

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

АВХМ: Рабочий агент – аммиак, абсорбент – вода.

КХМ: Рабочий агент – хладон R-22.

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

$$З = C_3 + E \cdot K_y, \text{руб./год} \quad (1)$$

где C_3 – общие эксплуатационные расходы системы, руб/год;

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

K_y – 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 ($G_{ТЭЦ}$) расхода топлива на КЭС для замещения электрической мощности $\Delta G_{КЭС}$:

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

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

$$G_{КЭС} = \frac{N_{КЭС}}{\eta_{КЭС} \cdot Q_H^p}.$$

В результате расчетов выяснилось, что выработка холода выгоднее при использовании системы КЭС-КХМ, так как на меньше тратится топлива на выработку электроэнергии для компрессора АВХМ, 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.

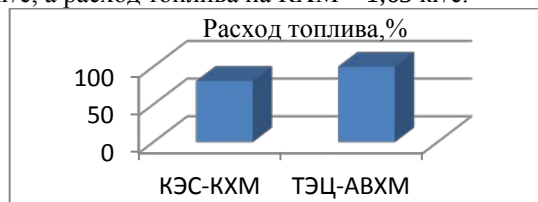


Рис. 1. Диаграмма расхода топлива систем КЭС-КХМ (К-210-130) ТЭЦ-АВХМ (Т-110/120-130) в процентах.

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

Общие эксплуатационные расходы (C_3):

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

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

$\mathcal{E}_в$ – расходы на стоимость воды, руб./год; $\mathcal{E}_а$ –

расходы на амортизацию, руб./год.

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

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

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

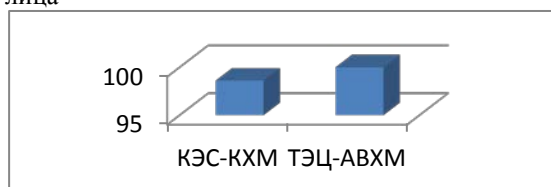


Рис. 2. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС - КХМ (К-210-130) и ТЭЦ - АВХМ (Т-110/120-130) в процентах.

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.

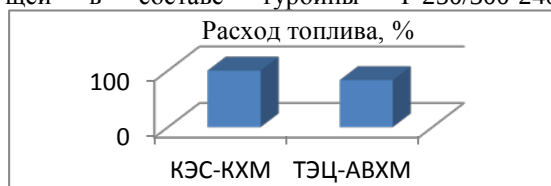


Рис. 3. Диаграмма расхода топлива систем КЭС-КХМ (К-300-240) ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3) в процентах.

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_t , млн. руб./ год	C , млн. руб. /год	Σ , 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.

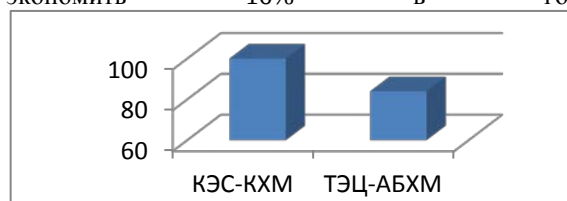


Рис. 4. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС - КХМ и ТЭЦ - АВХМ в процентах.

Все четыре системы сравниваются на рис. 5.

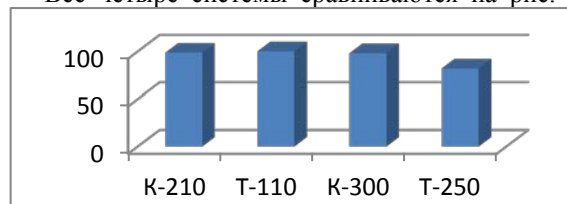


Рис. 5. Диаграмма приведенных затрат систем КЭС - КХМ (К-210-130) и ТЭЦ - АВХМ (Т-110/120-130), КЭС-КХМ (К-300-240) ТЭЦ-АВХМ (Т-250/300-240-3) в процентах.

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.