

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЖЕКЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ

Е.А. Лазарев, А.Н. Помаз

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Для повышения мощности и топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания необходимо достижение высоких степеней эффективности и совершенства конструкции основных его систем. Одним из способов повышения мощности является газотурбинный наддув с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха. Среди систем промежуточного охлаждения наддувочного воздуха наименее изучена система эжекционного охлаждения. В целях совершенствования конструкции двигателя проанализированы функциональные и конструктивные особенности системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха в двигателе внутреннего сгорания с наддувом. Приведено оценочное сравнение исследуемой системы с традиционными системами охлаждения наддувочного воздуха, рассмотрены и обоснованы достоинства предлагаемой системы. Дано подробное описание устройства и принципа работы разрабатываемой системы эжекционного охлаждения. Сформулированы задачи и программа экспериментального исследования и определения эффективности эжекционной системы охлаждения наддувочного воздуха. Разработана схема установки для экспериментального определения эффективности предлагаемой системы охлаждения наддувочного воздуха. Определены необходимые измеряемые параметры для анализа газодинамических явлений в системе эжекционного охлаждения в процессе экспериментального исследования, подобрана необходимая измерительная и регистрирующая аппаратура. Эффективность системы эжекционного охлаждения оценивается комплексом параметров: коэффициентом эжекции, КПД эжектора и тепловой эффективностью охладителя, которые зависят от режима работы двигателя. Выбраны места установки датчиков для измерения давления, температуры и расходов газовых потоков. Установлены пределы измерения исследуемых параметров для выбранных датчиков. Приведены методика и расчетные зависимости для экспериментальной оценки эффективности эжектора, охладителя наддувочного воздуха и эжекционной системы охлаждения наддувочного воздуха в целом. Определены этапы обработки получаемых экспериментальных данных. Разработанные методика и схема установки позволяют экспериментально оценить эффективность системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха и определить с достаточной степенью точности наилучшие режимы работы данной системы.

Ключевые слова: система эжекционного охлаждения, эжектор, методика, коэффициент эжекции, эффективность.

Введение

Эффективность системы эжекционного охлаждения оценивается комплексом параметров: коэффициентом эжекции, КПД эжектора и тепловой эффективностью охладителя, которые зависят от режима работы двигателя. Экспериментальное определение эффективности эжекционного охлаждения наддувочного воздуха [1] в дизеле с газотурбинным наддувом и параметров эжектора и охладителя наддувочного воздуха осуществляется с использованием соответствующей методики исследования. Согласование параметров эжектора и охладителя и результатов расчетного анализа системы охлаждения наддувочного воздуха с использованием разработанной методики производится на экспериментальной установке.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать экспериментальную установку, позволяющую определять параметры эжектора в зависимости от параметров эжектирующего газа по внешней скоростной характеристике двигателя;
- 2) определить эффективность эжектора (коэффициент эжекции и КПД эжектора) на различных режимах работы двигателя.

Расчет и конструирование

Программа экспериментальных исследований включает:

- 1) разработку методики проведения экспериментальных исследований;
- 2) подготовку стендового оборудования для испытаний;
- 3) подбор датчиков и измерительных устройств;
- 4) выполнение экспериментальных исследований.

Для решения поставленных задач в ходе подготовки к эксперименту в двигателе и элементах системы охлаждения устанавливаются датчики и устройства, позволяющие в процессе испытаний осуществлять регистрацию исследуемых параметров.

Особенности системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха

В традиционных системах охлаждения наддувочного воздуха рассеивание отведенной теплоты осуществляется, как правило, с использованием вентилятора с механическим или электрическим приводом в качестве источника воздушного потока [2–4]. Применение вентиляторных систем охлаждения характеризуется потреблением значительной мощности на привод [5–7].

Особенностью системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха является снижение затрат энергии на создание воздушного потока через охладитель и потерь мощности двигателя на функционирование системы газообмена [8, 9] использованием газового эжектора.

