

УДК 620.9; 621.484/.484

Билека Б.Д., Гаркуша Л.К.*Институт технической теплофизики НАН Украины*

КОГЕНЕРАЦИОННО-ТЕПЛОНАСОСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СХЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Запропонована система гарячого водозабезпечення з використанням когенераційно-теплонасосних технологій для котельень великої потужності з двотрубною системою теплозабезпечення. Застосування когенераційно-теплонасосних установок підвищує надійність теплопостачання, обумовлює можливість виробництва товарної електроенергії і значну економію газу.

Предложена система горячего водоснабжения с использованием когенерационно-теплонасосных технологий для котельных большой мощности с двухтрубной системой теплоснабжения. Применение когенерационно-теплонасосных установок повышает надежность теплоснабжения, обуславливает возможность производства товарной электроэнергии и значительную экономию газа.

The system of watersupply with the utilization of kogenerational heat pumping technology for big power boilerhouse with two-tube system of heat supplying is proposed. The application of kogenerational heat pumping plants heightens the reliability of heat supplying, stipulates for the possibility of the production of goods electrical energy and considerable economy of gas.

N_e – электрическая мощность;

$N_{e, КГУ}$ – электрическая мощность когенерационных установок;

$N_{e, СН}$ – электрическая мощность на собственные нужды предприятия;

$N_{ТН}$ – мощность теплового насоса.

Сокращения:

АК – тепловой аккумулятор;

ГВС – горячее водоснабжение;

ГПД – газопоршневой двигатель;

ГТУ – газотурбинная установка;

ИТП – индивидуальный тепловой пункт

КГУ – когенерационная установка;

КГ-ТНУ – когенерационно-теплонасосная установка;

ТНУ – теплонасосная установка;

ТО ГВС – теплообменник горячего водоснабжения;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ЦТП – центральный тепловой пункт.

Индексы нижние:

e – электроэнергия;

КГУ – когенерационная установка;

ТН – тепловой насос;

ТОВ – товарный;

СН – собственные нужды.

Одной из перспективных областей внедрения когенерационных технологий является коммунальная теплоэнергетика. Наибольшее распространение когенерационные технологии могут получить в сфере горячего водоснабжения (ГВС) малой и средней мощности. При этом наиболее распространенными являются когенерационные установки на базе газопоршневых двигателей. Когенерационные технологии обеспечивают круглогодичное горячее водоснабжение и делают его независимым от работы теплофикационных котлов. Производство дешевой электроэнергии и отказ от сетевого электроснабжения повышают надежность теплоснабжения и рентабельность теплогенерирующих предприятий.

Котельные небольшой мощности обычно располагаются в непосредственной близости к потребителю тепловой энергии, и вся структура ГВС связана с котельной, где располагается тепловой источник ГВС. Суть внедрения когенерационных технологий при этом заключается в замене штатного теплового источника ГВС (котлов, теплообменников) когенерационными установками.

Однако основными источниками теплоснабжения больших городов, в том числе и горячего водоснабжения, являются ТЭЦ и котельные большой мощности, к надежности работы которых предъявляются высокие требования.

Котельные большой мощности потребля-

ют значительное количество электроэнергии, и надежность их работы зависит от надежности электроснабжения. Использование классических когенерационных технологий позволяет решить эту проблему. Однако это связано с существенным возрастанием потребления газа котельными. Это та цена, которую нужно заплатить за превращение котельной в мини-ТЭЦ. Поэтому для горячего водоснабжения, связанного с крупными котельными, потребляющими значительное количество газа, наиболее приемлемыми являются когенерационно-теплонасосные технологии, которые позволяют снизить потребление газа [1, 2].

Крупные котельные по экологическим причинам обычно располагают на значительном удалении от жилых массивов. При этом, как правило, используется двухтрубная схема теплоснабжения, и структура ГВС усложняется [3]. На рис. 1 представлена принципиальная схема ГВС при двухтрубной схеме теплоснабжения.

