

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Украина*

Проводится анализ энергетической эффективности двух схем когенерационных установок (КГУ) на базе двигателя внутреннего сгорания и котлоагрегата, работающего на твердом топливе.

Постановка проблемы. Одной из основных тенденций научно-технического направления в коммунальной теплоэнергетике является снижение расхода топлива при получении теплоты. В связи с этим Кабинетом Министров Украины утверждена Государственная целевая экономическая программа энергоэффективности на 2010 – 2015 годы, которая направлена на повышение эффективности использования и снижение расхода энергоресурсов жилищно – коммунальным комплексом, увеличение объемов и сферы применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Поэтому сегодня как никогда актуальным является разработка схемных решений теплоснабжающих установок, которые позволяли бы использовать вторичные энергоресурсы, а также за счет установки теплоутилизационного оборудования снизить затраты на получение основной продукции – теплоты.

Анализ основных исследований. Сегодня достаточно внимания уделяется вопросам проектирования и расчета когенерационных установок различной мощности. Среди работ, посвященных этой теме, следует отметить [1-3]. Их авторы подчеркивают необходимость проведения сравнительного анализа показателей энергетической эффективности различных схем КГУ с целью последующего выбора наиболее эффективной.

Постановка задачи. Статья посвящена анализу показателей энергетической эффективности схем когенерационных установок на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и теплогенераторов на твердом топливе.

Основная часть. Для проведения анализа энергетической эффективности предлагаются тепловые схемы, представленные на рис.1. В них «пиковые» режимы теплопотребления обеспечиваются путем установки современного котлоагрегата, как основного теплогенерирующего оборудования в системах децентрализованного теплоснабжения.

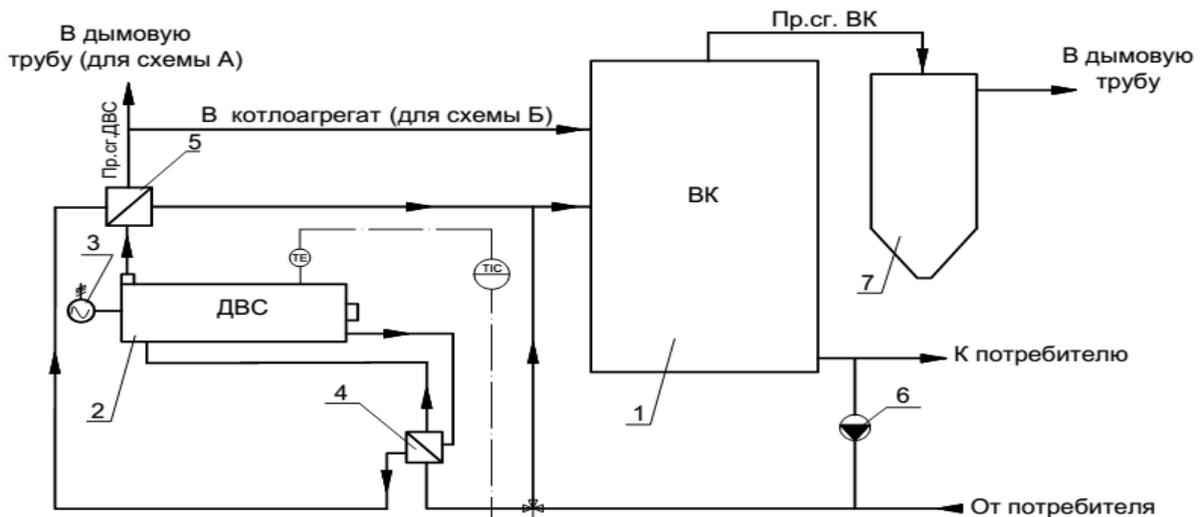


Рис. 1. Тепловые схемы когенерационной установки на базе двигателя внутреннего сгорания и теплогенератора с двумя утилизаторами теплоты:

- 1 – водогрейный котлоагрегат; 2 – двигатель внутреннего сгорания;
 3 – электрогенератор; 4 – теплообменный аппарат системы охлаждения двигателя типа «вода – вода»; 5 – теплообменный аппарат охлаждения продуктов сгорания ДВС типа «газ – вода»; 6 – рециркуляционный насос; 7 – циклон; Т – подача топлива в ДВС и теплогенератор.

Что касается выбора топлива для двигателя и котла, то для теплогенератора рекомендуется использовать твердое топливо (уголь), а для двигателя внутреннего сгорания – дизельное.

