

## Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов

Д.т.н. Иванов О.П., магистрант Тихомиров С.А.

Выполнен сравнительный анализ сроков окупаемости теплообменников-утилизаторов пластинчатого и роторного типов для систем вентиляции и кондиционирования (СВ И СК) для объектов, расположенных в климатических регионах Северо-Запада (Санкт-Петербург). При расчете блоков утилизации необходимо иметь надежную и корректно заданную информацию о наружных климатических параметрах региона [1]

На практике известно 4 способа представления наружных условий:

1. Расчетные температура  $t_n^p$  и энтальпия  $h_n^p$  для холодного и теплого периодов года согласно СНиП 2.04.05-91\* “Отопление, вентиляция и кондиционирование”
2. Средние расчетные температура  $\bar{t}_n^p$  и относительная влажность  $\bar{\varphi}_n^p$  согласно СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”
3. Среднемесячные значения температуры наружного воздуха согласно СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”
4. Задаются параметры наружного климата по повторяемости температур в течение года (пособие к СНиП 2.01.01-82 “Строительная климатология”).



Рис.1 Продолжительность стояния температур наружного воздуха в течение года для Санкт-Петербурга

Для дальнейших расчетов наружных условий выбирается четвертый метод с учетом продолжительности стояния температур как наиболее информативный и объективный [2]

Примем производительность установки 10000 м<sup>3</sup>/ч (L<sub>пр</sub>=L<sub>в</sub>). Расчитаем затраты теплоты на нагрев наружного воздуха в системе без теплоутилизатора:

$$Q_p^i = V\rho \frac{1}{3600} c_p (t_{np} - t_n^i) \tau_i, \text{ кВт ч} \quad (1)$$

где V – расход наружного воздуха, м<sup>3</sup>/ч; ρ – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>; c<sub>p</sub> – удельная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(кг К); t<sub>np</sub> – температура приточного воздуха, °С; t<sub>n</sub> – температура наружного воздуха, °С. τ – продолжительность стояния температуры наружного воздуха, час

Годовые затраты тепла:

$$Q_p = \sum_i Q_p^i, \text{ кВт ч/год} \quad (2)$$

Расчитаем сроки окупаемости и экономию энергии при включении в состав приточно-вытяжной установки роторного регенератора стоимостью Пут=158000 руб. Температуру приточного воздуха примем t<sub>пр</sub>=18°С, температуру удаляемого из помещения воздуха t<sub>у1</sub>=22°С. Расчеты будем повторять, меняя эффективность в диапазоне ε=60...90% и период работы системы вентиляции в течение суток (24, 12 или 8 часов). В данной работе ведется расчет сроков окупаемости теплоутилизаторов в зависимости от достигнутой температурной эффективности, при этом не рассматриваются способы достижения заданной эффективности. Температура воздуха на выходе из роторного регенератора:

$$t_{n2}^i = t_{n1}^i + \varepsilon(t_{y1} - t_{n1}^i), \text{ °С} \quad (3)$$

Количество теплоты, необходимое на догрев наружного воздуха от температуры на выходе из регенератора до параметров на притоке:

$$Q_{p,ym}^i = V\rho \frac{1}{3600} c_p (t_{np} - t_{n2}^i) \tau_i, \text{ кВт ч} \quad (4)$$

$$Q_{p,ym} = \sum_i Q_{p,ym}^i, \text{ кВт ч/год} \quad (5)$$

Количество сэкономленной энергии

$$\Delta Q = Q_p - Q_{p,ym}, \text{ кВт ч/год} \quad (6)$$

Затраты энергии на вращение ротора:

$$N = N_{np} \tau, \text{ кВт ч} \quad (7)$$

где N<sub>np</sub> – установленная мощность привода ротора, кВт; τ – период работы системы вентиляции, час/год

$$\tau = \sum_i \tau_i, \text{ час/год} \quad (8)$$

Стоимость сэкономленной энергии:

$$\mathcal{E} = \Delta Q \times P^* - N \times P_{эл}, \text{ руб/год} \quad (9)$$

где  $P^*$  - стоимость электрической или тепловой энергии в зависимости от типа используемого калорифера, руб/(кВт ч);  $P_{эл}$  – стоимость электрической энергии, руб/кВт ч

