

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТА АБСОРБЦИОННОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕПЛОТЫ (АПТ)**

А. О. Петренко, к. т. н., доц., В. О. Петренко, к. т. н., доц.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная
академия строительства и архитектуры»*

Постановка проблемы. Абсорбционные преобразователи теплоты (АПТ) являются термодинамической системой, с помощью которой осуществляется трансформация теплоты из высокого температурного уровня на низкотемпературный (понижающие АПТ) и наоборот, из низкотемпературного уровня на более высокий (АПТ, повышающие), с помощью совмещенных прямого и обратного циклов.

Среди разных типов АПТ наибольшее распространения приобрели понижающие абсорбционные преобразователи теплоты (АПТ), предназначенные для работы в следующих режимах:

- выработка холода, режим холодильной машины;
- выработка тепла, режим теплового насоса;
- одновременная выработка тепла и холода комбинированный режим.

Широкое распространение АПТ объясняется их исключительными потребительскими качествами, высокой эффективностью, экологической чистотой, бесшумностью при работе, простотой в обслуживании, длительным сроком службы, полной автоматизацией и др. Для АПТ не нужно больших количеств электроэнергии, как для парокомпрессионных холодильных машин и тепловых насосов. В качестве греющего источника в АПТ используется низкопотенциальное тепло (пар или горячая вода с температурой 80-160 °С, а также энергия от возобновляемых источников энергии ВИЭ), или путем прямого сжигания традиционных видов энергии (уголь, мазут, газ, торф).

Производство тепла и холода в АПТ путем использования энергии ВИЭ является одним из наиболее перспективных направлений.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время АПТ находят все более широкое распространение в системах микроклимата помещений.

В нашей стране исследования в этой области начались в середине 50-х - начале 60-х годов XX века, а производство АПТ было начато в конце 60-х годов.

Серийно выпускались холодильные АБПТ мощностью 1100 и 3000 кВт (типов АБХА-1000 и АБХА-2500 соответственно). Были также освоены, модифицированные агрегаты: АБХА-2500 ХТ - для одновременной выработки холода и тепла и АБХА-2500 ТН - для выработки только тепла.

Классификация отечественных АПТ нового поколения достаточно разнообразна и включает разные их типы (рис. 1).

Однако указанные выше отечественные АПТ существенно уступали по своим показателям АПТ стран США и Японии. Так серийно АПТ типа АБХА-1000 и АБХА-2500, которые выпускаются, при равной холодопроизводительности

сти превышали по металлоемкости соответствующие образцы фирмы "Carrier" в 3,5 - 4 раза.



Рис. 1. Классификация абсорбционных преобразователей тепла (АПТ)

Выделение нерешенных ранее вопросов. Эффективность производства холода или превращения теплоты с помощью АПТ определяется их технико-экономическими показателями. Для улучшения этих показателей необходимо проводить научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование АПТ.

Изложение основного материала исследования. Расчет тепловых потоков бромистолитиевого абсорбционного преобразователя тепла с учетом основных необратимых потерь термодинамических процессов (рис. 2) по условиям: температура воды $^{\circ}C$: греющей T_h , охлаждающей T_w , охлажденной T_s ; теоретическое значение концентрации слабого ξ_a^* и крепкого ξ_r^* раствора.

Схема машины - с генератором оросительного типа, с рециркуляцией воды через испаритель и без рециркуляции слабого и крепкого растворов соответственно через абсорбер и генератор. Подача охлаждающей воды в абсорбер и конденсатор последовательная: сначала в абсорбер, а затем в конденсатор.

Приняты значения температур и давления следующие.

Высшая температура в конце процесса кипения раствора в генераторе:

$$T_4 = T_h - \Delta T_h, \text{ } ^{\circ}C \quad (1)$$

При температуре нагрева охлаждающей воды в абсорбере $\Delta T_{оа} = 5 \text{ K}$ температура конденсации составит:

$$T_k = T_{\omega} + \Delta T_{оа} + \Delta T_{\omega}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Давление конденсации p_k определяют с помощью $\xi - i$ диаграммы при $\xi = 0$ и $T_k, \text{ } ^\circ\text{C}$. Гидравлическое сопротивление прохождению пара из генератора в конденсатор принимаются равными $\sum \Delta p = 0$. Тогда $p_h = p_k, \text{ кПа}$. Низшая температура раствора в конце процесса абсорбции:

$$T_2 = T_w + \Delta T_a, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

Температура кипения воды в испарителе:

$$T_0 = T_s - \Delta T_s, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Давление кипения воды в испарителе p_0 (кПа) находят при $\xi = 0$ и $T_0, \text{ } ^\circ\text{C}$.