При двухтрубной схеме теплоснабжения вся структура ГВС связана с центральными тепловыми пунктами (ЦТП), удаленными от котельной на значительное расстояние. ЦТП

связаны с котельной подающей магистралью и магистралью обратной воды.

Непосредственными тепловыми источниками ГВС являются расположенные в ЦТП теплообменники (ТО ГВС), получающие воду с температурой 150 °С из подающей магистрали и сбрасывающие отработанную воду в магистраль обратной воды. Можно сказать, что при двухтрубной схеме теплоснабжения горячее водоснабжение имеет два типа тепловых источников, расположенных на значительном удалении друг от друга, – непосредственные тепловые источники (расположенные в ЦТП теплообменники, с которыми связана вся структура ГВС) и опосредствованный тепловой источник (котлы), который готовит высокотемпературный теплоноситель для теплообменников ГВС.

Применение когенерационно-теплонасосных технологий при двухтрубной системе теплоснабжения имеет свои особенности.

1. При двухтрубной схеме невозможно использование когенерационно-теплонасосных установок в качестве непосредственного теплового источника ГВС по экологическим причинам. Для этого их пришлось бы размещать в

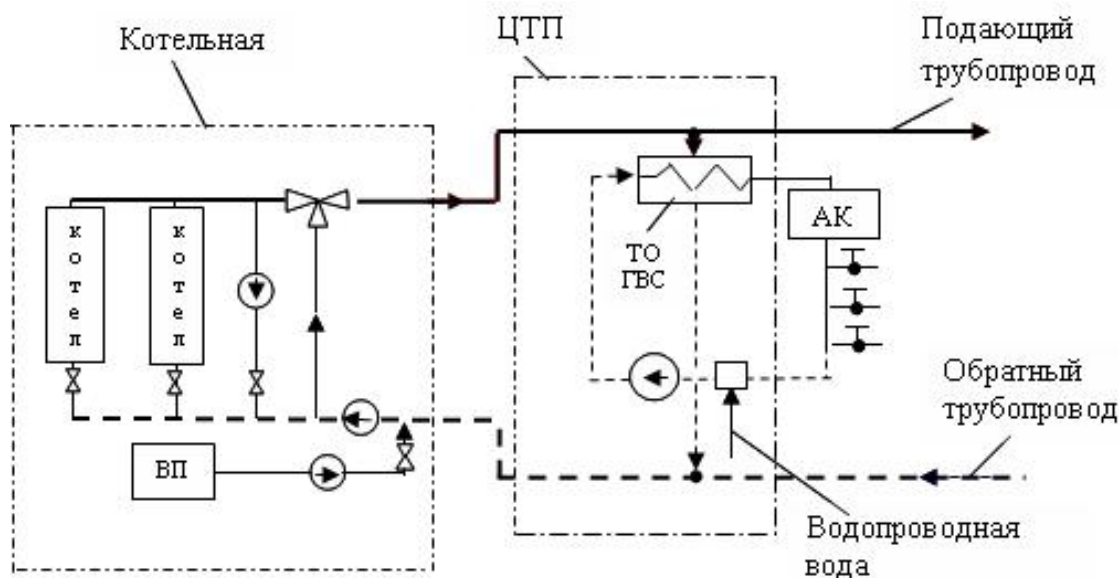


Рис. 1. Принципиальная схема ГВС при двухтрубной системе теплоснабжения: ЦТП – центральный тепловой пункт; ВП – система водоподготовки; ТО ГВС – теплообменник горячего водоснабжения; АК – тепловой аккумулятор.

ЦТП, расположенных среди жилых массивов.

Поэтому, как один из вариантов, унитарную когенерационно-теплонасосную установку можно разместить на промплощадке котельной, где имеется вся инфраструктура, необходимая для работы когенерационных установок, заменяя штатный опосредствованный тепловой источник ГВС. При этом в качестве первой ступени подогрева теплоносителя должны использоваться тепловые насосы большой мощности, в качестве второй ступени – утилизаторы когенерационных установок. При этом целевым теплоносителем является вода из магистрали обратной воды с температурой порядка 60 °С, т.е. тепловой насос должен работать в области повышенных температур теплоносителя, а вся унитарная когенерационно-теплонасосная установка должна работать в перепаде температур 60...150 °С.