В рассматриваемых схемах вода из обратной системы теплоснабжения после прохождения линии рециркуляции достигает необходимых параметров, рекомендованных производителем котлоагрегата на входе в него. После этого часть сетевой воды (рассчитанная при проектировании) подогревается, проходя по очереди через все утилизационные теплообменные аппараты. Затем она смешивается с оставшимся количеством сетевой воды, тем самым повышая ее температуру, и подается в котлоагрегат для дальнейшего подогрева. При этом дымовые газы ДВС поступают в дымовую трубу и удаляются в атмосферу.

Схема Б от схемы А отличается тем, что дымовые газы ДВС подаются в топочную камеру котлоагрегата.

Для проведения анализа тепловой эффективности двух предлагаемых схем, целесообразно для каждой из них определить термический КПД и коэффициент использования теплоты топлива (КИТ).

Термический КПД КГУ может быть определен по выражению

$$\eta_t = \frac{Q_p}{Q_{F.tot}}, \quad (1)$$

где Q_p - суммарная полезная тепловая мощность КГУ, кВт;

$Q_{F.tot}$ - суммарная затраченная тепловая мощность, кВт.

Анализ схем потоков теплоты показал, что суммарная полезная тепловая мощность КГУ может быть определена как

$$Q_p = (Q_3 - Q_2) + (Q_4 - Q_3) + (Q_6 - Q_7) + (Q_1 - Q_5) + (Q_8 - Q_9), \quad (2)$$

а затраченная

$$Q_{F.tot} = Q_{10} + Q_{11} + Q_{13} + Q_{14}, \quad (3)$$

где Q – тепловая мощность потока, кДж/с:

Q_1 – воды на выходе из теплогенератора;

Q_2 – воды на входе в теплообменный аппарат системы охлаждения двигателя;

Q_3 – воды на выходе из теплообменного аппарата системы охлаждения двигателя;

Q_4 – воды на выходе из теплообменного аппарата утилизации теплоты продуктов сгорания двигателя;

Q_5 – воды на входе в теплогенератор;

Q_6 – воды на выходе из двигателя в теплообменный аппарат системы охлаждения;

Q_7 – воды на выходе из теплообменного аппарата системы охлаждения в двигатель;

Q_8 – продуктов сгорания на выходе из двигателя;

Q_9 – продуктов сгорания на выходе из теплообменного аппарата утилизации теплоты продуктов сгорания;

Q_{10} – вносимая с топливом в топочную камеру теплогенератора;

Q_{11} – влажного воздуха, вносимая в топочную камеру;

Q_{12} – продуктов сгорания на выходе из теплогенератора;

Q_{13} – вносимая с дизельным топливом в камеру сгорания ДВС;

Q_{14} – влажного воздуха, вносимая в камеру сгорания двигателя.

Для анализа эффективности предложенных сложных систем рассчитывается также коэффициент использования теплоты топлива (КИТ)

$$\eta_Q = \frac{Q_{el} + Q_T}{Q_{TT} + Q_{JT}}, \quad (2.46)$$

где Q_{el} и Q_T – электрическая и тепловая мощность системы соответственно, кДж/с.

Q_{TT} и Q_{JT} – тепловая мощность сгорания твердого и жидкого топлив, кДж/с.

При этом тепловая мощность установки определяется из выражения

$$Q_T = (Q_3 - Q_2) + (Q_4 - Q_3) + (Q_1 - Q_5). \quad (2.47)$$

На расход топлива в котлоагрегате при работе когенерационных установок по предложенным схемам оказывают влияние температура воды на входе, а также количество теплоты, дополнительно внесенное в топочную камеру с продуктами сгорания дизельного топлива.

Расход твердого топлива котлоагрегатом при работе по схеме А, кг/ч

$$B_{ТТ} = \frac{G_{ТГУ} \cdot c_p \cdot (t_1 - t_{см})}{Q_{H(ТТ)}^p \cdot \eta}, \quad (2)$$

где c_p – средняя массовая изобарная теплоемкость воды, кДж/(кг · град);

t_1 – температура воды на выходе из котлоагрегата, °С;

$t_{см}$ – температура воды на входе в водогрейный котлоагрегат с учетом работы когенерационной установки, °С;

$Q_{H(ТТ)}^p$ – низшая теплота сгорания твердого топлива, кДж/кг;

η – КПД котлоагрегата.

При работе когенерационной установки по схеме Б необходимый расход топлива может быть рассчитан по формуле

$$B_{ТТ} = \frac{\frac{G_{ТГУ} \cdot c_p \cdot (t_1 - t_{см})}{\eta} - Q_{пр.сг.ЖТ} \cdot 3600}{Q_{H(ТТ)}^p}, \quad (3)$$

где $Q_{пр.сг.ЖТ}$ – тепловая мощность продуктов сгорания дизельного топлива в ДВС, кДж/с;

$G_{ТГУ}$ – расход воды через котлоагрегат, кг/ч.