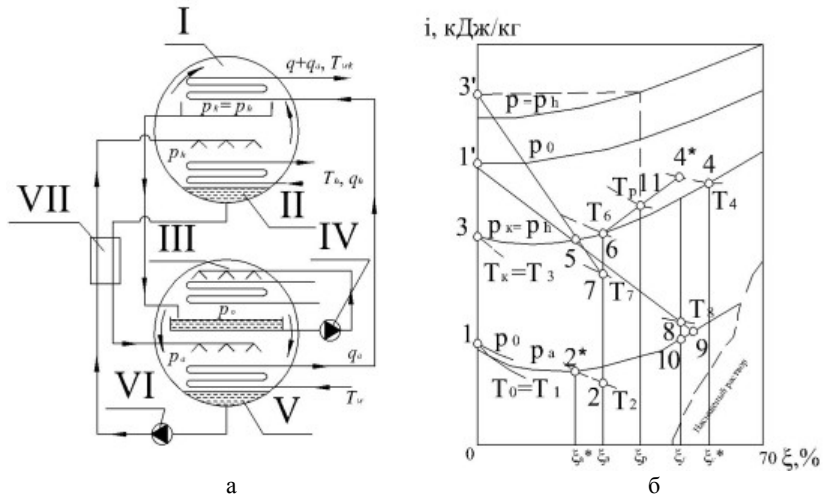


Рис. 2. Построение узловых точек работы элементов АПТ на ξ -и диаграмме

Суммарные гидравлические сопротивления прохождения пара из испарителя в абсорбер принимают равными $\sum \Delta p = 0,133 \text{ кПа}$.

Тогда давление пара в абсорбере составит:

$$p_a = p_0 - \sum \Delta p, \text{ кПа} \quad (5)$$

Теоретическое значение концентрации слабого ξ_a^* и крепкого ξ_2^* раствора. По данным опытов в генераторах оросительного типа недовыпаривания ξ_2^* , крепкого раствора из-за отсутствия столба кипящего раствора ниже недовыпаривания в генераторах затопленного типа и составляет 1 - 2 %. Действи-

тельная концентрация крепкого раствора: $\xi_2 = \xi_2^* - \Delta\xi_2, \%$.

Придерживается условие $\xi_2 \leq 64\%$. Действительная концентрация слабого раствора: $\xi_a = \xi_a^* + \Delta\xi_a, \%$.

Температура крепкого раствора на выходе из теплообменника:

$$T_a = T_2 + \Delta T_p, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

Кратность циркуляции раствора: $f = \frac{\xi_2}{(\xi_2 - \xi_a)}, \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$.

Теплота теплообменника: $q_T = (f - 1) \cdot (i_4 - i_8), \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Энтальпия слабого раствора после теплообменника: $i_7 = i_2 + \frac{q_T}{f}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

При i_7 и ξ_a находим температуру слабого раствора $T_7, \text{ } ^\circ\text{C}$

В связи с тем что слабый раствор на входе в генератор недогрет к состоянию равновесия, в оросительном генераторе с момента распыливания в форсунках он абсорбирует пар, в результате чего концентрация раствора снижается, а температура его повышается практически к уравновешенному значению. Процесс 7 - 5 - абсорбция пара, а процесс 5 - 4 - кипение раствора в генераторе оросительного типа.

Температура $T_5, \text{ } ^\circ\text{C}$ раствора в точке 5 определяется графическим путем (рис. 2 б).

Температура $T_6, \text{ } ^\circ\text{C}$ при ξ_a и p_h . средняя температура раствора в генераторе оросительного типа: $T_p = \frac{(T_4 + T_5)}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}$.

Концентрация раствора ξ_p отвечает температуре T_p (точка 11).

Энтальпия перегретого пара ($i_3, \text{ кДж/кг}$) на выходе из генератора определяется по $\xi - i$ диаграмме при известных p_h и ξ_p .

Теплота генератора: $q_h = i_3 + (f - 1) \cdot i_4 - f i_7, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теплота испарителя: $q_0 = i_1 - i_3, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теплота конденсатора: $q = i_3 - i_3, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теплота абсорбера: $q_a = i_1 + (f - 1) \cdot i_8 - f i_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теплота подведенная: $\sum q_{\text{подв}} = q_h + q_0, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Теплота отведенная: $\sum q_{\text{відв}} = q + q_a, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Тепловой баланс: $\sum q_{\text{відв}} = \sum q_{\text{відв}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Тепловой коэффициент: $\zeta = \frac{q_0}{q_h}$.

Для упрощения процесса расчета и подбора наиболее оптимального варианта была разработана программа в специальном пакете Maple 9, что позволяет быстро и точно получать результаты при изменении начальных данных.

Выводы. При значении концентрации слабого раствора в промежутке 55-60% и увеличении температуры охлаждающей воды теплота генератора q_h увеличивается.

При значении концентрации слабого раствора в промежутке 55-60% и увеличении температуры охлаждающей воды теплота испарителя q_0 постоянная.

При значении концентрации слабого раствора в промежутке 55-60% и увеличении температуры охлаждающей воды теплота конденсатора q увеличивается.

При значении концентрации слабого раствора в промежутке 55-60% и увеличении температуры охлаждающей воды теплота абсорбера q_a увеличивается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стронг Д. Техника физического эксперимента / Стронг Д. – Л.: Лен-издат, 1948. – 220 с.
2. Сабади П.Р. Солнечный дом / Сабади П.Р.; [пер. с англ. Н.Б. Гладковой]. – М.: Стройиздат, 1981. – 113 с.
3. Крафт Г. Системы низкотемпературного отопления / Крафт Г.; [пер. с немецкого Булкина С.Г.]. – М.: Стройиздат, 1983. – 108 с.
4. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы. Учеб. пособие для спец. "Техника и физика низких температур" Астрахан.гос.тех.ун-т. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. - 226 с.