Срок окупаемости теплоутилизатора:

$$\tau = \frac{P_{ум}}{\mathcal{E}}, \text{ ГОД} \quad (10)$$

Результаты расчетов представим в графической форме:

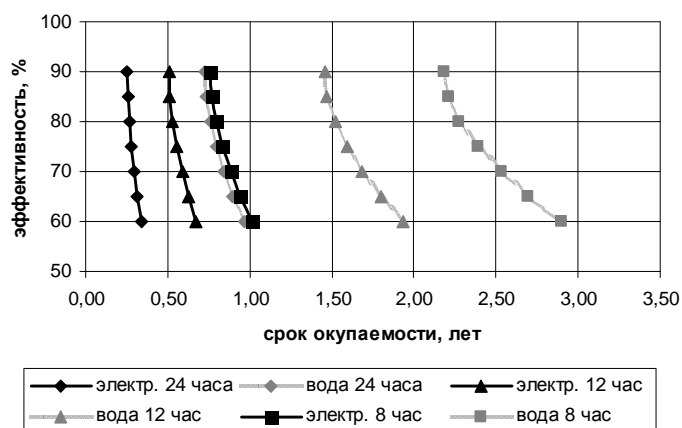


Рис.2 Срок окупаемости роторного теплоутилизатора в зависимости от его эффективности, типа теплоносителя и режима работы системы вентиляции в течение суток

Как видно, быстрее всего окупается система, в которой в качестве калорифера догрева наружного воздуха до расчетных параметров используется электрический нагреватель. Однако после полной окупаемости теплоутилизатора эксплуатация системы с электрическим нагревателем будет обходиться дороже ввиду того, что электрическая энергия значительно дороже тепловой. Поэтому система с водяным калорифером оказывается более предпочтительной.

При установке пластинчатого теплоутилизатора при низких температурах наружного воздуха возможно выпадение конденсата со стороны удаляемого воздуха и его замерзание, что негативно сказывается на работе теплообменника. Как показывает практика, при температуре удаляемого воздуха 20 °С и относительной влажности 40% для утилизатора с эффективностью  $\epsilon=60\%$  существует опасность обмерзания при температурах наружного воздуха ниже -5°С (данные по теплообменникам Noval). Проведем расчет сроков окупаемости при установке в систему обработки воздуха пластинчатого рекуператора стоимостью 108000 руб, при этом в качестве меры по предотвращению обмерзания теплообменника выберем установку дополнительного калорифера преднагрева наружного воздуха стоимостью 30000 руб в случае, если его температура будет ниже -5 °С.

Проведем аналогичный расчет, однако учтем затраты теплоты на преднагрев наружного воздуха от расчетных параметров до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Следует заметить, что при установке пластинчатого теплоутилизатора отсутствуют затраты энергии на привод, поскольку у данного типа теплообменника отсутствуют движущиеся части. Результаты расчетов представим графически:

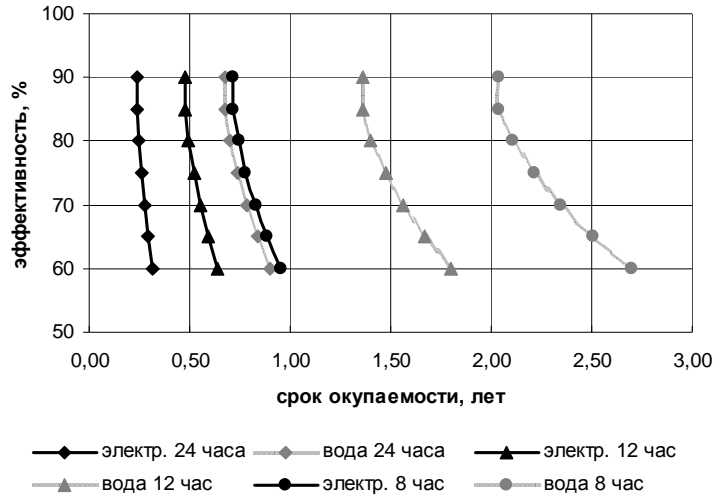


Рис.3 Срок окупаемости пластинчатого теплоутилизатора в зависимости от его эффективности, типа теплоносителя и режима работы системы вентиляции в течение суток

Проанализируем полученные результаты. Для этого построим суммарную зависимость периода окупаемости теплообменников в зависимости от достигнутой эффективности [3,4]

