SCINTIFIC CONFERENCE OF FPEPM 2015
Technical University of Sofia

20 NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION FPEPM 2015

13th – 16th September 2015, Sozopol, BG

PROCEEDINGS

Vol. I

THERMAL AND NUCLEAR POWER ENGINEERING
ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

energy
comfort
ecology
self-confidence

13th – 16th September 2015, Sozopol, Bulgaria

Анализ на техническата и икономическата ефективност от използване на системи за комбинирано производство на топлина, електричество и студ

Никола Калоянов , Мерима Златева, Николай Константинов, Росен Цеков, Цветан Божков, Маргарита Томова, Любомир Цоков

Представени са резултати от анализ на техническите възможности за използване на системи за комбинирано производство на топлина, електричество и студ. Направена е оценка на минимално необходимата изкупна цена на електричеството, която гарантира икономическата ефективност и ефикасност на инвестициите.

Ключови думи: комбинирано производство на топлина и електричество, първична енергия, разход на енергия

Analysis of technical and economic efficiency of implementation of systems for combined production of heat, electricity and cold

Nikola Kaloyanov, Merima Zlateva, Nikolai Konstantinov, Rosen Cekov, Tzvetan Bojkov, Margarita Tomova, Lubomir Tzokov

The report presents the results of analysis of the technical possibilities for use of systems for combined production of heat, electricity and cold. An assessment of the minimum purchase price of the electricity, which ensures cost effectiveness and efficiency of the investments is done.

Key words: combined heat and power generation, primary energy demand, energy consumption

Въведение

В съвременната топлотехническа практика трайно се налага тенденцията за проектиране и изграждане на високоефективни системи за отопление, охлаждане и вентилация с нисък разход на енергия. Този стремеж е свързан както с нормативно регламентираните на европейско и национално ниво изисквания, така и естествения стремеж на собствениците за намаляване на експлоатационните разходи при осигуряване на качеството на обитаваната среда.

Често обаче техническите характеристики и високите коефициенти на полезно действие на използваните елементи не са достатъчна гаранция за постигане на поставената цел за минимизиране на разходите. В редица случаи тя може да бъде осигурена само чрез оптимална схема за топло- и студозахранване на обектите и коректна предварителна оценка на ефективността на вложените инвестиции.

Основната цел на извършеният анализ е оценка на техническите възможностите за използване на комбинирани системи за производство на топлина, електричество и студ, както и на минималните гранични условия по отношение на цената на изкупуване на електрическата енергия, при които експлоатацията им е икономически обоснована.

Обект на разглеждане е многопрофилна болница за активно лечение. За целогодишно поддържане на параметрите на микроклимата в операционния блок се използват въздухообработващи централи, работещи със 100 % пресен въздух. За оползотворяване на топлината на отработения въздух се използва система за рекуперация с междинен

топлоносител. В общите и помещенията от болничния стационар нормираната температура през зимния период се поддържа с конвективна отоплителна инсталация.

Топлозахранването на системите за отопление, климатизация и битово горещо водоснабдяване е от блокови абонатни станции с първичен топлоносител от котелна централа с изгаряне на гориво природен газ. Студоносителят за системата за климатизация се осигурява от студов център с водоохлаждащ агрегат с въздушно охлаждане на кондензатора.

Високоефективна система за отопление, вентилация, охлаждане и битово горещо водоснабдяване

С цел повишаване на качеството на обитавана среда в болничния стационар се предвижда изграждане на термопомпена тритръбна VRV система с директно изпарение на хладилния агент.

За осигуряване на нормативно необходимия пресен въздух в болничните стаи и коридори на стационара е предвидена децентрализирана вентилационна система с енергоспестяващи вентилационни боксове с вграден енталпиен топлообменен апарат.

