

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ НУЖД ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. Г. Лосев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Эффективность получение тепловой и холодильной энергии в одной установке известно давно. Но всегда проблематично найти место, где можно было бы применить подобную систему. В современных торговых центрах всегда есть отделения продовольственного магазина, у которых достаточно большое потребление холода, также в торговых центрах часто есть собственная кулинария и (или) пункты общепита, у которых достаточно большое потребление горячей воды. Использование теплоты конденсации холодильных установок для нагрева воды может приемлемо сократить затраты торгового центра на тепловую энергию.

Целью данной работы является определение оптимальных режимов работы холодильных машин при нагреве воды и определение расходов горячей воды, при которых использование теплоты конденсации для нагрева воды было бы выгодно.

Методика исследования заключается в определении разницы между потребляемой электрической энергией на привод компрессора и экономией тепловой энергии при различных расходах горячей воды на 1 кВт холодильной мощности и при различных температурах конденсации. Также был определен расход электроэнергии на привод компрессора без использования теплоты конденсации. Все расчеты приводились к 1 кВт холодильной мощности.

В расчетах были приняты следующие исходные данные:

Климатические параметры наружного воздуха – СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ (Изменение № 1 СНБ 2.04.02–2000) для г. Гомель.

- Температура конденсации при охлаждении конденсатора наружным воздухом на 15 °С выше температур наружного воздуха, но не ниже +20 °С.
- Переохлаждение при охлаждении конденсатора наружным воздухом 5 °С.
- Температура кипения среднетемпературных холодильных машин –10 °С.
- Температура кипения низкотемпературных холодильных машин –28 °С.
- Перегрев 10 °С.
- Режим работы магазина 15 ч в сутки.
- Нагрузка по холоду в нерабочее время 67 % от нагрузки в рабочее время.
- Максимальная температура воды на 5 °С ниже температуры конденсации.
- Переохлаждение при охлаждении конденсатора водой 5 °С.
- Температура холодной воды в отопительный период +5 °С, в неотапительный период +15 °С.

• За основу для расчета холодильных коэффициентов были приняты полугерметичные поршневые компрессоры «BITZER».

• Для перевода тепловой энергии в условное топливо использовался коэффициент 175 кг у. т./Гкал.

• Для перевода электрической энергии в условное топливо использовался коэффициент 1,1·313 г у. т./кВт·ч.

Годовой расход электроэнергии на привод компрессора рассчитывался по формуле

$$\Xi = \int_0^{4598} \Gamma_{B_3}(\tau) d\tau + \int_0^{4598} \Gamma_{B_1}(\tau) d\tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$\Gamma_{B_3}(\tau) = \left[\frac{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon_t}, \text{ если остаток от деления } \frac{\tau}{24} < 24 \cdot \gamma}{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon(t(\tau))} \text{ в остальных случаях}} \right];$$

$$\Gamma_{B_3}(\tau) = \left[\frac{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon_t}, \text{ если остаток от деления } \frac{\tau}{24} < 24 \cdot \gamma \frac{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^{\text{П}}}{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^{\text{З}}}}{\text{ДН}(\tau) \frac{1}{\varepsilon(t(\tau))} \text{ в остальных случаях}} \right],$$

где ДН(τ) – функция, равная 1 в рабочее время магазина, и равная 0,67 в нерабочее; ε_t – холодильный коэффициент при соответствующей температуре конденсации при охлаждении конденсатора водой; t(τ) – функция температуры наружного воздуха в зависимости от времени; ε(t) – функция значения холодильных коэффициентов в зависимости от температуры наружного воздуха; γ – отношение энергии, требуемой для нагрева суточного расхода воды к суточной энергии, выделяемой конденсатором холодильной машины.

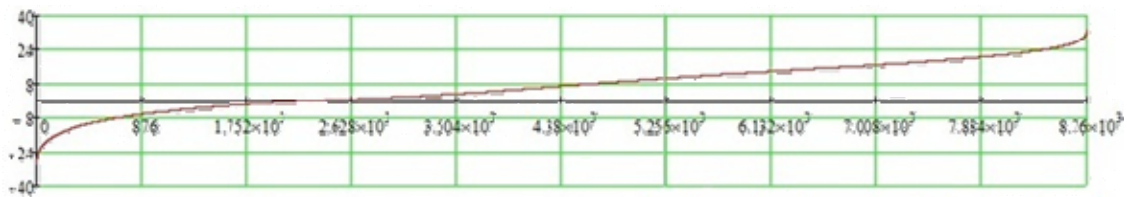


Рис. 1. График функции t(τ)



Рис. 2. График функции ε(t) (для среднетемпературной и низкотемпературной холодильной машины слева и справа соответственно)

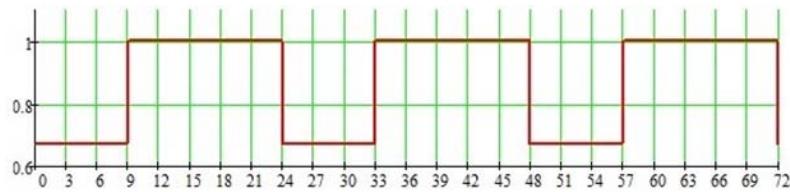


Рис. 3. График функции ДН(τ)

