

# РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

## РАСЧЕТ ОХЛАДИТЕЛЕЙ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА КОМБИНИРОВАННЫХ ДВС С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Румянцев В.В., Ахметшин Е.А., Кузьмин И.А. (Камская государственная инженерно-экономическая академия)

На сегодняшний день в практике расчета тепловых и гидравлических характеристик охладителей наддувочного воздуха (ОНВ) используют среднеарифметические значения параметров, характеризующих теплофизические свойства теплоносителей в тепловом расчете также пользуются понятием среднелогарифмического температурного напора [1, 2].

При возрастающем температурном напоре, реализуемом в различных теплообменных системах, неучет совместного влияния тепловых и гидравлических характеристик приводит к значительным погрешностям конечных результатов расчета [2,3].

В ОНВ современных комбинированных поршневых двигателей (КДВС) температурные напоры имеют тенденцию к постоянному увеличению. Это вызвано реализацией повышенных степеней давления  $\pi_k$  в компрессорах агрегатов наддува ( $\pi_k > 2,5$ ) и тепловой эффективности ОНВ ( $E=0,85 - 0,92$  при глубине охлаждения наддувочного воздуха более 100 К).

В рамках поверочных расчетов ОНВ предлагается выполнять совместный теплогидравлический расчет, который позволяет определять местные значения коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_k(i)$  и температуру  $T_k(i)$  по длине матрицы теплообменника (со стороны наддувочного воздуха). При этом учитывается изменение локальных значений теплофизических параметров.

В матрице ОНВ выделяется характерный конструктивный элемент – единичный канал, который разбивается на отдельные участки с постоянным шагом  $Dx$ . Для каждого канала считаются заданными:

- значения  $\alpha_v(i)$  и  $T_v(i)$  с внешней стороны матрицы;
- параметры наддувочного воздуха на входе в единичный канал  $G_k, \pi_k, p_k, T_k$ ;
- геометрия поперечного сечения единичного канала;
- уравнения подобия теплообмена  $Nu=f(Re, Pr, \epsilon_1, \Gamma)$  и гидравлики  $\xi=f(Re, \Gamma)$ .

Выше обозначено:  $G_k$  – расход наддувочного воздуха;  $p_k, T_k$  - давление и температура наддувочного воздуха на входе в единичный канал ОНВ;  $Re, Nu, Pr$  – числа подобия Рейнольдса, Нуссельта, Прандтля;  $\epsilon_1$  – коэффициент, характеризующий интенсификацию теплообмена на начальном участке канала;  $\Gamma$  - геометрический фактор;  $\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления.

Методика теплогидравлического расчета (рис.1) заключается в организации двух итерационных циклов: внешнего – для определения тепловых и внутреннего - гидравлических характеристик на участке длиной  $Dx$ .

Алгоритм теплогидравлического расчета был реализован в рамках поверочного расчета ОНВ. Блок-схема расчета приведена на рис.2. По данному алгоритму написана программа для ПЭВМ на языке программирования Fortran.

