

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА АВТОБУСНОГО ДИЗЕЛЯ Д6112

Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., А.В. Бушин, студент, ХНАДУ

***Аннотация.** Представлены обобщенные результаты испытаний воздухо-воздушной системы охлаждения наддувочного воздуха автобусного дизеля Д6112 в виде критериальных зависимостей, характеризующих аэродинамические сопротивления в воздушном радиаторе и коммуникациях системы.*

***Ключевые слова:** автомобильные дизели с высоким наддувом, системы охлаждения наддувочного воздуха, воздушные радиаторы, аэродинамические характеристики.*

Введение

Результаты испытаний каких-либо машин и оборудования всегда представляют научный и практический интерес для специалистов соответствующей области техники, если только эти результаты сопровождаются необходимым объемом информации, касающейся объекта испытаний и условий выполнения эксперимента. Значительно большую ценность имеют опытные данные, если выполнен системный, многорежимный эксперимент. Как показывает практика, во многих случаях появляется возможность результаты многорежимного эксперимента обобщить и систематизировать с использованием положений теории подобия и получить обобщенные критериальные аналитические зависимости, которые необходимы для математического моделирования процессов, происходящих в испытанных объектах, т.е. для продолжения эксперимента, но теперь уже математического.

В данной работе представлены обобщенные в критериальной форме экспериментальные данные испытаний воздухо-воздушной системы охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ) на автобусном дизеле Д6112 при его работе на режимах внешней скоростной характеристики. Исходной послужила информация опубликованной в 2009 г. статьи

профессора, д-ра техн. наук А.П. Строкова и др. [1], в которой помещены практически протокольные данные стендовых испытаний дизеля Д6112 в Головном специализированном конструкторском бюро по двигателям средней мощности (ГСКБД, г. Харьков).

Объект исследования

Объектом исследования является автобусный V-образный 6-цилиндровый дизель Д6112 (6 ЧН 13/12) и установленная на нем (рис. 1) одноступенчатая воздухо-воздушная система ОНВ, в которой наддувочный воздух охлаждается атмосферным воздухом, подаваемым штатным вентилятором.

Исследуемая система ОНВ, как видно из рис. 1, состоит из двухрядного трубчатопластинчатого воздушного радиатора и подсоединительных воздушных патрубков – подводящего (ПП) и отводящего (ПО). Оба патрубка имеют внутренний диаметр $d_n = 90$ мм. Воздушный радиатор устанавливается перед фронтом водяного радиатора системы охлаждения двигателя. Размеры обоих радиаторов по фронту движения атмосферного воздуха одинаковы. Техническая характеристика серийного воздушного радиатора помещена в табл. 1, а схема его сердцевины – на рис. 2. Конструктивные схемы воздушных патрубков представлены на рис. 3.

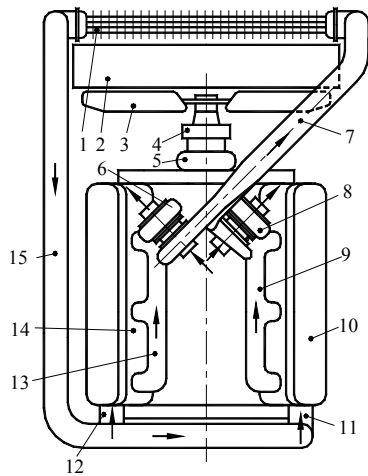


Рис. 1. Конструктивная схема системы газотурбинного наддува и серийной системы охлаждения наддувочного воздуха дизеля Д6112: 1 – воздушный радиатор; 2 – водяной радиатор; 3 – вентилятор; 4 – шкив вентилятора; 5 – водяной насос; 6, 8 – турбокомпрессоры ТКР 6-70; 7 – патрубок подводящий (ПП); 9 – коллектор выпускной правый; 10 – головка правого блока цилиндров; 11 – коллектор впускной правый; 12 – коллектор впускной левый; 13 – коллектор выпускной левый; 14 – головка левого блока цилиндров; 15 – патрубок отводящий (ПО)

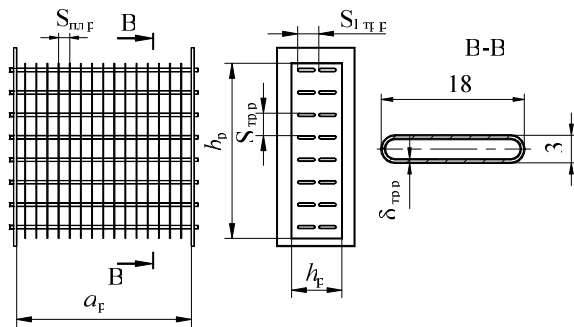


Рис. 2. Схема сердцевины воздушного радиатора

Таблица 1 Техническая характеристика двухрядного трубчато-пластинчатого радиатора