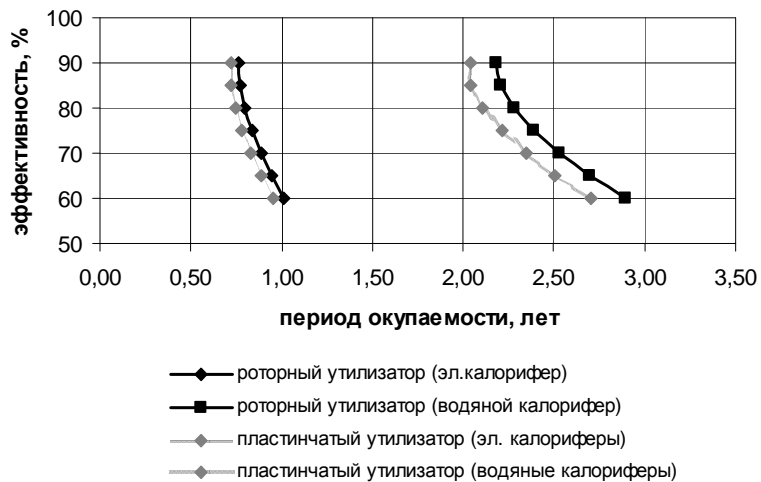


Рис.4 Сравнительная характеристика срок окупаемости пластинчатого и роторного утилизаторов (система вентиляции работает 8 часов в сутки)

В результате проведенного расчета можно сделать следующие выводы:

1. Период окупаемости пластинчатого утилизатора практически равен периоду окупаемости роторного регенератора. К тому же конструкция пластинчатого рекуператора значительно проще, нет движущихся частей в

отличие от роторного регенератора. Пластинчатый рекуператор при надежной системе защиты от обмерзания не требует обслуживания. Также пластинчатый рекуператор ввиду отсутствия перетечек воздуха может использоваться в тех системах, где недопустимо попадание вытяжного воздуха в приточный.

2. Системы с водяным калорифером окупаются значительно дольше, но в то же время значительно дешевле в эксплуатации нежели системы с электрическим калорифером ввиду более низкой стоимости тепловой энергии.
3. Чем больше период эксплуатации системы вентиляции в течение суток, тем быстрее окупается установка теплоутилизатора.
4. Повышение эффективности утилизатора (степени рекуперации) приводит к снижению срока окупаемости системы (особенно в системах с водяным калорифером). Однако в области высоких значений эффективности повышение степени рекуперации ведет лишь к незначительному уменьшению сроков окупаемости. Поскольку повышение эффективности теплообменника как правило связано с конструктивными изменениями, а следовательно с увеличением себестоимости утилизатора, оптимальным значением достигаемой эффективности следует считать  $\varepsilon=80\dots85\%$ .

Следует отметить, что в расчете не учитывались единовременные затраты на доставку, монтаж, затраты на сервисное обслуживание, амортизационные отчисления и другие расходы, связанные с включением в схему обработки воздуха роторного или пластинчатого утилизаторов. Расчет производился только с позиций экономии энергии. Поэтому в реальности срок окупаемости утилизатора может быть значительно выше, однако общая закономерность останется той же.

## **Список литературы**

1. Иванов О.П. Выбор оборудования для утилизации тепла и холода в системах кондиционирования. – Холодильная техника, 1982, №2, с.12-15
2. Иванов О.П. Конденсаторы и водоохлаждающие устройства. Л.: Машиностроение, 1980. – 162 с.
3. Иванов О.П., Рымкевич А.А. Методика комплексной оценки эффективности использования утилизации тепла и холода в системах кондиционирования воздуха. – Холодильная техника, 1980, №3, с.34-38
4. Колюнов О.А, Иванов О.П. Энергосбережение в системах вентиляции и кондиционирования за счет применения утилизации теплоты удаляемого воздуха. – Сб. научных трудов СПбГУНиПТ, Холодильная и криогенная техника, 2003, №1.
5. Колюнов О.А., Иванов О.П. Уточненная методика расчета основных аппаратов обращенной тепловой машины с учетом климатических условий работы СКВ. – СПб, Межвузовский сборник научных трудов, Известия СПбГУНиПТ, 2003, №1(5), с.26-27