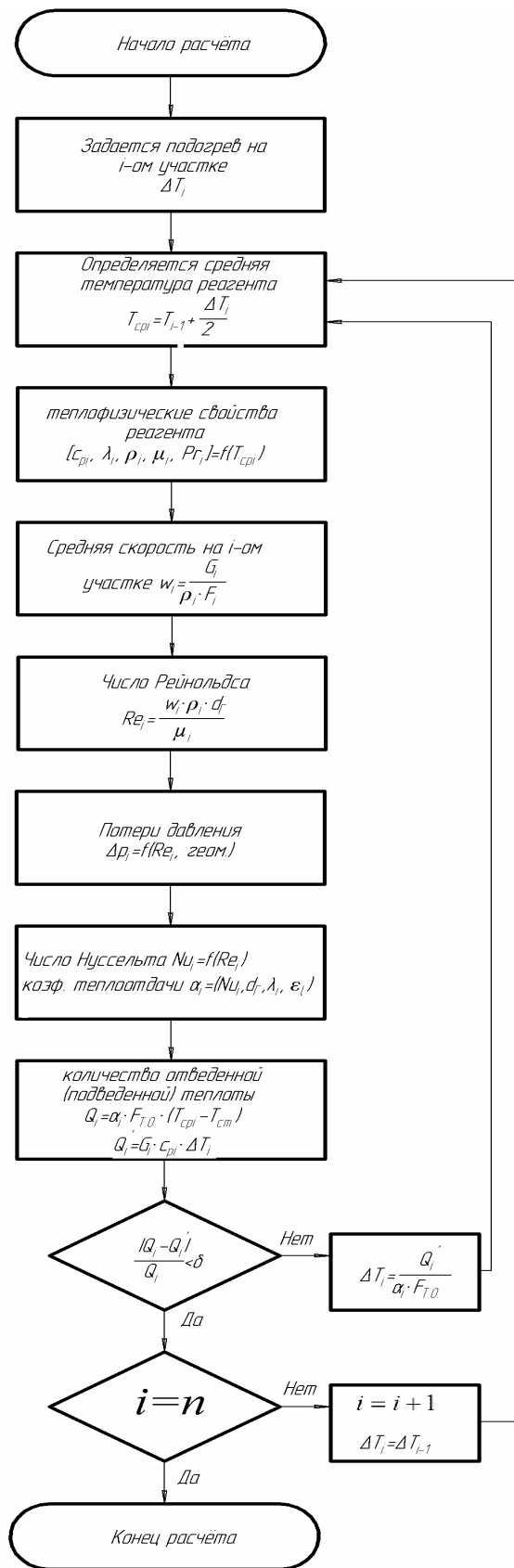


Рис. 1. Блок-схема тепло-гидравлического расчета

Серия проведенных по программе расчетов позволила установить влияние тепловой эффективности ОНВ на изменения теплофизических параметров воздуха по длине единичного канала теплообменника (рис 3, 4).

С ростом  $E$  плотность и коэффициент теплопроводности наддувочного воздуха значительно изменяются, т.к. увеличение значения  $E$  это по сути дела повышение глубины охлаждения воздуха в канале.

На рис.5 и 6 приведены изменения локальных значений числа  $Nu_k(i)$  и коэффициента теплоотдачи  $\alpha_k(i)$  по длине единичного канала ( $d$  - гидравлический диаметр канала). Здесь же показаны средние значения  $Nu_{кр}$  и  $\alpha_{кр}$ .

Рис.7 иллюстрирует необходимость применения совместного тепло-гидравлического расчета в зависимости от относительной длины канала. При значениях  $x/d > 60$  погрешность определения локальных и средних коэффициента теплоотдачи не превышают 10%. Однако определение локальных  $\alpha_k(i)$  необходимо для дальнейшего расчета теплонапряженного состояния ОНВ в целом. С целью подтверждения работоспособности программы в целом был проведен расчет ОНВ типа «воздух-жидкость» с геометрическими и режимными параметрами, представленными в [5]. Тепловая эффективность ОНВ составляла  $E=0,6-0,7$ . Результаты расчетов сравнивались с результатами физического эксперимента.

Сравнение проводилось по значениям температуры на выходе из ОНВ и потерям давления наддувочного воздуха в ОНВ. Погрешность определения температуры составила 0,9 - 6,2%, потерь давления 0,4 - 12% во всем исследованном в [5] диапазоне режимных параметров.

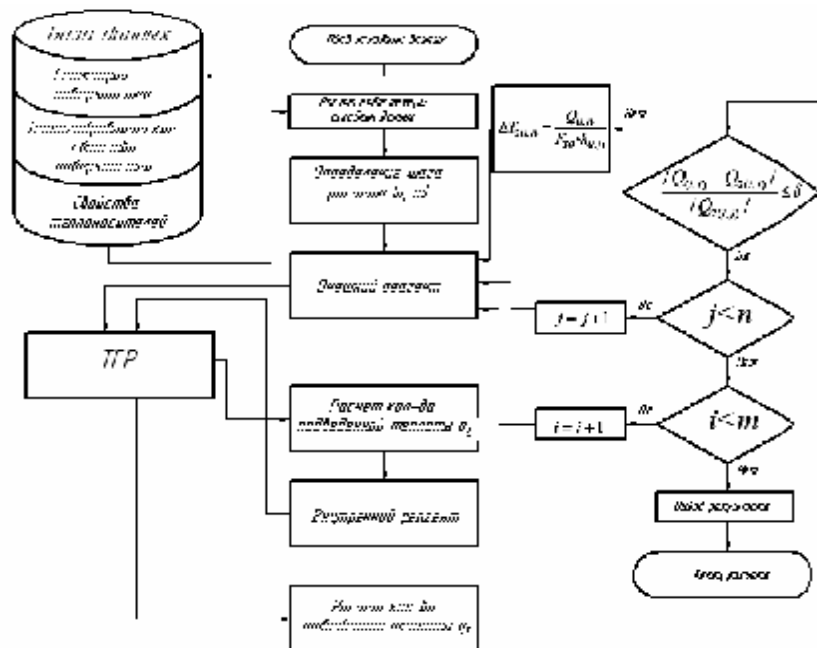


Рис. 2. Блок-схема поперечного расчета теплообменника ТГР – блок тепло-гидравлического расчета

