

УДК 621.165

А. И. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук, проф., академик АН Высшего образования Украины;
Национальный аэрокосмический университе им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

О. М. КОБЦЕВ, инженер

Филиал Харьковского ЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром», г. Харьков

В. В. ПАНОВ, аспирант Национального аэрокосмического университета им.

Н. Е. Жуковского «ХАИ», инженер филиала Харьковского ЦКБ «Энергопрогресс»

ООО «Котлотурбопром», г. Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ АБСОРБЦИОННОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА МАСЛА СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ТУРБИНЫ К-210-130 ЛМЗ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Рассмотрена возможность применения абсорбционного теплового насоса для утилизации тепла масла системы маслоснабжения турбины К-210-130 ЛМЗ и предварительного подогрева сетевой воды. Проведена оценка увеличения электрической мощности турбины при частичном замещении нерегулируемых отборов пара на теплофикационные нужды.

Розглянута можливість використання абсорбційного теплового насоса для утилізації тепла масла системи маслопостачання турбіни К-210-130 ЛМЗ та попереднього підігріву мережевої води. Проведена оцінка збільшення електричної потужності турбіни при частковому заміщенні нерегульованих відборів пари на теплофікаційні потреби.

Введение

В настоящее время, в условиях постоянного подорожания органического топлива, остро стоит вопрос повышения экономичности работы основного энергетического оборудования ТЭС и ТЭЦ. Тепловые схемы энергоблоков совершенствуются, однако в них существуют некоторые узлы и элементы, для которых, применяя традиционные решения, не удастся избежать потерь тепла в цикле электростанции. К ним, в частности, относятся маслоохладители турбин.

Постановка задачи

Система маслоснабжения турбины обеспечивает маслом как систему смазки подшипников турбины, генератора и возбудителя, так и систему регулирования. Масло при этом одновременно выполняет роль охлаждающей среды, предотвращая чрезмерный нагрев подшипников. Для нормальной работы системы маслоснабжения температура масла должна находиться в определенных пределах и, как правило, поддерживается на уровне 45 0С на входе и 55 0С на выходе из смазываемых узлов. Для охлаждения нагретого масла применяются маслоохладители (МО) – кожухотрубные теплообменники, где происходит теплообмен между маслом и охлаждающей (циркуляционной) водой. Тепло масла, переданное циркуляционной воде, в цикле электростанции полезно не используется и безвозвратно теряется. Для возможности полезного использования тепла масла разрабатывались схемы охлаждения МО основным конденсатом, однако они не нашли применения вследствие двух основных причин – непостоянного расхода основного конденсата на различных режимах работы турбины и возможного его загрязнения маслом вследствие нарушения плотности МО.

В ряде случаев после реконструкции турбин по переводу на режим работы с ухудшенным вакуумом (когда конденсатор охлаждается обратной сетевой водой) потребность в циркуляционной воде для конденсатора отпадает. При этом, однако, сохраняется необходимость подачи охлаждающей воды в небольшом количестве (до нескольких сотен м³/ч) для работы вспомогательного оборудования (маслоохладителей, газоохладителей

генератора). Соответственно, для этого приходится оставлять в работе существующую систему циркуляционного водоснабжения и эксплуатировать циркуляционные насосы, рассчитанные на расходы воды несколько тысяч м³/ч (до десяти и более для крупных турбин) и электрической мощностью в сотни киловатт, что крайне неэкономично.

Решение

Возможным решением проблемы может стать применение теплового насоса, который, с одной стороны, позволит обеспечить утилизацию и полезное использование отводимого в маслоохладителях тепла масла, с другой стороны – обеспечить автономную работу маслоохладителей и независимость от системы циркуляционного водоснабжения (как при работе турбины на режиме ухудшенного вакуума, так и на конденсационном режиме).

С целью определения эффективности подобного решения рассмотрим один из возможных вариантов применения описанной схемы для маслоохладителей турбины К-210-130 ЛМЗ при работе на конденсационном режиме.

