

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО И ВСАСЫВАЮЩЕГО ТИПОВ ДВС АВТОМОБИЛЕЙ

*Доктор технических наук Куликов Ю. А.,  
Томачинский Ю. Н.*

*Наведено результати експериментальних досліджень теплорозсіюючої спроможності радіаторів охолоджуючих пристроїв нагнетательного та всмоктувального типів ДВС автомобілів, отримані залежність коефіцієнта турбулізації повітряного потоку та результати порівняльного енергетичного розрахунку охолоджуючих пристроїв зазначених типів.*

*The results of experimental investigations of heat dissipating capacity radiator cooling devices discharge and suction type internal combustion engine cars, the dependences of the coefficient of turbulence in the airflow and the results of comparative calculations of the energy of these types of cooling devices.*

**Постановка проблемы.** Основным требованием, предъявляемым к системам охлаждения ДВС автомобилей, является обеспечение надежной работы автомобиля при температуре окружающей среды выше 40 °С при минимальных затратах мощности на привод вентилятора. Автомобили нового поколения оборудуются охлаждающими устройствами (ОУ) нагнетательного типа, которые обладают следующими преимуществами перед ОУ всасывающего типа: уменьшаются затраты мощности на привод вентиляторов за счет того, что они работают на «холодном» воздухе; увеличивается теплорассеивающая способность радиаторов вследствие нагнетаемого и закрученного вентилятором воздушного потока; более равномерное распределение поля скорости движения воздушного потока в радиаторе. В данных ОУ вентилятор располагается перед радиатором по движению воздуха, что приводит к дополнительной турбулизации воздушного потока перед фронтом радиатора, интенсифицируя его теплорассеивание.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Исследованиям теплорассеивающей способности радиатора и снижению затрат мощности на привод вентилятора посвящены работы проф. Куликова Ю. А., доц. Ключева А. А. и др.

**Постановка задачи.** Целью работы являются экспериментальные исследования теплорассеивающей способности радиатора и сравнительные результаты расчета ОУ нагнетательного и всасывающего типов ДВС автомобиля.

**Изложение основного материала.** Для определения эффекта влияния нагнетаемого и закрученного вентилятором воздушного потока на теплорассеивающую способность радиатора [1] были проведены экспериментальные исследования на специализированном аттестованном стенде [2] в лаборатории «Теплоэнергетические системы транспортных средств» кафедры «Автомобили» ВНУ им. В. Даля.

При проведении экспериментальных исследований ОУ нагнетательного типа вентилятор располагался в кожухе, полностью охватывающем радиатор, расстояние между вентилятором и радиатором составляло 30 мм [3].

В результате обработки экспериментальных данных были определены коэффициенты теплопередачи  $k$  и теплоотдачи  $\alpha_2$  радиаторов в параметрической и критериальной форме от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2фр}$  охлаждающих устройств нагнетательного и всасывающего типов ДВС (рис. 1...3).

При сравнении охлаждающих устройств всасывающего и нагнетательного типа видно, что в радиаторах охлаждающих устройств нагнетательного типа коэффициент теплопередачи  $k$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  выше на 4...11%, чем в охлаждающих устройствах всасывающего типа из-за более высокой турбулизации воздушного потока, закрученного вентилятором.

В табл. 1 приведены коэффициент теплопередачи  $k$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  радиатора в параметрической и критериальной форме.