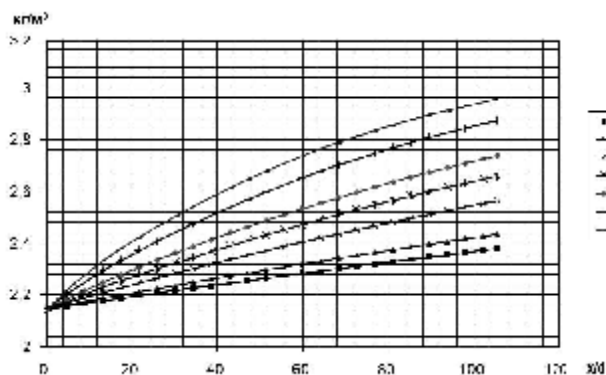


Рис. 3. Изменение плотности охлаждаемого воздуха по относительной длине теплообменника

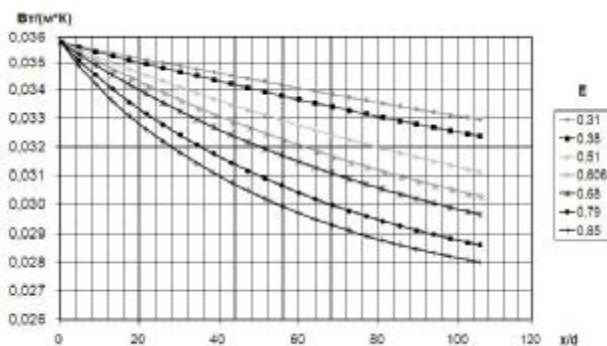


Рис. 4. Изменение коэффициента теплопроводности охлаждаемого воздуха по относительной длине теплообменника

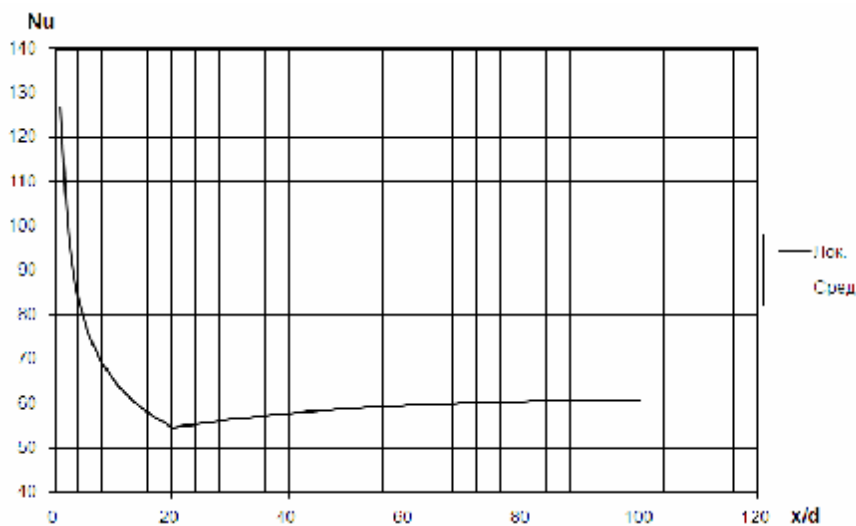


Рис. 5. Изменение числа Нуссельта по длине единичного канала

### Литература:

1. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «ДВС» / С. И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1985.-456.