Мощные конденсационные турбины семейства К-200 предназначены прежде всего для выработки электроэнергии, весь отработанный пар поступает в конденсатор и тепло его полезно не используется. В таких турбоустановках возможно также покрытие тепловой нагрузки, которая очень незначительна (это в основном собственные нужды станции, отопление и горячее водоснабжение прилегающих поселков) и осуществляется путем организации нерегулируемых отборов пара сверх регенерации. Так, например, для турбины К-210-130 ЛМЗ основной подогреватель сетевой воды (ПСВ1) питается паром из пятого отбора давлением 0,27 МПа (2,77 ата), максимально допустимый отбор пара на подогреватель составляет 25 т/ч. Пиковый подогреватель сетевой воды питается паром четвертого отбора давлением 0,63 МПа (6,44 ата), а максимально допустимый отбор пара равен 20 т/ч. При этом одна тонна пара, отпущенная из нерегулируемого отбора, недорабатывает в проточной части турбины соответственно 170 кВт/(т пара) для пятого отбора (на ПСВ-1) и 230 кВт/(т пара) для четвертого отбора (на ПСВ-2). Видно, что организация теплофикации для турбины К-210-130 (вследствие отсутствия регулирующих органов, поддерживающих давление в теплофикационном отборе) осуществляется паром значительно более высокого потенциала, чем для теплофикационных турбин, где отопительные отборы регулируемые, что позволяет поддерживать давление пара на уровне 0,049...0,196 МПа (0,5...2 ата) в нижнем отборе и 0,059...0,245 МПа (0,6...2,5 ата) в верхнем отборе.

Применение теплового насоса для предварительного подогрева обратной сетевой воды перед бойлерами позволяет (при неизменной теплофикационной мощности) заместить часть нерегулируемых теплофикационных отборов пара высоких параметров (6,44 и 2,77 ата) с пропуском его в конденсатор и выработки дополнительной электрической мощности.

Тепловая мощность нерегулируемых отборов К-210-130 при расходе пара из нижнего отбора на ПСВ-1 и верхнего отбора на ПСВ-2 в количестве 25 т/ч и 20 т/ч соответственно, составляет около 26 Гкал/ч. При принятом температурном графике 115/580С, расход сетевой воды через бойлерную установку К-210-130 составит 460 м³/ч.

В данном случае предполагается применение абсорбционного теплового насоса (АБТН) вследствие того, что данный тип ТН использует так называемый «термокомпрессор», для привода которого используется не электроэнергия (как в пароконденсационных ТН), а тепловая энергия греющей воды до 120 0С или пара давлением 0,2...0,78 МПа (2...8 ата). Так как целью в данном случае является повышение выработки электрической мощности турбины, рациональным будет применение именно АБТН.

Поскольку наиболее экономичной схемой является осуществление ступенчатого (последовательного) подогрева сетевой воды, предполагается, что АБТН будет осуществлять предварительный подогрев обратной сетевой воды, которая затем будет догреваться в бойлерной установке турбины (в ПСВ-1 и ПСВ-2 соответственно) до температуры прямой сетевой воды.

Согласно заводским данным на турбоустановку К-210-130 ЛМЗ, применяемый тип маслоохладителей – МБ-63-90, количество которых составляет 4 шт., три из которых работают постоянно (один может быть отключен для технического обслуживания). Соответственно в расчетах принято количество работающих маслоохладителей равное трем. Технические характеристики МБ-63-90 представлены в табл. 1.

Таблица 1
Технические характеристики маслоохладителей МБ-63-90

	Масло	Вода
Расход через один МО, м ³ /ч	78,8	74,1
Суммарный расход (через три МО), м ³ /ч	236,4	222,3
Теплоемкость среды, ккал/кг·°С	0,47	1
Температура на входе в МО $t_{\text{входа}}, ^\circ\text{C}$	55	33
Температура на выходе из МО $t_{\text{выхода}}, ^\circ\text{C}$	45	38
Тепловая мощность Q_T , Гкал/ч (МВт)	1,111 (1,292)	

Из табл. 1 видно, что тепловая мощность маслоохладительной установки составляет $Q_T = 1,111 (1,292)$ Гкал/ч (МВт). Это и есть тепловая мощность низкопотенциального источника тепла, которую будет утилизировать АБТН.

