

пептизация. Это метод получения коллоидного раствора путем растворения свежееобразованного осадка, с помощью специального вещества — пептизатора. К конденсационным методам относится физическая и химическая конденсация. Физическая конденсация сводится к методу замены растворителя, основанного на способности вещества хорошо или плохо растворяться в том или ином растворителе. При вливании одного раствора в другой образуются золи вещества.

Химическая конденсация сводится к реакциям, в результате которых получаются труднорастворимые соединения. Это реакции гидролиза, ионного обмена, ОВР и др. В результате эксперимента коллоидный гидроксид алюминия был получен методом химической конденсации: в пробирку вносили раствор хлорида алюминия ( $AlCl_3$ ), затем постепенно по каплям приливали раствор гидроксида натрия. Образование коллоидного раствора гидроксида алюминия фиксировали по легкому помутнению раствора, явлению опалесценции.

Этот метод получения коллоидного гидроксида алюминия требует дополнительных затрат на химические реактивы, строгое соблюдение условий и методики получения добавки, так как на устойчивость коллоидной системы оказывают влияние внешние воздействия: повышение и понижение температуры, встряхивание, перемешивание, изменение концентраций исходных веществ, добавление химических реактивов. Кроме того, исходным веществом является хлорид алюминия, а избыточное содержание ионов хлора в портландцементной системе способствует снижению прочностных характеристик бетона, приводит к коррозии арматуры, снижению долговечности и других эксплуатационных характеристик.

*Список использованных источников:*

1. Левчук Н.В. Технология модифицирования портландцементных систем коллоидальным гидроксидом алюминия: Дис. канд. техн. наук: 29.12.03. – Брест, 2003.
2. Строительное материаловедение: учеб. пособие / под общ. ред. В.А. Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с.

**Прокопья О.Н., Прожижко О.Г., Тромза Т.В.**

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП,  
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой, старший преподаватель, ассистент.*

В связи с тем, что системы рекуперации получают широкое распространение, представляет интерес оценка их эффективности на фоне других методов экономии энергии. Авторами выполнен сравнительный анализ эффективности различных методов на примере жилого здания. Эффективность теплоутилизации в режиме нагрева определяется как часть тепловой энергии, отданной приточному наружному воздуху по сравнению с той, которая могла бы быть передана, если бы этот воздух был нагрет до температуры воздуха, удаляемого из помещения [1]

$$\text{Эн} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}, \quad (1)$$

где  $t_{21}$  – температура приточного воздуха перед теплообменником, °C;  
 $t_{22}$  – температура приточного воздуха после теплообменника, °C;  
 $t_{11}$  – температура удаляемого воздуха перед теплообменником, °C.

В зависимости от конструктивного исполнения эффективность пластинчатых теплообменников составляет от 40 до 70 %, а роторных – от 60 до 85 %.

Расход тепла  $Q$  на нагрев приточного воздуха [2]:

$$Q = 0,24L\rho(t_k - t_n), \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \quad (2)$$

где  $c = 1,2$  – удельная теплоемкость воздуха,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ ;

$L$  – количество нагреваемого воздуха,  $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ ;

$\rho$  – плотность (объемная масса) воздуха,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$t_k$  – конечная температура, до которой нагревается воздух в теплообменнике, °C;

$t_n$  – начальная температура воздуха, поступающего в теплообменник, °C

В соответствии с действующими нормами удельный нормативный расход на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений  $L_1=3$  м<sup>3</sup>/ч, а расход воздуха для кухни  $L_k=90$  м<sup>3</sup>/ч, ванной комнаты и санузла  $L_{в/с}=50$  м<sup>3</sup>/ч.

Определим расход тепла на нагревание приточного воздуха от  $t_n = +8^\circ\text{C}$  до  $t_k = +20^\circ\text{C}$  для одной квартиры жилого дома. Требуемый расход воздуха:

$$L = L_1 S_{\text{кв}} + L_k + L_{в/с}, \quad (3)$$

где  $S_{\text{кв}}$  – площадь жилых комнат квартиры, м<sup>2</sup>.

Приняв  $S_{\text{кв}} = 50 \text{ м}^2$ , получаем  $L = 290 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ .

При  $t_k = +20^\circ\text{C}$   $\rho = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  и в соответствии с (2)  $Q_1 = 1006 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$ .

Определим расход тепла на нагрев воздуха при использовании теплообменника с рекуперацией. Согласно (1) при эффективности  $\mathcal{E}_n = 70\%$  и  $t_{11} = +18^\circ\text{C}$  приточный наружный воздух можно нагреть в теплообменнике до температуры  $t_{22} = 15^\circ\text{C}$ .

Тогда для нагрева воздуха от температуры  $+15^\circ\text{C}$  до  $+21^\circ\text{C}$  необходимо дополнительно затратить  $Q_2 = 419 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$ . Следовательно, расход тепла на нагрев

воздуха сократится на величину:  $\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 587 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$ , что для 40-квартирного дома

составит  $\Delta Q = 2356 \frac{\text{МДж}}{\text{сут}}$ .

Суточный расход тепла на горячее водоснабжение [2]:

$$Q = Gc(t_z - t_o), \frac{\text{ккал}}{\text{сут}} \quad (4)$$

где  $G = \eta m q \rho$  – расчетный суточный расход горячей воды,  $\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ ;

$q$  – расчетный суточный расход горячей воды,  $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ;

$\rho$  – плотность воды,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$n$  – количество квартир;

$m$  – плотность, проживающих в квартире, чел;

$c = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  – теплоемкость воды;

$t_2 - t_0$  – перепад температур воды в системе,  $^\circ\text{C}$ .

Определим суточный расход тепла на горячее водоснабжение для 40-квартирного жилого дома при  $m = 3,2$  чел.

В сутки наибольшего потребления  $q = 0,12 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$ ,  $t_2 = +55^\circ\text{C}$  и  $t_0 = +5^\circ\text{C}$ , тогда согласно (4)  $Q = 678000 \frac{\text{ккал}}{\text{сут}}$ . При температуре воды, поступающей в канализацию,

$t_2 = +35^\circ\text{C}$ , теряемое количество теплоты согласно (4)  $Q = 460800 \frac{\text{ккал}}{\text{сут}}$ , а экономия

$Q \approx 1926 \frac{\text{МДж}}{\text{сут}}$ . По методике [3] для рассматриваемого случая определено, что

применение регулируемого привода насосов в системе водоснабжения позволяет экономить  $\Delta W_3 = 24,8 \text{МДж}$ . Таким образом, из приведенных выше расчетов получаем следующее соотношение составляющих экономии для 40-квартирного жилого дома за сутки (в скобках — в процентах к общей):

1) экономия энергии в системах кондиционирования и вентиляции с применением рекуперации составит  $\Delta W_1 = 2356 \text{МДж}$  (54,7%);

2) эффективность применения рекуперации в системах водоснабжения и канализации равна  $\Delta W_2 = 1926 \text{МДж}$  (44,7%);

3) применение регулируемого привода насосов в системе водоснабжения позволяет экономить  $\Delta W_3 = 24,8 \text{МДж}$  (0,6%).

Полученные данные являются приближенными и относятся к конкретному объекту. Кроме того, они не учитывают затраты на внедрение средств экономии. Тем не менее, они наглядно демонстрируют значимость рекуперации энергии в системах вентиляции и водоснабжения. Из этого следует, что при проектировании систем автоматизации жилых и промышленных зданий с учетом критерия минимального энергопотребления необходимо внедрять оборудование для рекуперации энергии в данных системах.

*Список использованных источников:*

1. Вишневский, Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.П.Вишневский // С.О.К.: Кондиционирование и вентиляция. – 2004. – №11. – С.28-37.
2. Бондарь, Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С.Бондарь, А.С.Гордиенко, В.А.Михайлов, Г.В.Нимич; под ред. Е.С.Бондаря. – Киев: ТОВ "Видавничий будинок "Аванпост-Прим". – 2005. – 560 с.
3. Прокопеня, О.Н. Повышение эффективности работы насосных станций на основе применения частотно-регулируемых приводов / О.Н. Прокопеня, А.Г. Олех, О.Г. Прожишко // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 25 марта 2016 г. / Под ред. В.С. Северянина, В.Г. Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2016. – С. 24–28.