Система эжекционного охлаждения, благодаря отсутствию подвижных частей и простоте конструкции, обеспечивает высокую эксплуатационную надежность. Использование системы эжекционного охлаждения сопровождается смешением отработавших газов с охлаждающим воздухом на выпуске и снижением температуры смешанного потока (рис. 1), в результате чего улучшаются экологические показатели двигателя.

В исследуемой системе воздух из атмосферы поступает в компрессор, где его давление и температура возрастают. После компрессора он направляется в охладитель наддувочного воздуха (ОНВ), где теплота от наддувочного воздуха отводится охлаждающим воздухом, циркулирующим через матрицу охладителя из окружающей среды. Непрерывный поток охлаждающего воздуха через матрицу ОНВ создается эжектором. После охлаждения в ОНВ воздушный поток от компрессора направляется во впускной трубопровод и далее в цилиндры двигателя.

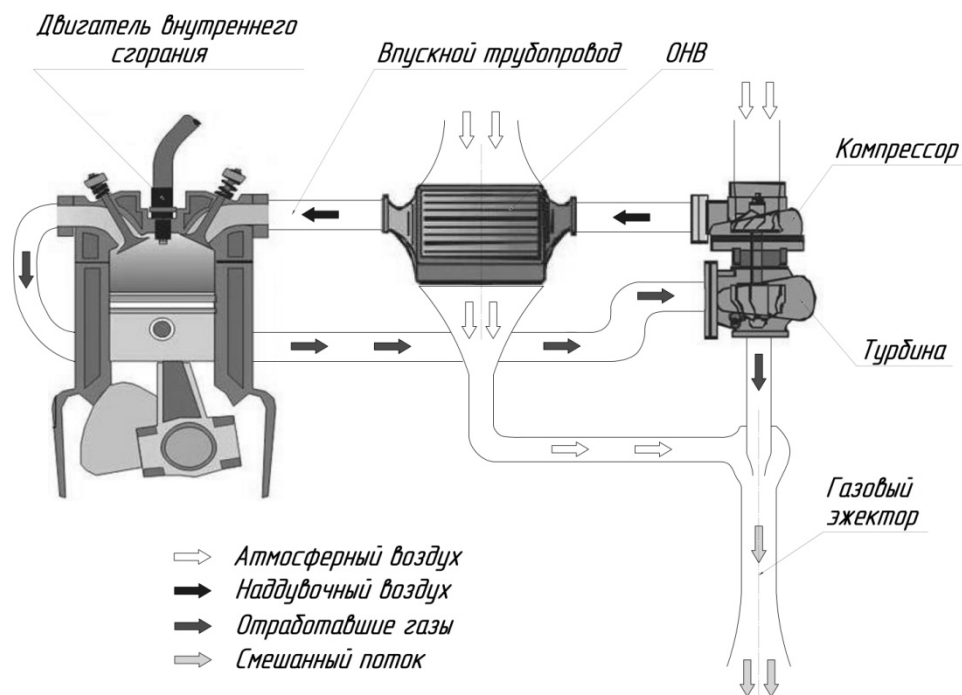


Рис. 1. Схема системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха

Поток отработавших газов из цилиндров двигателя поступает через выпускной трубопровод в корпус турбины турбокомпрессора, где тепловая энергия отработавших газов преобразуется в механическую энергию вращения колеса турбины. На выходе из турбины поток отработавших

газов направляется в эжектор. Отработавшие газы, истекающие через сопло эжектора с большой скоростью во всасывающую камеру эжектора и создающие понижение давления, увлекают за собой атмосферный воздух и обеспечивают его циркуляцию через матрицу охладителя.

Экспериментальная установка для определения эффективности системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха

Для оценки эффективности системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха опытным путем разработана экспериментальная установка, имитирующая движение потоков наддувочного и охлаждающего воздуха. Основными элементами экспериментальной установки являются: двигатель внутреннего сгорания с турбокомпрессором, охладитель наддувочного воздуха, газовый эжектор и соединительные трубопроводы (рис. 2).