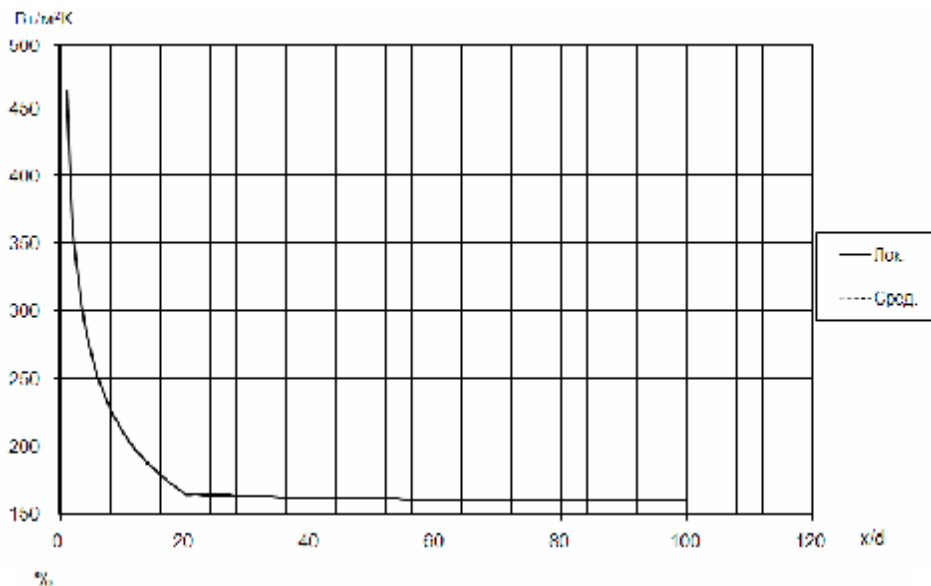


Рис. 6. Изменение коэффициента теплоотдачи по длине единичного канала

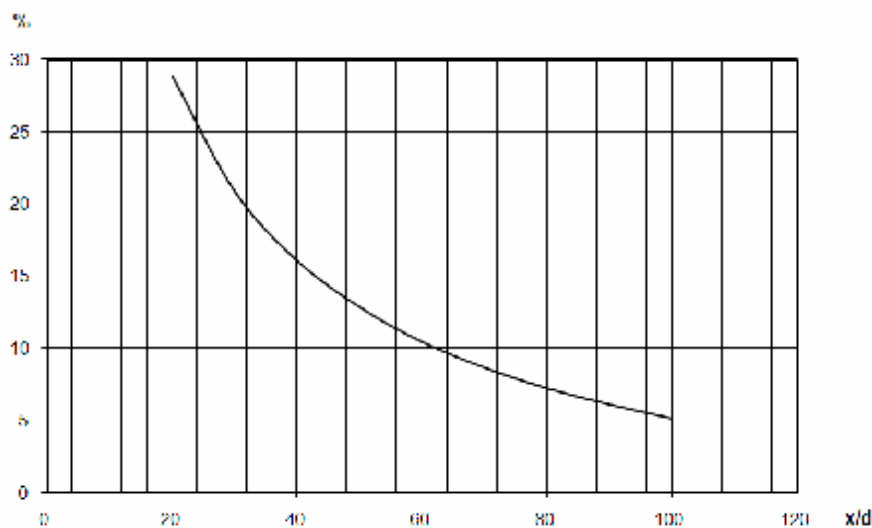


Рис.7.

2. Исаченко В. П., В.А Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача. Учебник для вузов. / Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1975. – 488с.

3. Румянцев В.В., Лиманский А.С. Теплогидравлический расчет охлаждения сопловой дефлекторной лопатки // Межвуз. сб. науч. ср.: "Высокотемпературные охлаждаемые газовые турбины двигателей летательных аппаратов", КАИ, Казань, 1983, с. 38-44.

4. Румянцев В.В., Чернов К.В., Тиунов С.В. Теплогидравлический расчет ОНВ/Силовым агрегатам КамАЗ–высокую надежность: Сб. статей // Под общей редакцией А.А.Макушина, В.Г.Шибаква. – Наб. Челны: Изд-во КамГПИ, 2005, с.44-45

5. Герасимов О. М. Повышение эффективности охлаждения воздуха быстроходного дизеля форсированного наддувом: автореферат дис. кандидата технических наук : 05.04.02 / Центр. н.-и. дизельный институт.

## ДВИГАТЕЛЬ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ

**Дьяченко В.Г., Линьков О.Ю.** (Национальный технический университет Харьковский политехнический институт»); **Воронков А.И., Никитченко И.Н.** (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет);

Важнейшей задачей в области энергетических установок транспортных средств является сокращение потребления моторных топлив из нефти и других ви-