2. В связи с большой мощностью ГВС и температурными условиями работы, в составе КГ-ТНУ должны использоваться только когенерационные установки на базе ГТУ. Когенерационные установки на базе ГПД могут использоваться в качестве вспомогательных вне структуры КГ-ТНУ параллельно с ней.

Такая “дискриминация” когенерационных установок на базе ГПД объясняется не только недостаточной мощностью в одном агрегате. Причина кроется также в двухступенчатой структуре утилизатора этих установок, при которой первая ступень, связанная с системой охлаждения двигателя, является низкотемпературной (температура охладителя на входе в первую ступень утилизатора не должна превышать 60 °С). При этом тепловая мощность первой ступени составляет, примерно, половину мощности всего утилизатора. В силу этого, утилизатор когенерационных установок на базе ГПД не может быть использован в структуре КГ-ТНУ как единый агрегат с тепловым насосом при температурах теплоносителя после теплового насоса порядка 80...100 °С. Вместе с тем, использование этих установок вне структуры КГ-ТНУ параллельно с ней рационально как для дополнительного производства электрической и тепловой энергии, так и для

регулирования тепловой и электрической мощности в целом.

3. В схеме ГВС с КГ-ТНУ для обеспечения стационарного режима работы когенерационных установок и теплонасосного оборудования должны быть предусмотрены тепловые аккумуляторы, установленные в ЦТП или индивидуальных тепловых пунктах.

В тепловой схеме котельной унитарная когенерационно-теплонасосная установка и когенерационные установки на базе ГПД подключаются параллельно теплофикационным котлам с размещением их между рециркуляционным трубопроводом и перемычкой. Принципиальная схема горячего водоснабжения с использованием унитарной КГ-ТНУ при двухтрубной системе теплоснабжения представлена на рис. 2.

При реконструкции котельной для эффективного использования устанавливаемого оборудования должен быть заранее определен ее статус. Котельная после модернизации может превратиться в мини-ТЭЦ с приемлемым расходом газа или остаться котельной с существенной экономией газа. При фиксированной мощности ГВС статус котельной определяет распределение тепловой мощности между тепловым насосом и утилизаторами когенерационных установок, от которой зависит производство товарной электроэнергии. Анализ этой зависимости был проведен на примере котельной большой мощности со следующими параметрами:

- мощность котельной – 549 МВт;
- мощность ГВС – 109,9 МВт;
- расход электроэнергии на прокачку теплоносителя – 7,1 МВт
- расход греющей воды для ЦТП – 291,4 кг/с;
- температура воды в подющей магистрали – 150 °С;
- температура воды в возвратной магистрали – 60 °С;
- кпд теплофикационных котлов – 85%;
- расход газа в котельной – 53414 кг/час;
- расход газа на ГВС – 10683 кг/час.