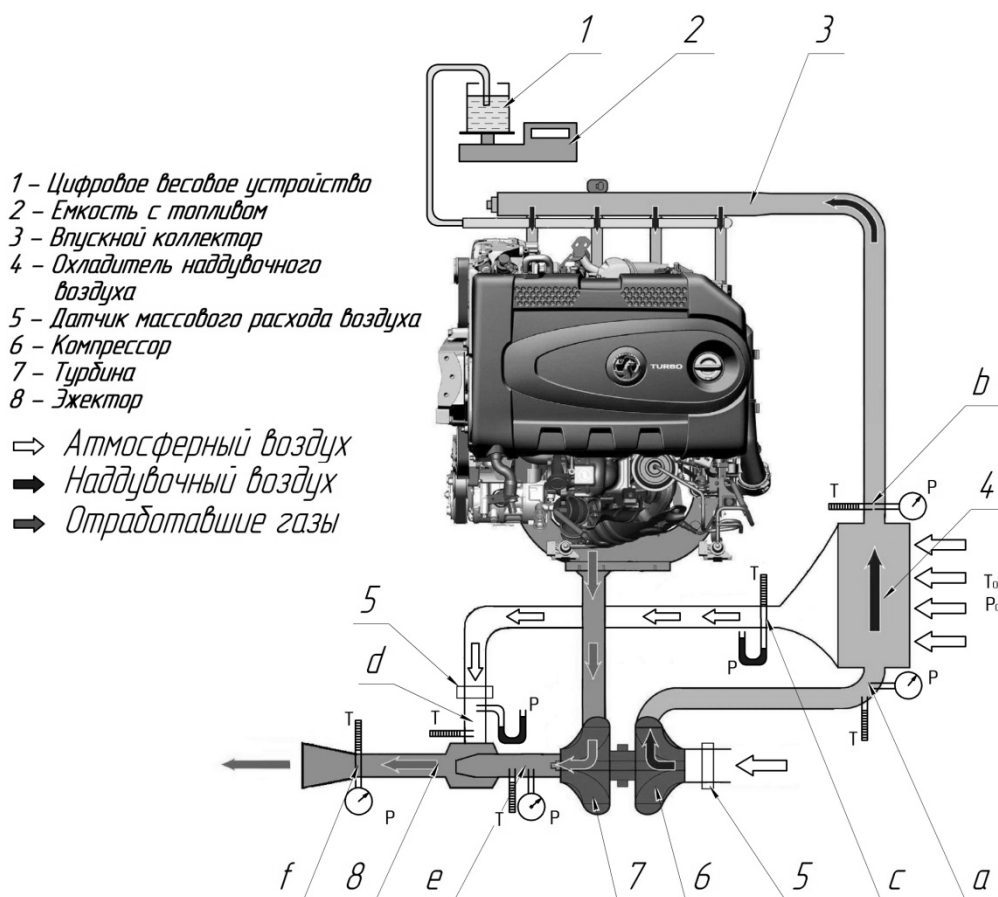


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

В ходе эксперимента моделируется процесс охлаждения наддувочного воздуха с помощью эжекционного эффекта. На схеме установки показаны места расположения датчиков и приборов для измерения параметров потоков в контрольных точках и направление потоков газов.

Методика экспериментального исследования эффективности системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха

В процессе экспериментального исследования анализируются параметры газового и воздушного потоков в системе при имитации следующих режимов работы двигателя: холостого хода, номинальной мощности и максимального вращающего момента [10–12].

В точках *a* и *b* измеряются температура и давление наддувочного воздуха после компрессора T_k, p_k и после охладителя T_s, p_s . В процессе эксперимента измеряются температура T_0 и давление p_0 окружающего воздуха перед охладителем наддувочного воздуха. Температура $T_{\text{охл}}$ и давление $p_{\text{охл}}$ атмосферного охлаждающего воздуха на выходе из матрицы охладителя измеряются в точке *c*.