Годовая экономия тепловой энергии рассчитывалась по формуле

$$q_t = \frac{\varepsilon_t + 1}{\varepsilon_t} \cdot \frac{15 + 0.67 \cdot 9}{24}, \text{ кВт.}$$

$$Q = q_t \cdot 4598 + q_t \cdot 4162 \cdot \frac{t_{ГВ} - t_{ХВ}^I}{t_{ГВ} - t_{ХВ}^3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Соответствующий суточный расход горячей воды:

$$G_t = \frac{q_t \cdot 24 \cdot 3600}{4,187(t - 5)}, \frac{\text{л}}{\text{сут}} \cdot \frac{\text{кВт}}{\text{кВт}}.$$

По данным формулам были проведены расчеты при температурах конденсации (при охлаждении конденсата водой) от 25 до 60 °С и при расходе горячей воды от 0 до 1500 л/сут/кВт.

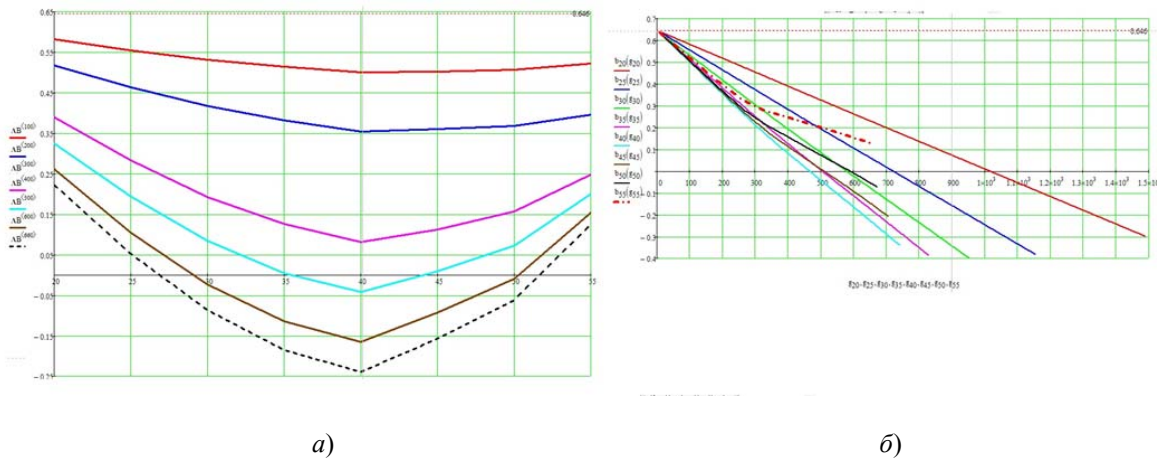
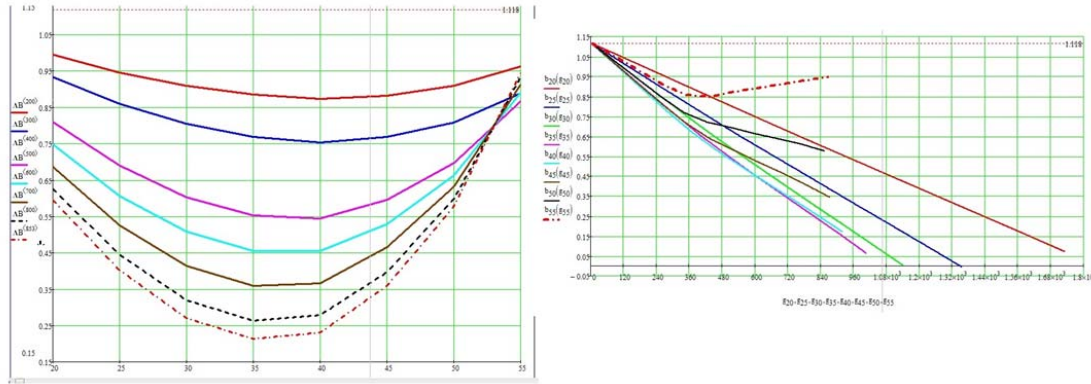


Рис. 4. Среднетемпературные холодильные машины. Зависимость разности потребленного условного топлива на привод компрессора и сэкономленного условного топлива при нагреве воды от температуры конденсации (а) и расхода (б)



а)

б)

Рис. 5. Низкотемпературные холодильные машины. Зависимость разности потребленного условного топлива на привод компрессора и сэкономленного условного топлива при нагреве воды от температуры конденсации (а) и расхода (б)

Заключение

Наилучшей температурой конденсации для среднетемпературных установок является 45 °С, для низкотемпературных 40–45 °С в зависимости от расхода. Получена зависимость разности затраченной электроэнергии и сэкономленной тепловой энергии от расхода горячей воды, благодаря чему можно установить (после анализа стоимости дополнительного оборудования), при каких расходах горячей воды имеет смысл использование теплоты конденсации для нагрева воды.