При фиксированной мощности ГВС повышение мощности теплового насоса обуслов-

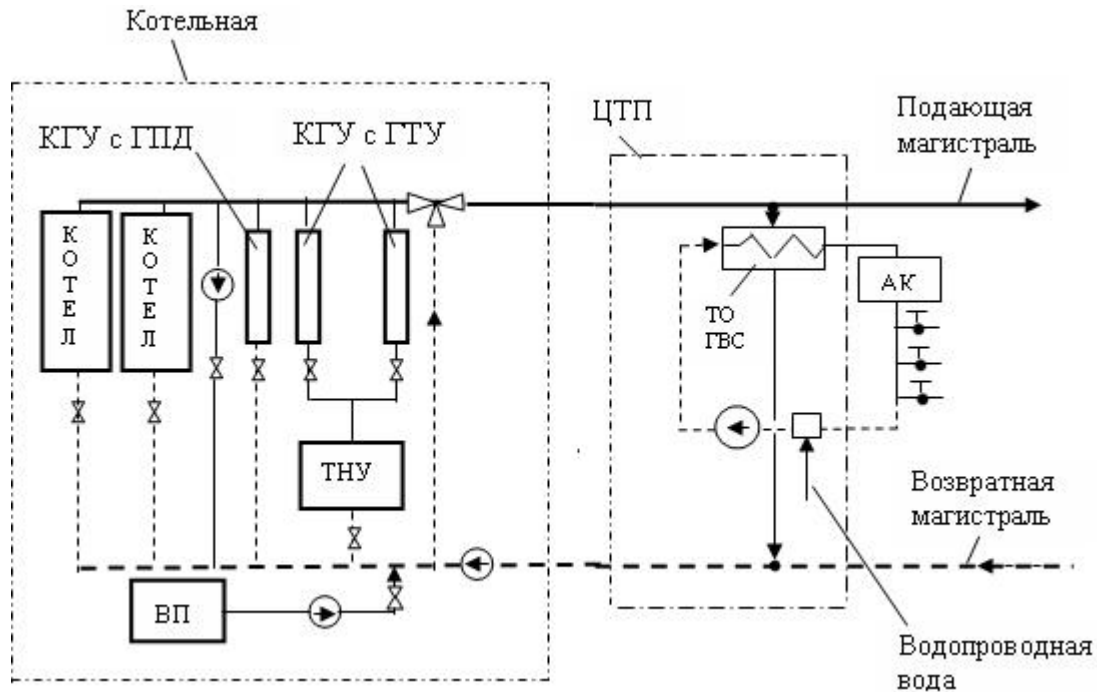


Рис. 2. Схема горячего водоснабжения с унитарной когенерационно-теплонасосной установкой: КГУ – когенерационная установка; ГПД – газопоршневой двигатель; ГТУ – газотурбинная установка; ТНУ – теплонасосная установка; ЦТП – центральный тепловой пункт; ТО ГВС – теплообменник горячего водоснабжения; АК – тепловой аккумулятор.

ливают использование когенерационных установок с меньшей суммарной тепловой мощностью и, следовательно, с меньшим производством электроэнергии. Снижение производства электроэнергии при одновременном повышении затрат на собственные нужды КГ-ТНУ приводит к быстрому падению производства товарной электроэнергии (рис. 3).

В этих условиях возможность превращения котельной в мини-ТЭЦ можно проследить на зависимостях, приведенных на рис. 4, на котором представлены графики производства товарной электроэнергии и увеличения расхода газа котельной в зависимости от мощности теплового насоса.

На рисунке вертикальные штрих-пунктирные линии ограничивают зону экономии газа. Левая граница зоны соответствует расходу газа, равному штатному. Очевидно, что в условиях лимитирования использования природного газа возможная область мини-ТЭЦ должна располагаться в окрестности левой гра-

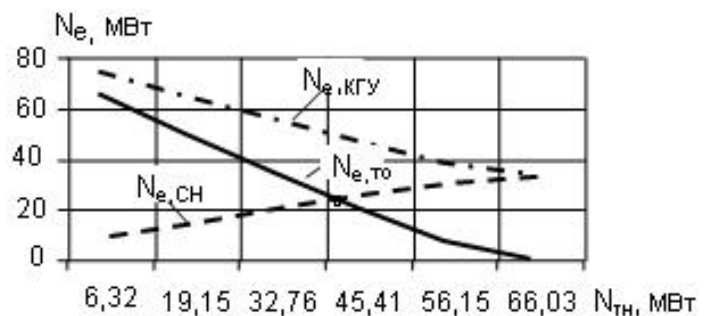


Рис. 3. Электрические параметры котельной с когенерационно-теплонасосной установкой: N_e – электрическая мощность; $N_{e, \text{КГУ}}$ – электрическая мощность, производимая когенерационной установкой; $N_{e, \text{ТНУ}}$ – товарная электрическая мощность; $N_{e, \text{СН}}$ – электрическая мощность собственных нужд.

