Δ – без подогрева; \blacktriangle – с подогревом сжатого воздуха на входе)

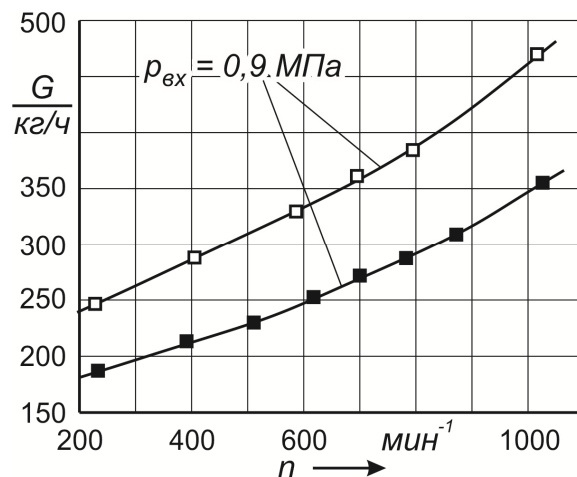


Рис. 2. Изменение массового часового расхода сжатого воздуха пневмодвигателя G по скоростным характеристикам $p_{вх} = 0,9 \text{ МПа}$ (\square – без подогрева; \blacksquare – с подогревом сжатого воздуха на входе)

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.

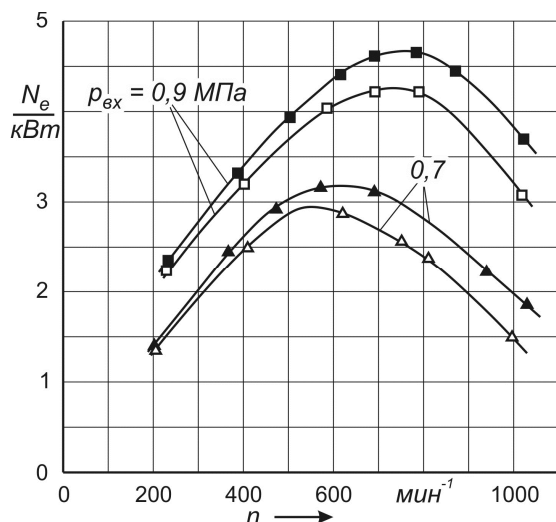


Рис. 3. Изменение эффективной мощности пневмодвигателя по скоростным характеристикам без подогрева (Δ ; \square) и с подогревом (\blacktriangle ; \blacksquare) сжатого воздуха на входе

Снижение расхода энергоносителя – сжатого воздуха с одновременным повышением мощности пневмодвигателя привело к весьма значительному улучшению всех показателей, характеризующих экономическую эффективность двигателя: удельного эффективного расхода сжатого воздуха g_e , кг/(кВт · ч), и эффективных КПД – адиабатического $\eta_{e ад}$ и эксергетического $\eta_{e эк}$, закономерности которых будут рассмотрены ниже.

Из числа важнейших положительных результатов подогрева воздуха следует еще назвать существенное возрастание температуры отработанного воздуха на выходе из пневмодвигателя $T_{вых}$, 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 $T_{вых}$ 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 часовая и удельный расход воздуха.

При подогреве воздуха увеличивается температура отработанного 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 отработанных 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. 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. Мьялковский, К.С. Борисенко. – М.: Недра, 1979. – 192 с.
 10. Зиневич В.Д. Поршневые и шестранные пневмодвигатели горно-шахтного оборудования / В.Д. Зиневич, Л.А. Гешмин. – М.: Недра, 1982. – 200 с.
- rabochemu processu pnevmodvigatelja dlja kombinirovannoj jenergoustanovki avtomobilja [About the requirements to the design and the working process for the combined power plant of the motor vehicle]. *Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. tr.*, 2006, Vol. 18. pp. 7–12.
4. Bazhinov O.V, Smirnov O.P., Serikov S.A Gibridni avtomobili [Hybrid vehicles], Kharkov, KHNADU Publ., 2008. 328 p.
 5. Smirnov O. P., Kalmikov V.I. Harakterni rezhimi roboti gibridnoї energetichnoї ustanovki avtomobilja [Characteristic modes of the hybrid car energy installation operation]. *Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. tr.*, 2006, Vol. 18. pp. 13–15.
 6. Zhdanov E. Mezhdunarodnyj avtosalon NAJAS-2010 v Detrojte [International Auto Show in Detroit IA.IA8-2010]. *Avtostroenie za rubezhom-Automobile building*, 2010, no. 4. pp. 2–5.
 7. Borisenko K. S. Pnevmaticheskie dvigateli gornyh mashin [Air motors of mining machines], Moscow, Ugletehizdat Publ., 1958. 208 p.
 8. Zeleneckij S.B., Rjabov E.D., Mikerov A.G. Rotacionnye pnevmaticheskie dvigateli [Rotary pneumatic motors], Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1976. 240 p.
 9. Degtjarev V.I, Mjalkovskij V.I., Borisenko K.S. Shahtnye pnevmotory [Mine pneumatic motors], Moscow, Nedra Publ., 1979. 192 p.
 10. Zinevich V.D., Geshmin L.A. Porshnevye i shestrenye pnevmodvigateli gorno-shahtnogo oborudovanija [Piston and pinion pneumatic motors for mining equipment], Moscow, Nedra Publ., 1982. 200 p.

References

1. Avtomobili s kombinirovannym energeticheskim privodom: obzor razrabotok za rubezhom [Cars with a combined power-operated drive: review of developments abroad]. *Avtostroenie za rubezhom- Automobile building*, 2002, no. 3. pp. 5–11.
 2. Gibridnaja silovaja ustanovka [The hybrid propulsion system]. *Avtostroenie za rubezhom.-Automobile building*, 2002, no. 4. P. 18.
 3. Turenko A.N. , Bogomolov V.A. , Abramchuk F.I. O trebovanijah k konstrukcii i
- Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 1 июля 2015 г.