Расчет и конструирование

Расход $G_{\text{охл}}$, температура $T_{\text{охл вх}}$ и давление $p_{\text{охл вх}}$ атмосферного охлаждающего воздуха на входе в эжектор измеряются в точке d . В точке e измеряются температура $T_{\text{г}}$ и давление $p_{\text{г}}$ отработавших газов на входе в сопло эжектора. Температура $T_{\text{см}}$ и давление $p_{\text{см}}$ смеси охлаждающего воздуха и отработавших газов на выходе из камеры смешения эжектора измеряются в точке f .

Измеряемые величины и измерительная аппаратура представлены в таблице.

Измеряемые величины и измерительная аппаратура

Измеряемая величина	Оборудование	Класс точности	Пределы измерений
Частота вращения коленчатого вала двигателя n , мин ⁻¹	Штатный тахометр	2	0...3500
Расход топлива двигателем, $G_{\text{т}}$, кг/ч	Цифровое весовое устройство	НСИ	0...50
Температура окружающего воздуха, $t_{\text{о}}$, °С	Ртутный термометр	1,5	-50...+50
Температура отработавших газов, $t_{\text{г}}$, °С	Датчик температуры МТ-102-К-4х20х2	1,5	0...900
Температура наддувочного воздуха, $t_{\text{к}}$, °С	Датчик температуры МТ-102-К-4х20х2	1,5	0...150
Атмосферное давление, $p_{\text{о}}$, кПа	Барометр-анероид БР-52	2	95,6...104,4
Давление отработавших газов, $p_{\text{г}}$, МПа	Манометр технический МТ-63	2,5	0...0,6
Давление наддувочного воздуха, $p_{\text{к}}$, МПа			
Давление охлаждающего воздуха, $p_{\text{охл}}$, мм вод. ст.	U-образный водяной манометр	НСИ	+250...-250
Расход воздуха двигателем, $G_{\text{в}}$, кг/ч	Штатный расходомер (ДМРВ) двигателя	1,5	0...100
Расход охлаждающего воздуха, $G_{\text{охл}}$, кг/ч	Штатный расходомер (ДМРВ) двигателя	1,5	0...100

Измеряя параметры потоков в контрольных точках, можно рассчитывать интересующие параметры элементов системы для каждого режима работы двигателя.

Эффективность системы эжекционного охлаждения оценивается комплексом параметров: коэффициентом эжекции u , КПД эжектора η и тепловой эффективностью охладителя E на каждом режиме работы двигателя [13, 14].

Одним из главных параметров является коэффициент эжекции, который определяется как отношение расхода охлаждающего атмосферного воздуха, прошедшего через охладитель (контрольная точка d), к расходу отработавших газов (контрольная точка e) [15, 16].

Коэффициент эжекции определяется

$$u = \frac{G_{\text{охл}}}{G_{\text{г}}}, \quad (1)$$

где u – коэффициент эжекции; $G_{\text{г}}$ – расход отработавших (эжектирующих) газов, кг/ч; $G_{\text{охл}}$ – расход охлаждающего (эжектируемого) воздуха, кг/ч.

Расход эжектирующих газов на входе в сопло эжектора определяется [17, 18]

$$G_{\text{г}} = G_{\text{т}} + G_{\text{в}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{т}}$ – расход топлива двигателем, кг/ч; $G_{\text{в}}$ – расход воздуха двигателем, кг/ч.

КПД эжектора определяется следующей зависимостью

$$\eta = \frac{u(e_{\text{см}} - e_{\text{охл}})}{e_{\text{г}} - e_{\text{см}}}, \quad (3)$$

где η – КПД эжектора; e – удельная эксергия потока, Дж/кг.

Для каждого из интересующих сечений рассчитываем удельные эксергии:

$$e = c_p (T - T_{\text{о.с}}) \left(1 - \frac{T_{\text{о.с}}}{T_{\text{ср}}} \right) + RT_{\text{о.с}} \ln \frac{p}{p_{\text{о.с}}}, \quad (4)$$

где c_p – удельная теплоемкость, Дж/кг·К; $T_{\text{о.с}}$, $p_{\text{о.с}}$ – температура и давление рабочего тела в состоянии равновесия с окружающей средой. Обычно принимают $T_{\text{о.с}} = 293$ К, $p_{\text{о.с}} = 0,1$ МПа; T – температура в рассматриваемом сечении, К.

$$T_{\text{ср}} = \frac{T - T_{0,c}}{\ln \frac{T}{T_{0,c}}} \quad (5)$$

Эффективность системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха можно оценить с помощью тепловой эффективности охладителя наддувочного воздуха [19, 20].

