

XX Международная научно-практическая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»
Секция 10: Теплоэнергетика

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ВЫРАБОТКИ ХОЛОДА В СИСТЕМАХ ТЭЦ-АВХМ, КЭС-КХМ

Дитятева А.А., Смоляров А.С.

Научный руководитель: Ромашова О.Ю., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ditytev@sibmail.com

Цель данной работы – сравнение эффективности абсорбционной водоаммиачной холодильной машины (АВХМ) и компрессионной холодильной машины (КХМ) при совместном использовании с конкретными турбинами.

Тригенерация — это одновременное получение трех энергий в единой технологической схеме: электричества, тепла и холода. Тригенерация даёт возможность эффективно использовать утилизированное тепло не только зимой для отопления, но и летом для кондиционирования помещений или для технологических нужд (получение льда и снега для спортивных объектов).

Необходимо отметить, что мною ранее была проведена работа по сравнению эффективности абсорбционной и компрессионной установки для выработки холода с учетом того, что абсорбер обеспечивался теплом из котельной, а компрессор получал энергию из электрической сети. Методика расчета представлена в [1]. В результате расчета выяснилось, что получать холод от абсорбционной установки будет эффективнее, чем от парокомпрессионной холодильной машины, так как себестоимость холода в компрессионной холодильной машине составила 1,67 руб./кВт, а в абсорбционной установке 1,3 руб./кВт.

В данной работе поставлена цель - провести сравнительный анализ установок с учетом включения их в системы ТЭЦ-АВХМ (Тепловая электрическая станция - абсорбционная водоаммиачная холодильная машина), КЭС-КХМ (Конденсационная электрическая станция – компрессионная холодильная машина) с учетом типа турбин.

Для расчета холодильной установки были заданы следующие параметры:

Холодопроизводительность $Q_{\text{хол}} = 30$ МВт; температура рассола на входе в испаритель $t_{\text{н1}} = -15^{\circ}\text{C}$; температура рассола на выходе из испарителя $t_{\text{н1}} = -30^{\circ}\text{C}$; температура охлаждающей воды на входе в аппараты $t_{\text{в2}} = 20^{\circ}\text{C}$; температура охлаждающей воды на выходе из аппаратов $t_{\text{в1}} = 25^{\circ}\text{C}$; температурные напоры: в испарителе $\Delta t_{\text{и}} = 3^{\circ}\text{C}$; в конденсаторе $\Delta t_{\text{к}} = 5^{\circ}\text{C}$; в абсорбере $\Delta t_{\text{а}} = 5^{\circ}\text{C}$; в генераторе $\Delta t_{\text{г}} = 5^{\circ}\text{C}$; в охладителе $\Delta t_{\text{по}} = 10^{\circ}\text{C}$; в теплообменнике $\Delta t_{\text{то}} = 10^{\circ}\text{C}$; в дефлегматоре $\Delta t_{\text{д}} = 15^{\circ}\text{C}$. Внутренний адиабатный и электромеханический КПД компрессора $\eta_{\text{i}} = 0,8$, $\eta_{\text{эм}} = 0,9$.

АВХМ: Рабочий агент – аммиак, абсорбент – вода.

КХМ: Рабочий агент – хладно R-22.

Экономичность систем сравнивается по показателю затрат. Затраты вычисляются по следующей формуле:

$$Z = C_{\text{э}} + E \cdot K_{\text{у}}, \text{руб./год} \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ – общие эксплуатационные расходы системы, руб/год;

E – нормативный коэффициент эффективности, принятый равным 0,125;

$K_{\text{у}}$ – капитальные вложения в систему, руб.

Первый вариант расчетов включает в себя анализ системы ТЭЦ-АВХМ с учетом того, что пар, необходимый для получения холода берется из отборов турбины Т-110/120-130; а для системы КЭС-КХМ используется турбина К-210-130 для привода КХМ. Сравнение проводим по расходу топлива.

Расход топлива на АВХМ рассчитывается путем вычитания из расхода топлива в котле ТЭЦ ($G_{\text{ТЭЦ}}$) расхода топлива на КЭС для замещения электрической мощности $\Delta G_{\text{КЭС}}$:

$$G_{\text{АВХМ}} = G_{\text{ТЭЦ}} - \Delta G_{\text{КЭС}}.$$

Расход топлива на КЭС для привода КХМ, в свою очередь, вычисляется через электрическую мощность КЭС для привода КХМ ($N_{\text{КЭС}}$), отнесенную к КПД КЭС ($\eta_{\text{КЭС}}$) и к нижней рабочей теплотворной способности топлива ($Q_{\text{н}}^{\text{р}}$):

$$G_{\text{КЭС}} = \frac{N_{\text{КЭС}}}{\eta_{\text{КЭС}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}.$$

В результате расчетов выяснилось, что выработка холода выгоднее при использовании системы КЭС-КХМ, так как на меньше тратится топлива на выработку электроэнергии для компрессора КХМ, чем на питание генератора АВХМ, о чем свидетельствует рис. 1. На АВХМ тратится 2,07 кг/с, а расход топлива на КХМ – 1,63 кг/с.



Рис. 1. Диаграмма расхода топлива систем КЭС-КХМ (К-210-130) ТЭЦ-АВХМ (Т-110/120-130) в процентах.

Далее производится расчет затрат по формуле (1) и включают в себя следующие составляющие:

Общие эксплуатационные расходы ($C_{\text{э}}$):

$$C = \mathcal{E}_{\text{топ}} + \mathcal{E}_{\text{вод}} + \mathcal{E}_{\text{ам}}, \text{руб./год.} \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{топ}}$ - расходы на стоимость топлива, руб./год;

$\mathcal{E}_{\text{в}}$ - расходы на стоимость воды, руб./год;

$\mathcal{E}_{\text{а}}$ - расходы на амортизацию, руб./год.