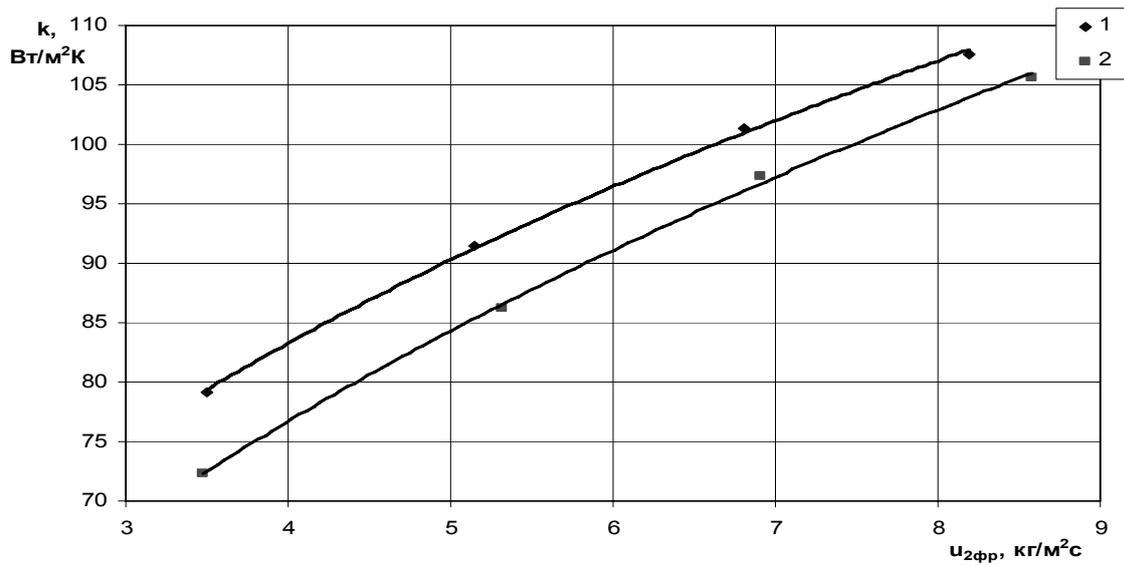


Рис. 1 Зависимость коэффициента теплопередачи  $k$  радиатора от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2фр}$ :  
 1) охлаждающее устройство нагнетательного типа; 2) охлаждающее устройство всасывающего типа

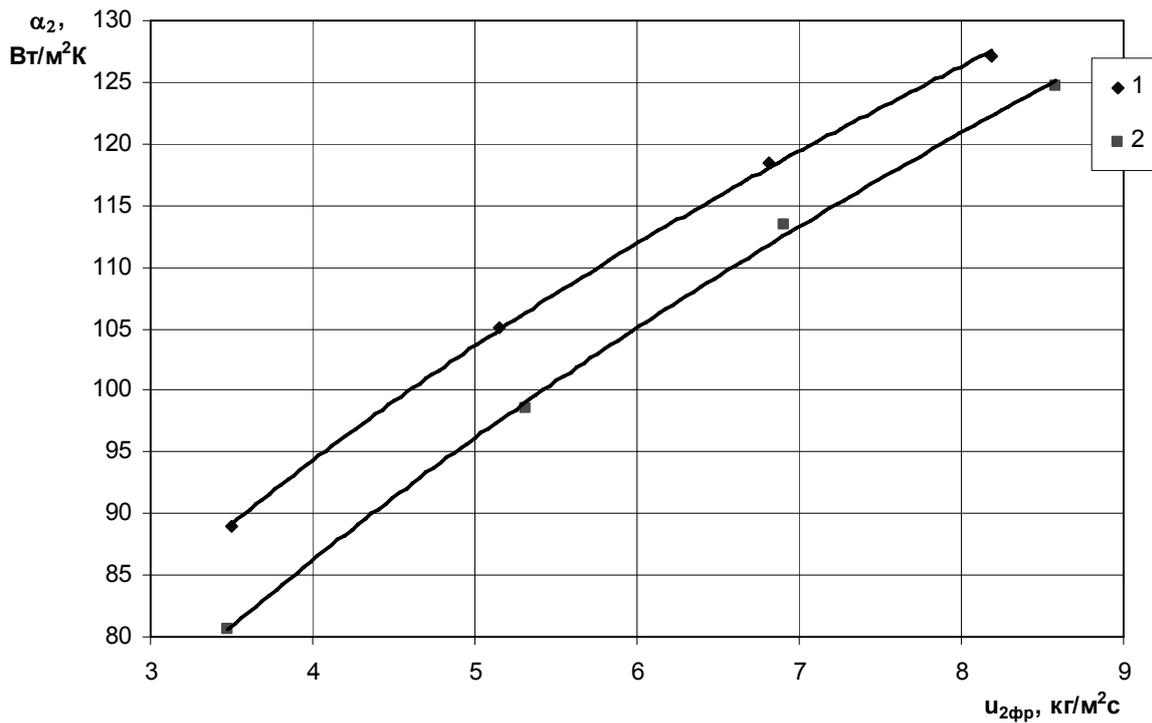


Рис. 2 Зависимость коэффициента теплоотдачи  $\alpha_2$  радиатора от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2фр}$ :  
 1) охлаждающее устройство нагнетательного типа; 2) охлаждающее устройство всасывающего типа