Тепловая эффективность охладителя наддувочного воздуха определяется согласно

$$E = \frac{T_k - T_s}{T_k - T_0}, \quad (6)$$

где E – тепловая эффективность; T_k – температура наддувочного воздуха на входе в охладитель, К; T_s – температура наддувочного воздуха на выходе из охладителя, К; T_0 – температура окружающего воздуха, К.

Данные, полученные в результате экспериментальных исследований для каждого режима работы двигателя, заносятся в таблицу.

Процесс обработки экспериментальных данных на основе известных методов математической статистики осуществляется в два этапа:

1. Непосредственно после окончания опыта выполняется экспресс-обработка с целью предварительной оценки характера исследуемого процесса, уточнения режимов и методики испытаний.

2. Полная обработка выполняется после завершения всего запланированного объема экспериментальных исследований.

После этого делается вывод об общей эффективности и о наилучших режимах работы системы.

Таким образом, разработанная методика и схема экспериментальной установки позволяют корректно оценить эффективность системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха и определить с достаточной степенью точности наилучшие режимы работы данной системы.

Литература

1. Лазарев, Е.А. Новый способ и устройство управления газообменом в дизеле с газотурбинным наддувом / Е.А. Лазарев, А.Н. Помаз, А.Ю. Салов // *Материалы ЛП международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству»* / под ред. д-ра техн. наук, проф. Н.С. Сергеева. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – Ч. V. – С. 77–84.
2. *Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей: учеб. для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»* / под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
3. Reulein, C. *Charging of internal combustion engines* / C. Reulein // *Combustion Engines Development. Part 2: Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation*. – Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2011. – P. 309–362. DOI: 10.1007/978-3-642-14094-5_8
4. Ханк, Г. *Турбодвигатели и компрессоры: справ. пособие: пер. с нем.* / Г. Ханк, Лангкэббель. – М.: Астрель: АСТ, 2007. – 351 с.
5. Chen, M.F. *Design of gas ejector in the engine* / M.F. Chen, N. Wang, J.C. Xiao et al. // *Applied Mechanics and Materials*. – 2013. – Vol. 321–324. – P. 1753–1756. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.321-324.1753
6. Матюхин, Л.М. *Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие* / Л.М. Матюхин. – М.: МАДИ, 2009. – 89 с.
7. Cuperus, J.H. *System for measuring ejection* / J.H. Cuperus // *Part Accel*. – 1973. – Vol. 4. – P. 189–193.
8. Li, F. *Sparsity-enhanced optimization for ejector performance prediction* / Li F., Wu C., Wang X. // *Energy*. – 2016. – P. 25–34. DOI: 10.1016/j.energy.2016.07.041
9. Чайнов, Н.Д. *Конструирование двигателей внутреннего сгорания: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» направления подготовки «Энергомашиностроение»* / Н.Д. Чайнов [и др.]; под ред. Н.Д. Чайнова. – М.: Машиностроение, 2011. – 496 с.