ницы зоны экономии газа. При этом для данной котельной можно рассчитывать на товарную электрическую мощность порядка 10...

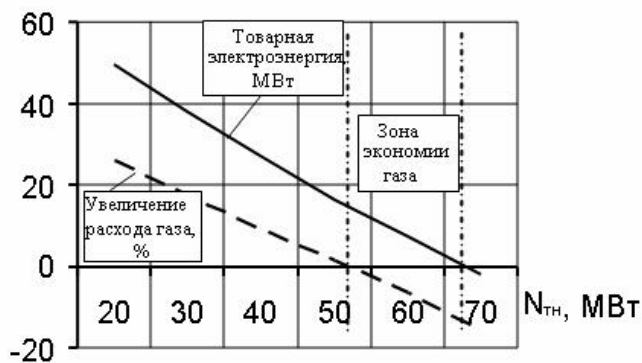


Рис. 4. Производство товарной электроэнергии и увеличение расход газа котельной с унитарной когенерационно-теплонасосной установкой.

20 МВт. Увеличение мощности связано с перерасходом газа.

Правая пограничная линия соответствует максимальной возможной мощности теплового насоса (67 МВт), при которой вся производимая электроэнергия расходуется на собственные нужды предприятия. Этому соответствует максимальная возможная экономия газа котельной (порядка 14 %).

Лучшими показателями обладает разом-

кнутая схема КГ-ТНУ, при которой тепловой насос размещается в ЦТП в качестве первой ступени непосредственного подогрева воды для ГВС (рис. 5)

Тепловой насос при разомкнутой схеме КГ-ТНУ работает в диапазоне низких температур воды (14...50 °С) с коэффициентом преобразования порядка 4...5. При этом теплообменник ГВС превращается во вторую ступень подогрева воды, и мощность его значительно уменьшается. Когенерационные установки по-прежнему размещаются в котельной и работают в диапазоне температур теплоносителя 60...150 °С. Электроэнергию тепловой насос получает от когенерационных установок посредством электрической сети.

На рис. 6 представлены совмещенные показатели увеличения расхода газа и производства товарной электроэнергии для обеих рассмотренных схем.

Производство товарной электроэнергии при разомкнутой схеме существенно выше (на 7...8 МВт). В результате в условиях лимитирования расхода газа возможная электрическая мощность мини-ТЭЦ увеличивается в 1,5...2 раза и может составлять 20...30 МВт.