Наименование параметров, размерность (см. рис. 2)	Обозначение	Числовая величина
1	2	3
Расстояние между концевыми пластинами (длина трубки), мм	a_p	720
Размер пластин по фронту, мм	b_p	620
Наружное сечение трубки, мм×мм	$L_p \times d_p$	18×3

Продолжение табл. 1

1	2	3
Общее число трубок	$n_{\text{тр.п}}$	122
Толщина стенки трубки, мм	$\delta_{\text{тр.п}}$	0,2
Суммарное проходное сечение внутри трубок, м ²	$A_{\text{сп}} \cdot 10^3$	5,2
Гидравлический (эквивалентный) диаметр на внутренней стороне, мм	$d_{\text{сп}}$	4,65

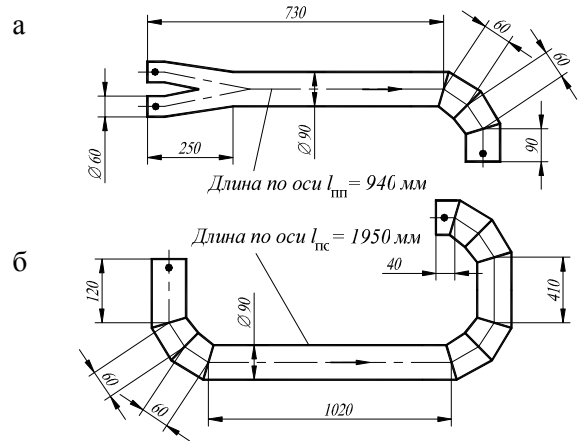


Рис. 3. Схемы воздушных патрубков системы ОНВ: а – патрубок подводящий (ПП); б – патрубок отводящий (ПО); • – места измерения статических давлений и температур

Аэродинамическая характеристика воздушного радиатора на стороне наддувочного воздуха

Экспериментальные данные [1] по изменению потерь давления наддувочного воздуха в воздушном радиаторе Δp_{sp} , Па, при работе дизеля по внешней скоростной характеристике позволяют получить обобщенную (в критериальной форме) зависимость, характеризующую аэродинамическое сопротивление радиатора на внутренней его стороне (внутри трубок). Аэродинамическое сопротивление может быть оценено числом Эйлера

$$Eu_{sp} = \frac{\Delta p_{sp}}{\rho_{sp} \cdot \omega_{sp}^2}, \quad (1)$$

где ρ_{sp} – средняя плотность наддувочного воздуха в радиаторе, кг/м³; ω_{sp} – средняя расходная скорость наддувочного воздуха в радиаторе, м/с.

Величина Eu_{sp} зависит не только от средней плотности ρ_{sp} и расходной скорости ω_{sp} воздуха в трубках, но и от длины каналов h , которые в данном случае практически равны расстоянию между концевыми пластинами радиатора $a_p = 0,72$ м. Для получения более общей критериальной зависимости величину Eu_{sp} относят к приведенной длине каналов h/d_{sp} . В результате получаем удельное число Эйлера

$$Eu_{hsp} = Eu_{sp} \frac{d_{sp}}{h}. \quad (2)$$

Величина Eu_{hsp} , как известно [2], функционально зависит от критерия Рейнольдса, который в данном случае будет равен

$$Re_{sp} = \frac{\omega_{sp} \cdot d_{sp}}{\nu_{sp}}, \quad (3)$$

где ν_{sp} – кинематическая вязкость наддувочного воздуха при его средней температуре в радиаторе, m^2/c .

Приведенные в работе [1] экспериментальные данные позволили получить критериальную зависимость

$$Eu_{hsp} = 100 \cdot Re_{sp}^{-1}, \quad (4)$$

изображенную на рис. 4. Справедливость эмпирической зависимости (4) проверена экспериментом для диапазона $Re = 400 \div 6500$.

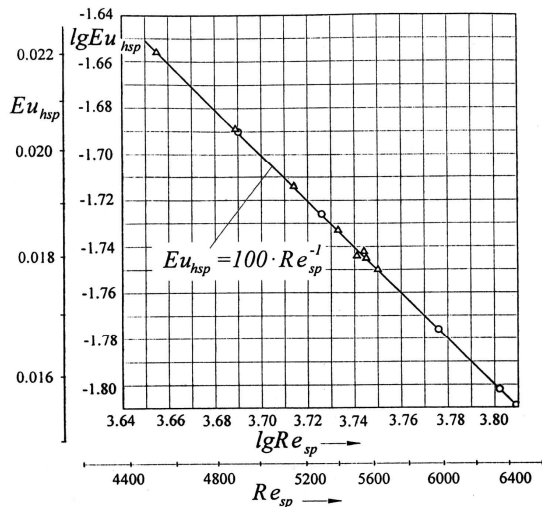


Рис. 4. Аэродинамическая характеристика воздушного радиатора на стороне наддувочного воздуха