10. Sarkar, J. Ejector enhanced vapor compression refrigeration and heat pump systems / J. Sarkar // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2012. – Vol. 16. – Iss. 9. – P. 6647–6659. DOI: 10.1016/j.rser.2012.08.007
11. Hakkaki-Fard, A. A computational methodology for ejector design and performance maximization / A. Hakkaki-Fard, Z. Aidoun, M. Ouzzane // *Energy Conversion and Management*. – 2015. – Vol. 105. – P. 1291–1302. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.08.070
12. Lin, C. Experimental investigation of the adjustable ejector in a multi-evaporator refrigeration system / Lin C., Li Y., Cai W. // *Applied Thermal Engineering*. – 2013. – Vol. 61. – Iss. 2. – P. 2–10. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2013.07.045
13. Yan, J. Experimental study on performance of a hybrid ejector-vapor compression cycle / Yan J., Cai W., Lin C. // *Energy Conversion and Management*. – 2016. – Vol. 113. – P. 36–43. DOI: 10.1016/j.enconman.2016.01.016
14. Прокопенко, Н.И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие для студентов вузов / Н.И. Прокопенко. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 592 с.
15. Galanis, N. Ejector design and performance prediction / N. Galanis, M. Sorin // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2016. – Vol. 104. – P. 315–329. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2015.12.022
16. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 26 с.
17. Kuzmenko, K. Optimization of ejector design and operation / K. Kuzmenko, N. Yurcenko, P. Vynogradsky // *EPJ Web of Conferences*. – 2016. – Vol. 114. DOI: 10.1051/epjconf/201611402063
18. Успенский, В.А. Струйные вакуумные насосы / В.А. Успенский, Ю.М. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.
19. Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика. Ч. 1: Учебное руководство: для вузов / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1991. – 600 с.
20. Semake, O. On the design and corresponding performance of steam jet ejectors / O. Semake, N. Galanis, M. Sorin // *Desalination*. – 2016. – Vol. 381. – P. 15–25. DOI: 10.1016/j.desal.2015.11.027

Лазарев Евгений Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, lea2@mail.ru.

Помаз Андрей Николаевич, аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, a007007@yandex.ru.

Поступила в редакцию 18 августа 2016 г.

DOI: 10.14529/engin160303

THE EJECTION EFFICIENCY OF COOLING CHARGE AIR AND ITS EXPERIMENTAL EVALUATION

E.A. Lazarev, lea2@mail.ru

A.N. Pomaz, a007007@yandex.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

To increase the power and fuel economy of internal combustion engines is necessary to achieve high degrees of efficiency and perfection of design of major it systems. One way to increase capacity is turbocharged with intermediate cooling of charging air. Among the systems the intermediate cooling of charge air is the least studied system ejection cooling. In order to improve engine design analyzed the functional and design features of the ejection system, cooling of charge air in an internal combustion engine with a supercharger. These estimates compare the studied system with traditional systems-air cooling, are considered and proved the advantages of the proposed system. The detailed description of the device and principle of operation of

a software system ejection cooling. Defined objectives and program of the pilot study and determining the efficiency of extraction system-air cooling. The scheme of installation for the experimental determination of the effectiveness of the proposed system-air cooling. Define the required parameters for the analysis of gas-dynamic phenomena in the system of suction jet cooling during the pilot study, matched with the necessary measuring and recording equipment. The effectiveness of the system ejection-type cooling is assessed by the complex of parameters: the coefficient of ejection, ejector efficiency and thermal efficiency of the cooler, depending on the mode of operation of the engine. The selected places of installation of sensors for measuring pressure, temperature and flow gas streams. The limits to measurements of the parameters for the selected sensors. The methodology and calculated dependences to the experimental evaluation of the efficiency of the ejector, the charge-air cooler and induction system cooling. The exhibition of the air in General. The stages of processing of obtained experimental data. Developed methodology and scheme of the setup allows to experimentally evaluate the effectiveness of the ejection system-air cooling and to determine with a reasonable degree of accuracy the best modes of the system.

Keywords: system cooling, ejection, ejector method, the coefficient of ejection, efficiency.