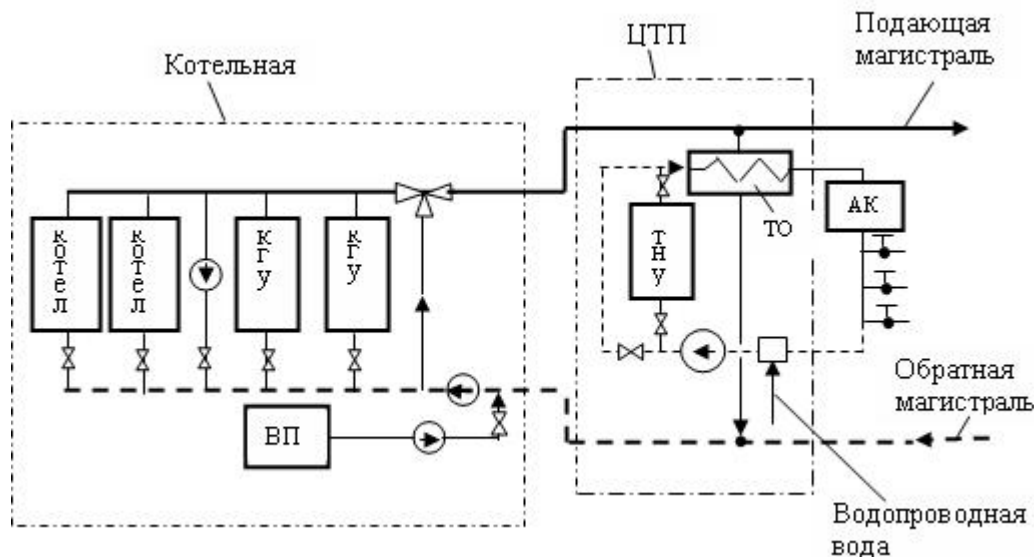


Рис. 5. Схема горячего водоснабжения с разомкнутой когенерационно-теплонасосной установкой: КГУ – когенерационные установки; ВП – система водоподготовки; ЦТП – центральный тепловой пункт; ТНУ – теплонасосная установка; ТО – теплообменник горячего водоснабжения; АК – тепловые аккумуляторы.

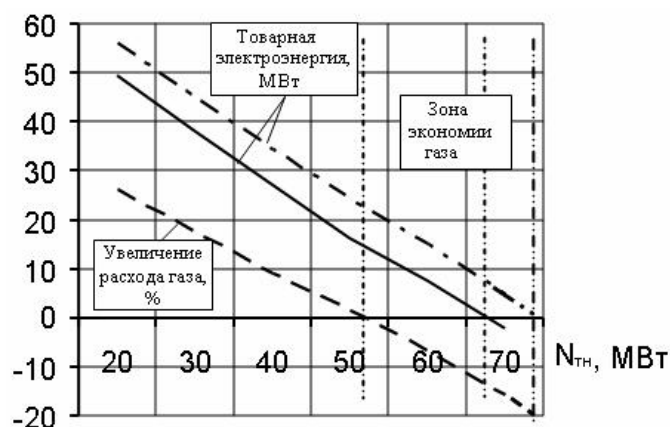


Рис. 6. Производство товарной электроэнергии и увеличение расхода газа котельной с унитарной и разомкнутой когенерационно-теплонасосной установкой: 1 – производство товарной электроэнергии унитарной КГ-ТНУ; 2 – производство товарной электроэнергии разомкнутой КГ-ТНУ.

Зона экономии газа при разомкнутой КГ-ТНУ несколько расширяется за счет смещения правой границы (вертикальная штрихпунктирная линия с двумя точками) вследствие возрастания суммарной предельной возможной мощности тепловых насосов до 75 МВт. Максимальная возможная экономия газа при этом составляет 21 %.

При размещении тепловых насосов в центральных тепловых пунктах необходимая мощность теплового насоса в одном агрегате в несколько раз меньше мощности теплового насоса унитарной КГ-ТНУ, расположенной в котельной, что облегчает выбор и разработку необходимого теплонасосного оборудования.

При разомкнутой КГ-ТНУ легче решается и проблема наличия низкопотенциального ис-

точника теплоты. Поскольку ЦТП располагаются среди жилых массивов, в качестве источника низкопотенциальной теплоты, очевидно, может быть использован проходящий коллектор сточных вод. Поскольку тепловая мощность отдельного ЦТП может быть не очень высокой, очевидно будет возможным также использование грунтовых или атмосферных тепловых насосов.

Выводы

1. Использование когенерационно-теплонасосных технологий позволяет повысить надежность работы котельной большой мощности с сокращением расхода топлива.

2. Из рассмотренных двух схем когенерационно-теплонасосной установки (унитарной и разомкнутой) предпочтительнее является разомкнутая схема, имеющая как энергетические преимущества перед унитарной схемой, так и преимущества в комплектации теплонасосного оборудования и большей гарантированности наличия низкопотенциального теплового источника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долінський А.А, Білека Б.Д., Гаркуша Л.К. Установка для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії. // Патент України на корисну модель № 17775 від 16.10.2006 р.

2. Б.Д. Білека, Л.К. Гаркуша. Использование ГТУ и ГПД в комбинированных схемах получения теплоты // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009, №7 (64). – С. 16-18.

3. А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

Получено 13.06.2012 г.