В качестве производителя рассмотрены бромистолитиевые абсорбционные тепловые насосы российской компании ООО "ОКБ ТЕПЛОСИБМАШ". В соответствии с величиной утилизируемого тепла выбран типоразмер АБТН-1000П (технические характеристики представлены в таблице 2).

Таблица 2
Технические характеристики АБТН

Утилизируемое тепло $Q_{\text{ИНТ}}$, Гкал/ч (МВт)	1,111(1,292)
Тепловая мощность на выходе Q_T , Гкал/ч (МВт)	2,698 (3,337)
Расход греющего пара G_p , т/ч	3,0
Потребляемая мощность, кВт	8,0

Из табл. 2 видно, что в течение всего отопительного периода абсорбционный тепловой насос обеспечит покрытие тепловой нагрузки (замещение теплофикационных отборов) в размере $Q_T = 2,698 (3,337)$ Гкал/ч (МВт). Температура нагретой воды на выходе из АБТН зависит от давления греющего пара (рис. 1).

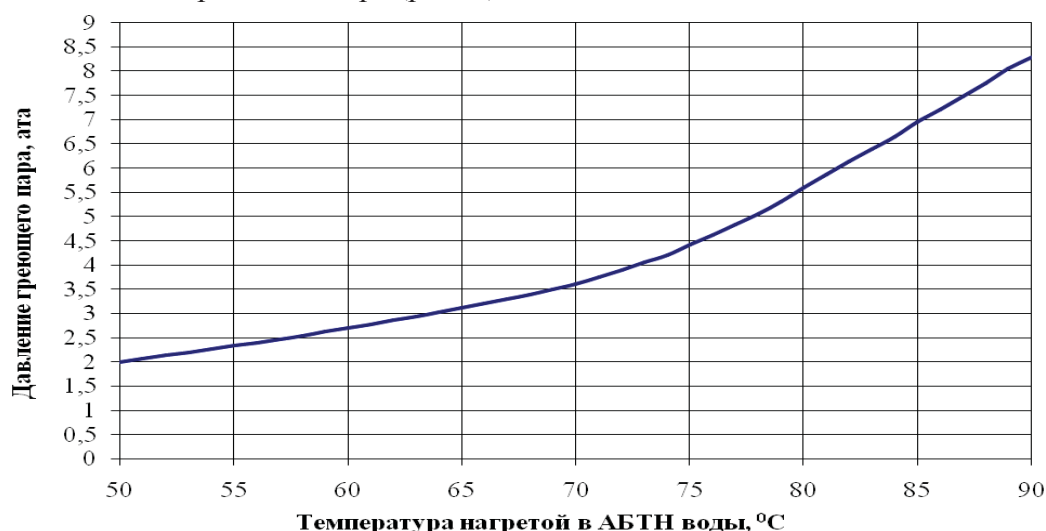


Рис. 1. Зависимость температуры воды на выходе из АБТН от давления греющего пара

Для достижения максимальной экономичности необходимо обеспечить следующее:
 –пока (согласно рис. 1) температура нагретой в АБТН воды не превышает 61 °С, подачу пара следует осуществлять из пятого отбора с давлением 2,77 ата;
 –при превышении температуры воды на выходе из АБТН 61 °С, подачу пара на АБТН следует осуществлять из четвертого отбора с давлением 6,44 ата.

Графики расходов пара на ПСВ-1 и ПСВ-2 без применения АБТН представлены на рис. 2. Графики расходов пара на ПСВ-1 и ПСВ-2 с применения АБТН представлены на рис. 3. Температурный график покрытия тепловой нагрузки АБТН и бойлерной установкой турбины представлены на рис. 4.