Капиталовложения в систему ТЭЦ–АВХМ (КЭС-КХМ):

$$K_y = K_{ТЭЦ(КЭС)} + K_{вс} + K_{АВХМ(КХМ)}, \text{руб.} \quad (3)$$

где $K_{ТЭЦ(КЭС)}$ - капиталовложения в ТЭЦ (КЭС), руб.; $K_{вс}$ - капиталовложения в техническое водоснабжение системы, руб.; $K_{АВХМ(КХМ)}$ - капиталовложения в саму холодильную установку, руб.

Экономия по приведенным затратам при применении АВХМ по сравнению с КХМ:

$$\Delta_2 = (C_1 + EK_{y1}) - (C_2 + EK_{y2}), \frac{\text{руб.}}{\text{год}} \quad (4)$$

где C_1, C_2 - общие эксплуатационные расходы систем КЭС - КХМ и ТЭЦ – АВХМ соответственно, руб./год; K_{y1}, K_{y2} - капитальные вложения систем КЭС - КХМ и ТЭЦ – АВХМ соответственно, руб. В итоге проведенных расчетов получили, что при выработке холода в системе КЭС-КХМ с турбиной К-210-130, если рассматривать в процентах, мы будем экономить около 2% в год при равной выработке холода, о чем свидетельствует Рис. 2 и Таблица 1.

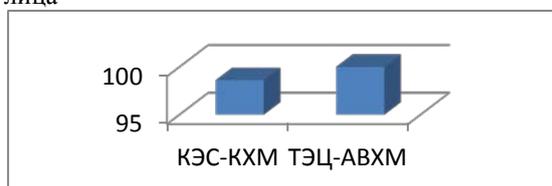


Рис. 2. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС – КХМ (К-210-130) и ТЭЦ – АВХМ (Т-110/120-130) в процентах.

Вторым этапом производилось сравнение для системы КЭС-КХМ в составе турбины К-300-240 и ТЭЦ-АВХМ с турбиной Т-250/300-240-3. Затраты на топливо напрямую зависят от типа турбин. В результате расчетов было выявлено, что вырабатывать холод, с точки зрения экономии топлива будет выгоднее в системе ТЭЦ-АВХМ, работающей в составе турбины Т-250/300-240-3.

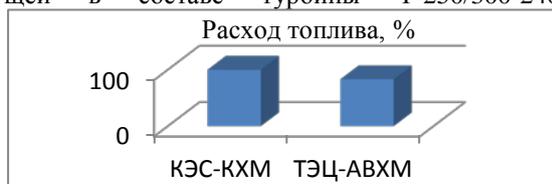


Рис. 3. Диаграмма расхода топлива систем КЭС-КХМ (К-300-240) ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3) в процентах.

Далее был произведен экономический анализ систем КЭС-КХМ (К-300-240) ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3) путем определения затрат на данные установки. Затраты также вычислялись по формуле (1) и включали в себя те же составляющие (2),(3). Рассчитав приведенные затраты выяснилось, что гораздо экономичнее использовать систему ТЭЦ – АВХМ в составе турбины Т-250/300-240-3 по сравнению с системой КЭС – КХМ с турбиной К-300-240, результаты расчетов приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчетов экономических показателей систем КЭС – КХМ и ТЭЦ – АВХМ.

Система	K_y , млн. руб.	Δ_1 , млн. руб./год	C , млн. руб./год	Δ_2 , млн. руб./год
КЭС-КХМ (К-210-130)	4,6	0,4	1,6	2,17
ТЭЦ-АВХМ (Т-110/120-130)	3,3	0,6	1,7	2,2
КЭС-КХМ (К-300-240)	4,6	0,5	1,6	2,16
ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3)	2,5	0,4	1,5	1,8

Экономия по приведенным затратам при применении АВХМ по сравнению с КХМ также была рассчитана по формуле (4).

В итоге проведенных расчетов получили, что при равной выработке холода в системе ТЭЦ – АВХМ, если рассматривать в процентах, мы будем экономить 16% в год.

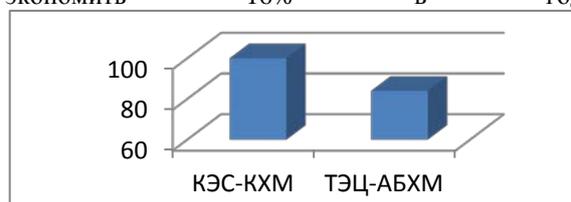


Рис. 4. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС – КХМ и ТЭЦ – АВХМ в процентах.

Все четыре системы сравниваются на рис. 5.

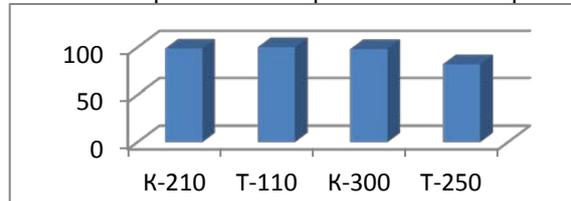


Рис. 5. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС – КХМ (К-210-130) и ТЭЦ – АВХМ (Т-110/120-130), КЭС-КХМ (К-300-240) ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3) в процентах.

Вывод: наиболее экономично будет вырабатывать холод система ТЭЦ – АВХМ с турбиной Т-250/300-240-3, так как показатель затрат в этом случае имеет наименьшее значение 1,8 млн. руб./год.

Список литературы:

Дитятева А.А. Анализ эффективности выработки холода/ Сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции «Теплофизические основы энергетических технологий»// Под ред. Г.В. Кузнецова, А.С. Заворина, К.В. Бувакова; - С_Петербург: Изд-во Экспресс; Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – с.282-287.