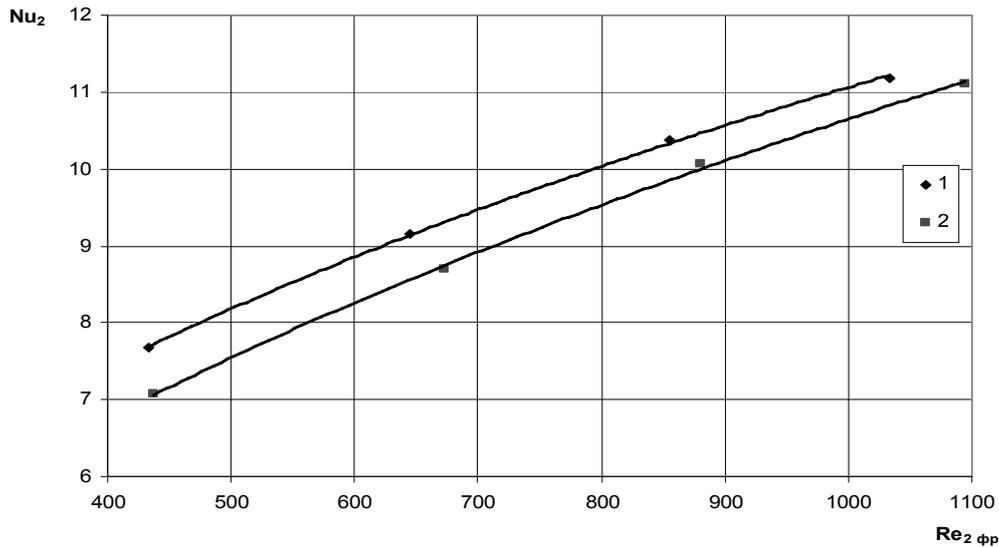


Рис. 3 Зависимость критерия Нуссельта  $Nu_2$  от критерия Рейнольдса  $Re_2$ :  
1) охлаждающее устройство нагнетательного типа; 2) охлаждающее устройство всасывающего типа

Таблица 1

**Коэффициент теплопередачи  $k$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  радиатора в параметрической и критериальной форме**

Тип охлаждающего устройства	Коэффициент теплопередачи радиатора $k$ , Вт/м <sup>2</sup> К	Коэффициент теплоотдачи радиатора $\alpha_2$ , Вт/м <sup>2</sup> К
Нагнетательный	$k = 50,403 \cdot u_{2\text{ фр}}^{0,3622}$	$\alpha_2 = 52,554 \cdot u_{2\text{ фр}}^{0,4217}$
	$Nu_2 = 0,5468 \cdot Re_{2\text{ фр}}^{0,4353}$	
Всасывающий	$k = 42,617 \cdot u_{2\text{ фр}}^{0,4239}$	$\alpha_2 = 43,871 \cdot u_{2\text{ фр}}^{0,4875}$
	$Nu_2 = 0,3435 \cdot Re_{2\text{ фр}}^{0,4972}$	

На рис. 4 и рис. 5 приведены результаты экспериментальных исследований зависимости аэродинамического сопротивления радиатора  $\Delta p_2$  в параметрической и критериальной форме от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2\text{ фр}}$  в охлаждающих устройствах всасывающего и нагнетательного типов. При работе блока «вентилятор-радиатор» в охлаждающем устройстве нагнетательного типа аэродинамическое сопротивление радиатора  $\Delta p_2$  возрастает с увеличением массовой скорости воздуха в сравнении с охлаждающим устройством всасывающего типа.