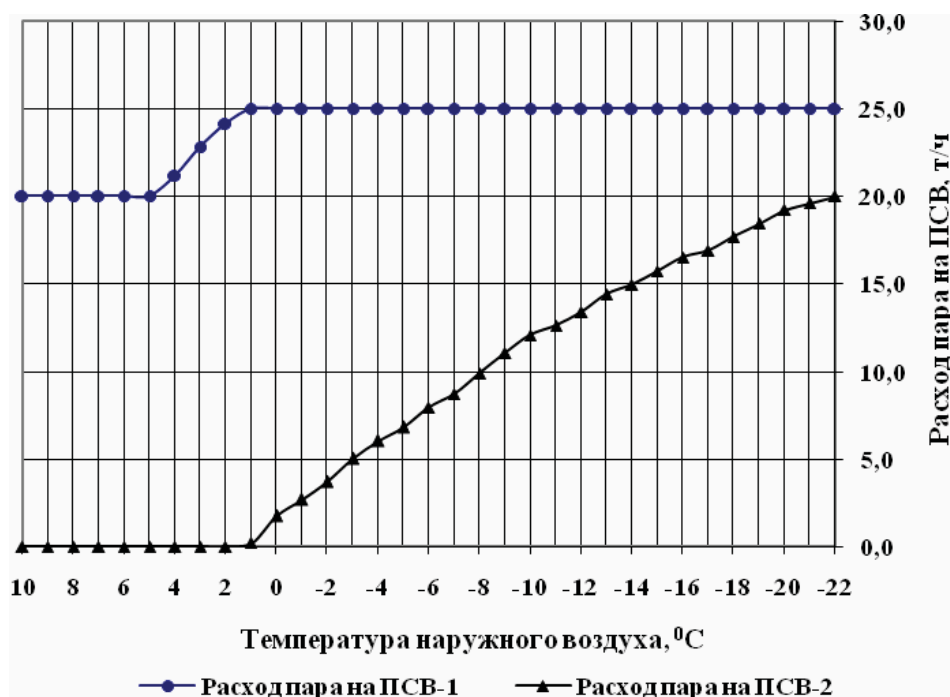


Рис. 2. Расход пара на ПСВ-1 и ПСВ-2 без применения АБТН

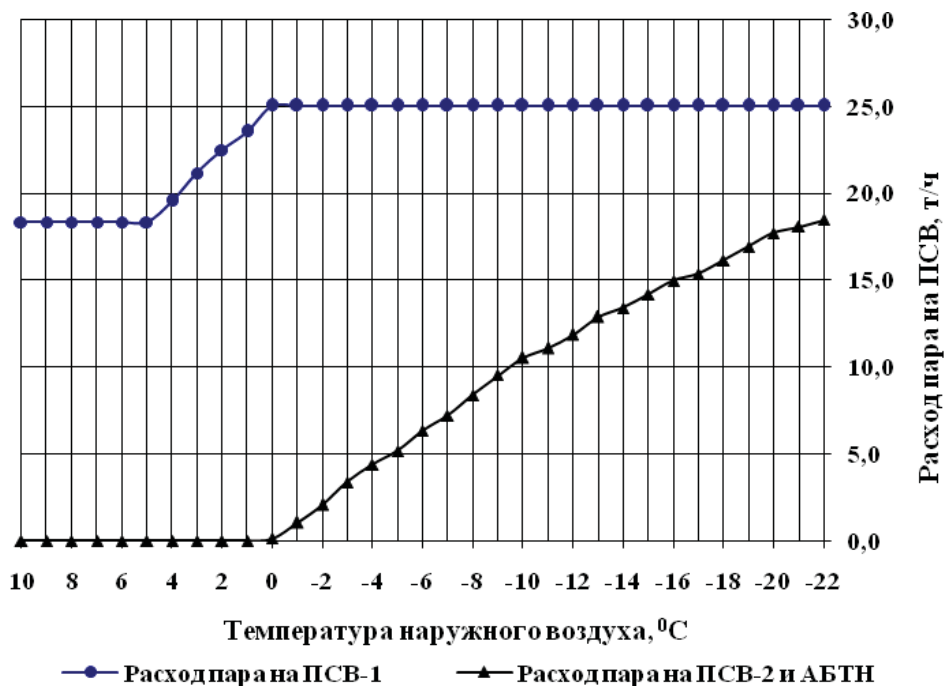


Рис. 3. Расход пара на ПСВ-1 и ПСВ-2 с применения АБТН

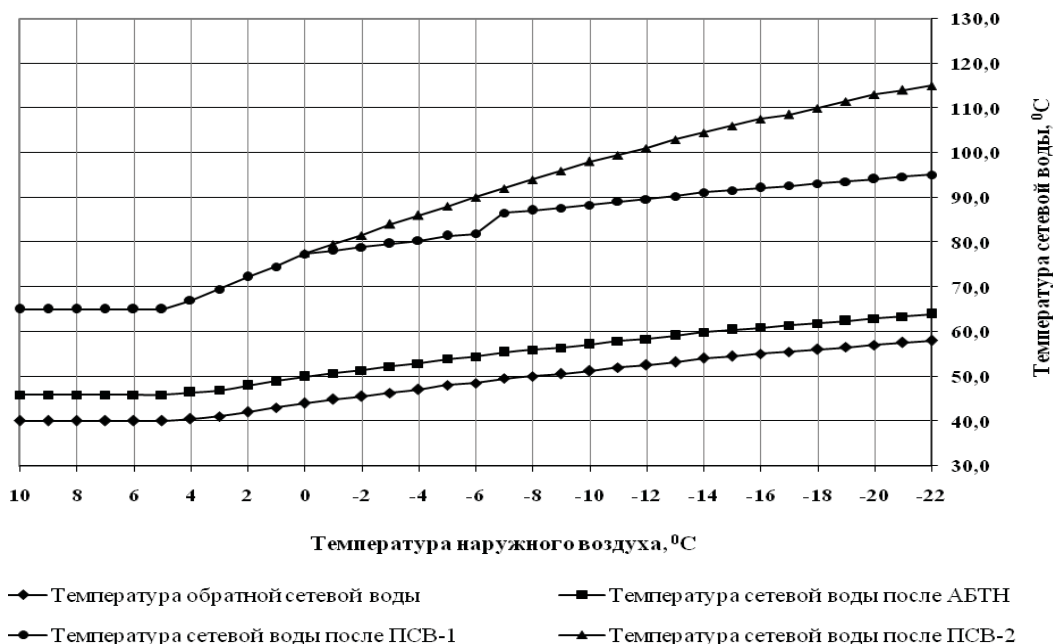


Рис. 4. Температурный график покрытия тепловой нагрузки АБТН и бойлерной установкой турбины

Выводы

Расчеты показали, что применение АБТН позволяет получить среднюю величину замещенного пара неэкономичных нерегулируемых отборов турбины К-210-130 в размере 1,6 т/ч пара из верхнего отбора (на ПСВ-1) и 1,7 т/ч пара из нижнего отбора (на ПСВ-2) для зимнего периода и 1,7 т/ч соответственно для летнего периода, что эквивалентно годовой дополнительной выработке электроэнергии в размере 2363 МВт·ч, или экономии условного топлива 775 т.у.т./год (при удельном расходе условного топлива $b_3=328$ г.у.т./кВт·ч). Полученные данные справедливы для электрической нагрузки турбины 200 МВт, номинальных параметрах свежего пара, полностью включенной системе регенерации. Количество часов работы турбины 8600ч/год.

Особенности тепловой схемы и экономический расчет будут рассмотрены дополнительно.

Список литературы

1. Бененсон Е. И., Иоффе Л. С. Теплофикационные паровые турбины / Под ред. Бузина Д. П. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
2. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / Под ред. Гиршфельда В. Я. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
3. Технические условия ТУ 108-932-80. Турбина паровая стационарная конденсационная без регулируемых отборов пара К-210-130-3, К-210-130-6 // Производственное объединение турбостроения «Ленинградский металлический завод», 1977.

APPLICATION OF ABSORPTION HEAT PUMP FOR THE UTILIZATION OF HEAT OF OIL OF OIL-SUPPLY SYSTEM OF TURBINES K-210-130 LMZ WITH INCREASE ITS ELECTRIC POWER

A. I. Yakovlev, D-r Scie. Tech., Pf.
 B. O. M. Kobtsev, V. V. Panov

Application possibility of absorption heat pump as a part oil-supply system of turbines K-210-130 LMZ for the utilization of heat of oil and preheating of water was considered. The estimation of increase in electric capacity of the turbine was conducted at partial replacement of noncontrollable selections on heating.

Поступила в редакцию 26.04 2011 г.