Результаты расчета расхода топлива указанными котлоагрегатами при работе когенерационной установки по схемам А и Б приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Расход топлива котлоагрегатами в схеме А

Мощность котлоагрегата, МВт	$G_{ТГУ}$, кг/ч	$G_{КУ}$, кг/ч	t_2 , °С	$t_{см}$, °С	t_1 , °С	η	$B_{ТТ}$, кг/ч
0,3	10300	5040	60	63,3	85	0,83	48,68
0,5	17200	5040	60	62,3	85	0,83	84,86
0,8	28200	5040	60	61,5	85	0,83	143,98
1,8	64000	5040	60	60,7	85	0,83	335,84
2,5	90000	5040	60	60,5	85	0,83	476,17

Таблица 2

Расход топлива котлоагрегатами в схеме Б

Мощность котлоагрегата, МВт	0,3	0,5	0,8	1,8	2,5
$B_{ТТ}$, кг/ч	40	75,42	133,42	323,43	461,78

Графическое отображение зависимостей значений расходов твердого топлива от мощности котлоагрегата за счет применения предложенных конструктивных схем когенерационных установок приведено на рис. 2.



Рис. 2. Расход топлива в котлоагрегате за счет применения предложенных конструктивных схем КГУ:
 1 – без применения когенерационных технологий; 2 – при работе установки по схеме А; 3 – при работе установки по схеме Б.

Анализ полученной зависимости позволяет заключить, что экономия твердого топлива в предложенной когенерационной установке по сравнению с теплоснабжением от теплогенератора, работающего без применения когенерационных технологий, составляет в среднем 22% для всего исследованного диапазона тепловых мощностей.

Результаты расчетов термического КПД и КИТ для различных соотношений $N_T/N_Э$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов термического КПД и КИТ

Показатель эффективности	Схема А					Схема Б				
	$N_T/N_Э$					$N_T/N_Э$				
	1,5	2,5	4,1	9,4	13,2	1,5	2,5	4,1	9,4	13,2
Термический КПД	60,83	66,31	70,60	76,65	78,03	61,80	67,77	71,55	77,58	79,02
КИТ	68,16	72,17	75,17	79,70	80,64	72,67	73,65	78,15	81,73	82,47

Вывод. Выполненные расчеты термического КПД и КИТ рассматриваемых схем КГУ демонстрируют преимущество схемы Б по отношению к схеме А. Хотя увеличение эффективности в рамках одной установки и не значительно, но дополнительный подвод теплоты продуктов сгорания дизельного топлива в топочную камеру позволяет экономить твердое топливо и, как следствие, дает определенный экологический и экономический эффект.

Литература

1. *Плачков І. В.* Підвищення ефективності систем централізованого теплопостачання з комбінованим виробництвом теплоти та електроенергії / І. В. Плачков, М. М. Кулік, В. О. Гінайло // Енергетика і електрифікація. – 1999. – №4. – С. 1 – 8.
2. *Матвеевко В. Т.* Энергетическая и экологическая эффективность когенерационных энергоустановок для коммунальных объектов энергопотребления / В. Т. Матвеевко // Коммунальное хозяйство городов. – 2003. – Вып. 49 – С. 119 – 123.
3. *Павловский С.В.* Термодинамічна ефективність тепло утилізаційних установок с каскадным циклом органічного теплоносія / А.О. Редько, С.В. Павловський / Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. - №4. – с.17 – 22.
4. ТД «KRIGER» [Текст] : каталог. – Житомир, 2010. – 6 с.
5. ОАО «Бийский котельный завод» [Текст] : каталог. – Бийск, 2009. – 16 с.
6. *Роддатис К.Ф.* Справочник по котельным установкам малой производительности / К. Ф. Роддатис. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ДЕЦЕНРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Е. І. Дмитроченкова, В. Б. Довгалюк

Виконується аналіз енергетичної ефективності двох схем когенераційних установок на базі двигуна внутрішнього згоряння та теплогенератору, який працює на твердому паливі.

ANALYSIS OF POWER EFFICIENCY OF SYSTEMS OF THE DISTRIBUTED HEATING WITH THE USE OF COGENERATION TECHNOLOGIES

E. Dmitrochenkova, V. Dovgaluk

The analysis of power efficiency of two charts of cogeneration plants on the base of combustion engine and boiler on a hard fuel is conducted.