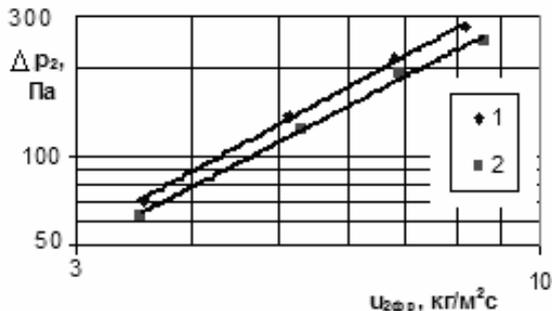


Рис. 4 Зависимость аэродинамического сопротивления  $\Delta p_2$  радиатора от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2\text{ фр}}$ :  
1) охлаждающее устройство нагнетательного типа; 2) охлаждающее устройство всасывающего типа

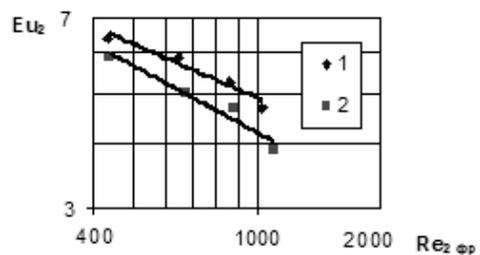


Рис. 5 Зависимость критерия Эйлера  $Eu_2$  от критерия Рейнольдса  $Re_2$ :  
1) охлаждающее устройство нагнетательного типа; 2) охлаждающее устройство всасывающего типа

В табл. 2 приведены аэродинамическое сопротивление  $\Delta p_2$  радиатора в параметрической и критериальной форме.

Таблица 2

**Аэродинамическое сопротивление  $\Delta p_2$  радиатора в параметрической и критериальной форме**

Тип охлаждающего устройства	Аэродинамическое сопротивление радиатора, Па
Нагнетательный	$\Delta p_2 = 9,4408 \cdot u_{2\text{фр}}^{1,62}$ $Eu_2 = 53,481 \cdot Re_{2\text{фр}}^{-0,3461}$
Всасывающий	$\Delta p_2 = 9,3019 \cdot u_{2\text{фр}}^{1,5435}$ $Eu_2 = 80,925 \cdot Re_{2\text{фр}}^{-0,4284}$

В результате сравнения экспериментальных значений коэффициента теплоотдачи  $\alpha_2$  радиаторов охлаждающих устройств нагнетательного и всасывающего типов был получен коэффициент турбулизации  $\varepsilon_T$ , учитывающий влияние нагнетаемого и закрученного вентилятором воздушного потока на теплопередачу радиатора (рис. 6):

$$\varepsilon_T = \frac{\alpha_{2н}}{\alpha_{2в}} = 1,1978 \cdot u_{2\text{фр}}^{-0,0658}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{2н}$  – коэффициент теплоотдачи радиатора ОУ нагнетательного типа,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\alpha_{2в}$  – коэффициент теплоотдачи радиатора ОУ всасывающего типа,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ .

Полученное выражение справедливо при значениях массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2\text{фр}} = 3,4 \dots 8,51 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ .

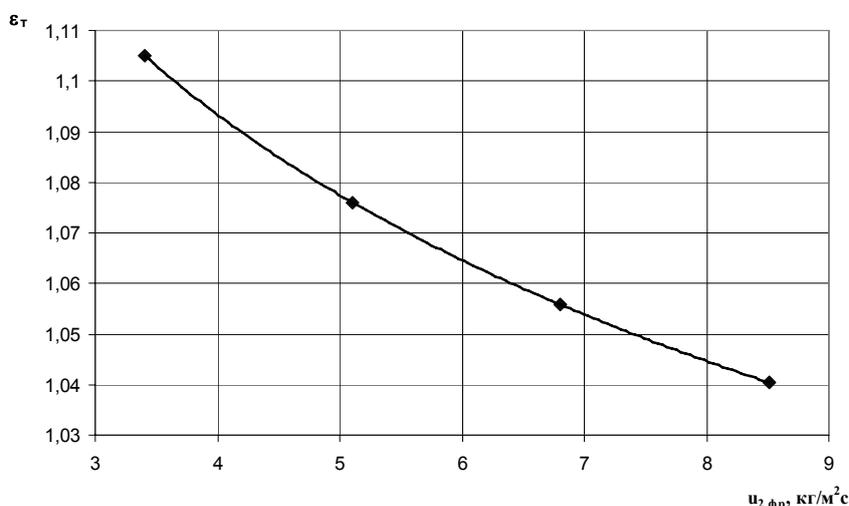


Рис. 6 Зависимость коэффициента турбулизации  $\varepsilon_T$  от массовой скорости воздуха перед фронтом радиатора  $u_{2\text{фр}}$

Зависимостью (1) можно пользоваться для проведения расчетов охлаждающих устройств нагнетательного и всасывающего типов ДВС автомобилей.

Для выбора рациональных параметров конструкции и режимов работы охлаждающего устройства двигателя внутреннего сгорания автомобиля был проведен сравнительный энергетический расчет охлаждающих устройств нагнетательного и всасывающего типов ДВС автомобилей [4].

Результаты расчетов охлаждающих устройств нагнетательного и всасывающего типов ДВС автомобилей представлены в табл. 3.

## Результаты теплового и аэродинамического расчетов охлаждающих устройств

№ п/п	Параметр	ОУ нагнетательного типа	ОУ всасывающего типа
1.	Массовая скорость воздуха, обеспечивающая заданный ТУ теплосъем, $\rho_{2фр}$ , кг/м <sup>2</sup> с	6,54	5,56
2.	Коэффициент теплопередачи радиаторов $k$ , Вт/м <sup>2</sup> К	85,28	80,16
3.	Аэродинамическое сопротивление радиаторов, $\Delta P_2$ , Па	193,3	152,4
4.	Температура воды на выходе из радиатора, °С	100,54	100,86
5.	Линейная скорость воды в трубках радиатора, $v_1$ , м/с	1,82	1,82

Проведенные экспериментальные исследования показали, что теплорассеивающая способность радиатора в ОУ нагнетательного типа выше, чем в ОУ всасывающего типа за счет эффекта влияния нагнетаемого и закрученного вентилятором воздушного потока, т.е. более интенсивной его турбулизации.

Применение охлаждающего устройства нагнетательного типа позволяет получить следующие преимущества: уменьшить потери на выходе из аэродинамического тракта при заданном расходе воздуха почти в 4 раза и общее сопротивление аэродинамического тракта на 23 % за счет увеличения площади сечения на выходе и плотности воздуха, т.к. вентилятор, в отличие от охлаждающего устройства всасывающего типа, работает не при температуре воздуха на выходе из радиатора ( $t = 65 \dots 70$  °С), а при расчетной температуре окружающей среды ( $t = 40$  °С).

**Вывод:** применение охлаждающих устройств нагнетательного типа позволяет увеличить теплорассеивающую способность радиатора на 4...11 %, а также уменьшить потери на выходе из аэродинамического тракта при заданном расходе воздуха почти в 4 раза и общее сопротивление аэродинамического тракта на 23 % за счет увеличения площади сечения на выходе и плотности воздуха.

## Литература

1. Куликов Ю. А. Экспериментальные исследования теплорассеивающей способности радиатора охлаждающего устройства нагнетательного типа / Ю. А. Куликов, Ю. Н. Томачинский // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 7 (149). С. 161 – 164.
2. Теплоэнергетические системы транспортных машин / [Куликов Ю. А., Быкадоров В. В., Котнов А. С. и др.]; под. ред. Ю. А. Куликова. – Луганск: «Елтон-2», 2009. – 365 с.
3. Патент України № 64590, МПК В60К 11/00, F04D 25/00, опубл. 10.11.2011, бюл. № 21.
4. Куликов Ю. А. Выбор рациональных параметров конструкции и режимов работы блока «радиатор-вентилятор» охлаждающего устройства нагнетательного типа двигателя автомобиля / Куликов Ю. А., Гончаров А. В., Томачинский Ю. Н. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 3 (145). С. 204 – 208.