Аэродинамическая характеристика воздушных патрубков системы ОНВ

Схемы воздушных патрубков: подводящего (ПП) и отводящего (ПО) одноступенчатой системы ОНВ приведены на рис. 3, а экспериментальные данные о потерях давления наддувочного воздуха в этих воздушных патрубках взяты из публикации [1]. Обработка экспериментальных данных позволила получить критериальные зависимости, характеризующие аэродинамические сопротивления в воздушных патрубках в аналитической (5) – (8) и графической форме (рис. 5)

$$Eu_{пп} = 1,78 \cdot 10^{11} \cdot Re^{-2,22}; \quad (5)$$

$$Eu_{ппп} = 7,87 \cdot 10^6 \cdot Re^{-1,54}; \quad (6)$$

$$Eu_{по} = 1,109 \cdot 10^6 \cdot Re^{-1,081}; \quad (7)$$

$$Eu_{поо} = 5,4 \cdot 10^4 \cdot Re^{-1,083}. \quad (8)$$

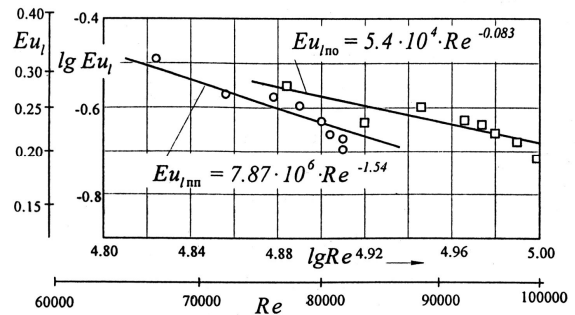
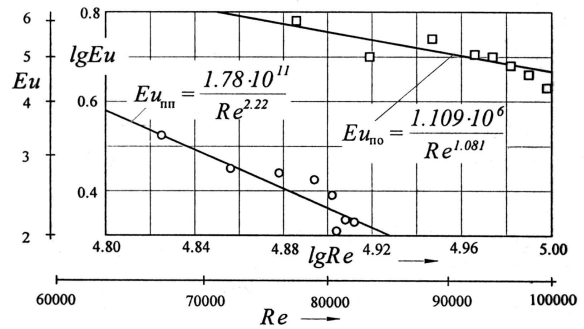


Рис. 5. Функции $Eu(Re)$ для воздухопроводов одноступенчатой системы ОНВ, полученные по результатам испытаний дизеля Д6112 на режимах внешней скоростной характеристики: о – патрубок подводящий (ПП); □ – патрубок отводящий (ПО)

Справедливость зависимостей (5) и (6) для патрубка ПП проверена в пределах $Re = 6,5 \cdot 10^4 \div 8,5 \cdot 10^4$. Справедливость зависимостей (7) и (8) для патрубка ПО проверена в пределах $Re = 7,5 \cdot 10^4 \div 10 \cdot 10^4$.

Для получения критериальных зависимостей (5) – (8) использовались соотношения

$$Eu_{пп} = \frac{\Delta p_{пп}}{\rho_{пп} \cdot \omega_{пп}^2} \quad \text{и} \quad Eu_{l_{пп}} = \frac{Eu_{пп} \cdot d_{пп}}{l_{пп}}, \quad (9)$$

$$Eu_{по} = \frac{\Delta p_{по}}{\rho_{по} \cdot \omega_{по}^2} \quad \text{и} \quad Eu_{l_{по}} = \frac{Eu_{по} \cdot d_{по}}{l_{по}}. \quad (10)$$

Выводы

В результате математической обработки и анализа экспериментальных данных работы [1] получены критериальные эмпирические зависимости, характеризующие аэродинамические сопротивления воздушных коммуникаций и воздушного радиатора системы охлаждения наддувочного воздуха автобусного дизеля Д6112. Эти обобщенные зависимости, использование которых оговорено ограниченными условиями, безусловно, носят частный характер, отражающий специфику систе-

мы охлаждения наддувочного воздуха испытанного дизеля. Однако они вносят определенный вклад в накопление уже обобщенных экспериментальных данных в области газотурбинного наддува автомобильных дизелей. И в этом состоит их научная и практическая ценность. В ХНАДУ рассмотренные в статье критериальные зависимости используются в исследовательских целях при разработке математической модели системы ОНВ дизеля Д6112.

Литература

1. Строков А.П., Харченко А.И., Червяк В.С. Результаты испытаний автобусного дизеля Д6112 с одноступенчатой системой охлаждения наддувочного воздуха // Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2008. – Вып. 23. – С. 125 – 131.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 10 марта 2009 г.