

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. В. Цымбалко

Витебский государственный технологический университет», Беларусь

Научный руководитель И. С. Алексеев

Потребность в тепле для отопления жилого дома является в основном суммой потребностей в тепле, необходимой для возмещения потерь через наружные ограждения, и тепле, необходимом для подогрева вентиляционного воздуха. Повышенная тепловая защита начинается со снижения потребностей в тепле, необходимом для подогрева вентиляционного воздуха, за счет возможно более герметичного строительства, но это приводит к исчезновению естественного воздухообмена, столь важного для здоровья и комфорта, а также для предотвращения повреждения постройки.

Зависимость теплотребления от строительного стандарта показана на рис. 1 (по данным производителя рекуператоров фирмы Viessmann Werke GbH & Co KG).

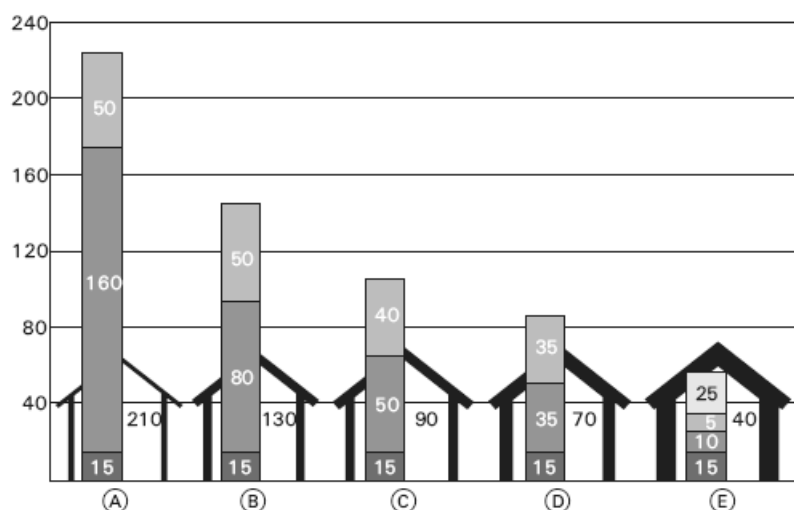


Рис. 1. Зависимость теплотребления от строительного стандарта:
 А – здание прежних лет постройки; В – здание, построенное после 1984 г.;
 С – здание, построенное после 1995 г.; D – энергосберегающий дом;
 Е – дом с улучшенными показателями энергосбережения, в котором реализованы высокие технологии

- доля регенерации тепла;
- тепло, необходимое для подогрева вентиляционного воздуха (потери за счет воздухообмена);
- тепло, необходимое для возмещения потерь через наружные ограждения;
- теплотребление на приготовление горячей воды

Чтобы максимально снизить потребности в тепле, необходимом для подогрева вентиляционного воздуха, при оптимальном воздухообмене целесообразно использовать рекуператоры.

Цель работы: разработка конструкции рекуператора.

Для достижения поставленной цели был проведен расчет теплообменника собственной конструкции и разработана конструкция рекуператора для оптимального воздухообмена в административных и бытовых помещениях производственных предприятий.

Исходные данные для расчета:

Расчет проводился для помещения $V = 98 \text{ м}^3$.

Температура горячего потока $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура холодного потока $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Высота пластины $h = 0,85 \text{ м}$.

Толщина пластины $\delta_2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

Расход $G = 0,0272 \text{ м}^3/\text{с}$.

Коэффициенты кинематической вязкости и теплопроводности при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}, \quad \lambda = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

Коэффициенты кинематической вязкости и теплопроводности при $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$\nu = 12,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}, \quad \lambda = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

Расчет теплового потока, передаваемого рекуператором при заданных условиях

Площадь живого сечения:

$$f_{\text{ж.сеч}} = \delta \cdot h = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 0,85 = 5,95 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad (1)$$

где δ – расстояние между пластинами; h – высота пластины.

$$\sum f_{\text{ж.сеч}} = f_{\text{ж.сеч}} \cdot n / 2 = 5,95 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 5,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (2)$$

где n – количество пластин.

Расход:

$$G = 0,0272 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3)$$

Скорость потока:

$$W = \frac{G}{\sum f_{\text{ж.сеч}}} = \frac{0,0272}{5,95 \cdot 10^{-3}} = 4,57 \text{ м/с}. \quad (4)$$

Число Рейнольдса для горячего потока:

$$\text{Re}_1 = \frac{W \cdot h}{\nu} = \frac{4,57 \cdot 0,85}{15 \cdot 10^{-6}} = 258966, \quad (5)$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости.

Число Нуссельта для горячего потока:

$$\text{Nu}_{\text{ж1}} = 0,018 \cdot (\text{Re})^{0,8} = 0,018 \cdot (258966)^{0,8} = 385. \quad (6)$$

Коэффициент теплоотдачи для горячего потока:

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu}_{ж1} \cdot \lambda_{ж1}}{h} = \frac{385 \cdot 2,6 \cdot 10^{-2}}{0,85} = 11,78, \quad (7)$$

где $\lambda_{ж1}$ – коэффициент теплопроводности.

Число Рейнольдса для холодного потока:

$$\text{Re}_2 = \frac{W \cdot h}{\nu} = \frac{4,57 \cdot 0,85}{12,3 \cdot 10^{-6}} = 315813. \quad (8)$$

Число Нуссельта для горячего потока:

$$\text{Nu}_{ж2} = 0,018 \cdot (\text{Re})^{0,8} = 0,018 \cdot (315813)^{0,8} = 451. \quad (9)$$

Коэффициент теплоотдачи для холодного потока:

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_{ж2} \cdot \lambda_{ж2}}{h} = \frac{451 \cdot 2,4 \cdot 10^{-2}}{0,85} = 12,73, \quad (10)$$

где $\lambda_{ж2}$ – коэффициент теплопроводности.

Коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{11,78} + \frac{7 \cdot 10^{-4}}{209} + \frac{1}{12,73}} = 6,11, \quad (11)$$

где δ – толщина пластины; λ – коэффициент теплопроводности Al.

Тепловой поток:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t = 6,11 \cdot 25 \cdot 3,44 = 525 \text{ Вт}, \quad (12)$$

где F – площадь теплообмена; Δt – разность температур потоков.

Расчет позволяет определить тепловой поток, передаваемый через пластины рекуператора, температуру входящего воздуха, в зависимости от температуры окружающей среды, а также необходимую площадь пластин рекуператора для обеспечения требуемого теплового потока.

Применение: промышленные помещения (сушилки, термообработка, гальваника и т. п.), офисы, складские помещения, рынки, магазины, коттеджи, рабочие кабинеты, парикмахерские и массажные салоны, небольшие тренажерные залы и бассейны, сауны, прачечные и пр.).

Разработанное оборудование позволяет обеспечить годовую экономию энерго-ресурсов 25–70 % (в зависимости от теплоизоляции помещения).