References

1. Lazarev E.A., Pomaz A.N., Salov A.Ju. *Novyy sposob i ustroystvo upravleniya gazoobmenom v dizele s gazoturbinnym nadduvom* [A New Method and Apparatus to Control Gas Exchange in a Diesel Engine with Gas Turbine Supercharging]. *Materialy LII mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu"* [Materials of LII International Scientific-Technical Conference "Advances in Science Agricultural Production"]. Chelyabinsk, ChGAA, 2013, Ch. V, pp. 77–84.
2. Orlin A.S., Kruglov M.G. (Eds.) *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Sistemy porshnevnyh i kombinirovannyh dvigateley* [Internal Combustion Engines and Combined Systems Piston Engines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 456 p.
3. Reulein, C. *Charging of internal combustion engines*. Combustion Engines Development. Part 2: Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 309–362. DOI: 10.1007/978-3-642-14094-5_8
4. Hank G. *Turbodvigateli i kompressory* [Turbo Engines and Compressors]. Moscow, Astrel', AST, 2007. 351 p.
5. Chen M.F., Wang N., Xiao J.C., Liu K.M., Zhang L.Y. Design of Gas Ejector in the Engine. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 321–324, pp. 1753–1756. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.321-324.1753
6. Matjuhin L.M. *Teplotekhnicheskie ustroystva avtomobiley* [Thermal Unit of Car]. Moscow, MADI, 2009. 89 p.
7. Cuperus J.H. System for Measuring Ejection. *Part Accel*, 1973, vol. 4, pp. 189–193.
8. Li F., Wu C., Wang X. Sparsity-Enhanced Optimization for Ejector Performance Prediction. *Energy*, 2016, pp. 25–34. DOI: 10.1016/j.energy.2016.07.041
9. Chaynov N.D. *Konstruirovaniye dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Design of Internal Combustion Engines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2011. 496 p.
10. Sarkar J. Ejector enhanced vapor compression refrigeration and heat pump systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, vol. 16, iss. 9, pp. 6647–6659. DOI: 10.1016/j.rser.2012.08.007
11. Hakkaki-Fard A., Aidoun Z., Ouzzane M. A Computational Methodology for Ejector Design and Performance Maximisation. *Energy Conversion and Management*, 2015, vol. 105, pp. 1291–1302. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.08.070
12. Lin C., Li Y., Cai W. Experimental Investigation of the Adjustable Ejector in a Multi-Evaporator Refrigeration System. *Applied Thermal Engineering*, 2013, vol. 61, iss. 2, pp. 2–10. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2013.07.045
13. Yan J., Cai W., Lin C. Experimental Study on Performance of a Hybrid Ejector-Vapor Compression Cycle. *Energy Conversion and Management*, 2016, vol. 113, pp. 36–43. DOI: 10.1016/j.enconman.2016.01.016
14. Prokopenko N.I. *Jeksperimental'nye issledovaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Experimental Research of Internal Combustion Engines]. Saint-Petersburg, Moscow, Krasnodar: Lan', 2010. 592 p.

Расчет и конструирование

15. Galanis N., Sorin M. Ejector Design and Performance Prediction. *International Journal of Thermal Sciences*, 2016, vol. 104, pp. 315–329. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2015.12.022

16. Sokolov E.Ya., Zinger N.M. *Struynnye apparaty* [Jet Devices]. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1989. 352 p.

17. Kuzmenko K., Yurcenko N., Vynogradskyy P. Optimization of Ejector Design and Operation. *EPJ Web of Conferences*, 2016, vol. 114. DOI: 10.1051/epjconf/201611402063

18. Uspenskiy V.A., Kuznetsov Ju.M. *Struynnye vakuumnye nasosy* [Jet Vacuum Pumps]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973. 144 p.

19. Abramovich G.N. *Prikladnaya gazovaya dinamika. Ch. I.* [Applied Gas Dynamics. Part 1]. Moscow, Nauka Publ., 1991. 600 p.

20. Semake O., Galanis N., Sorin M. On the Design and Corresponding Performance of Steam Jet Ejectors. *Desalination*, 2016, vol. 381, pp. 15–25. DOI: 10.1016/j.desal.2015.11.027

Received 18 August 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Лазарев, Е.А. Эффективность эжекционного охлаждения наддувочного воздуха и особенности ее экспериментальной оценки / Е.А. Лазарев, А.Н. Помаз // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 21–28. DOI: 10.14529/engin160303

FOR CITATION

Lazarev E.A., Pomaz A.N. The Ejection Efficiency of Cooling Charge Air and Its Experimental Evaluation. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 21–28. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin160303