Топлозахранването на обекта се осъществява от агрегат за комбинирано производство на топлина и електричество, работещ с гориво природен газ. Генерираната топлина през отоплителния период се използва както за обезпечаване на работата на климатичната, системата за отопление и битово горещо водоснабдяване, така и като нископотенциален източник за термопомпените агрегати. За покриване на недостига на топлина при върхово натоварване се използва съществуващия котел.

За повишаване на ефективността на системата за студопроизводство за климатичната инсталация се предвижда абсорбционна хладилна машина, захранвана с топлоносител от агрегата за комбинирано производство на топлина и електричество. Този режим гарантира висок брой работни часове на агрегата и е предпоставка за повишаване на ефективността му.

Отпадната топлина през летния сезон от абсорбционната хладилна машина и от кондензаторите на термопомпената система се използва за предварително подгряване (първа степен) на топлоносителя за БГВ. Неусвоеният й потенциал, както и произведената в повече топлина от когенератора ще се използват за подгряване на топлоносител за други консуматори. В топлообменника за БГВ II степен се използва топлоносител от когенератора.

Генерираното електричество целогодишно ще се подава към националната електроснабдителна мрежа.

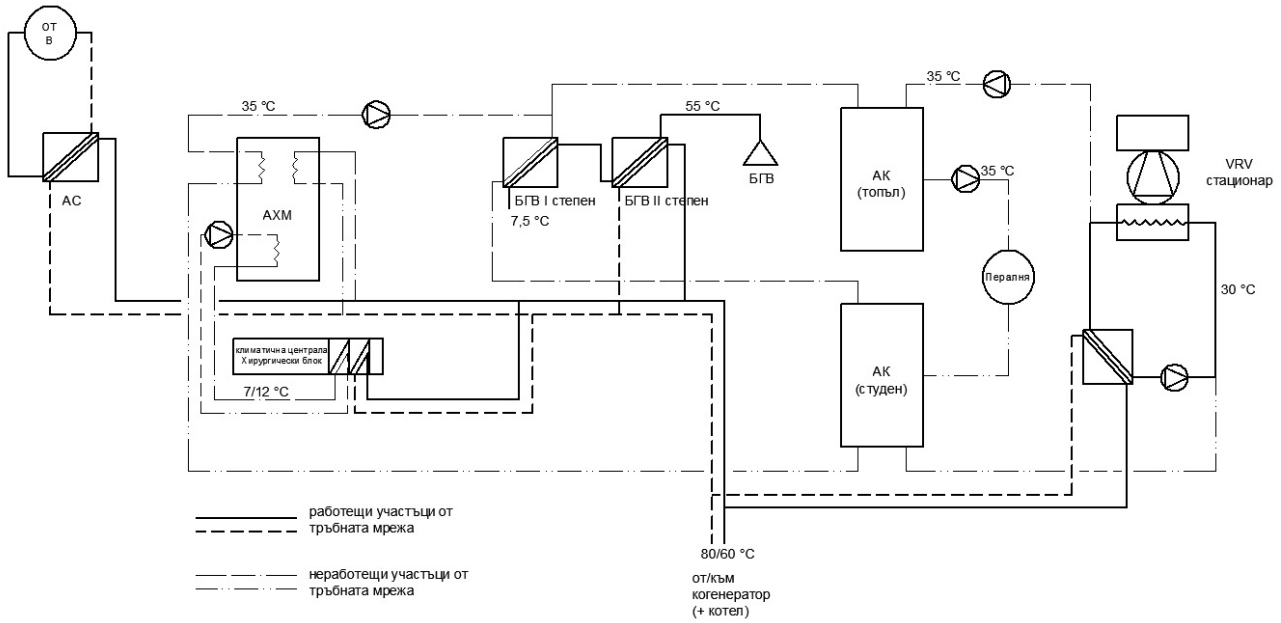
На Фигура 1 и Фигура 2 са показани принципни функционални схеми на системата при зимен и летен режим. През преходните сезони се осигурява само топлоносител за битово горещо водоснабдяване от системата за комбинирано производство на топлина и електричество.

Базов вариант на системите за поддържане на микроклимата

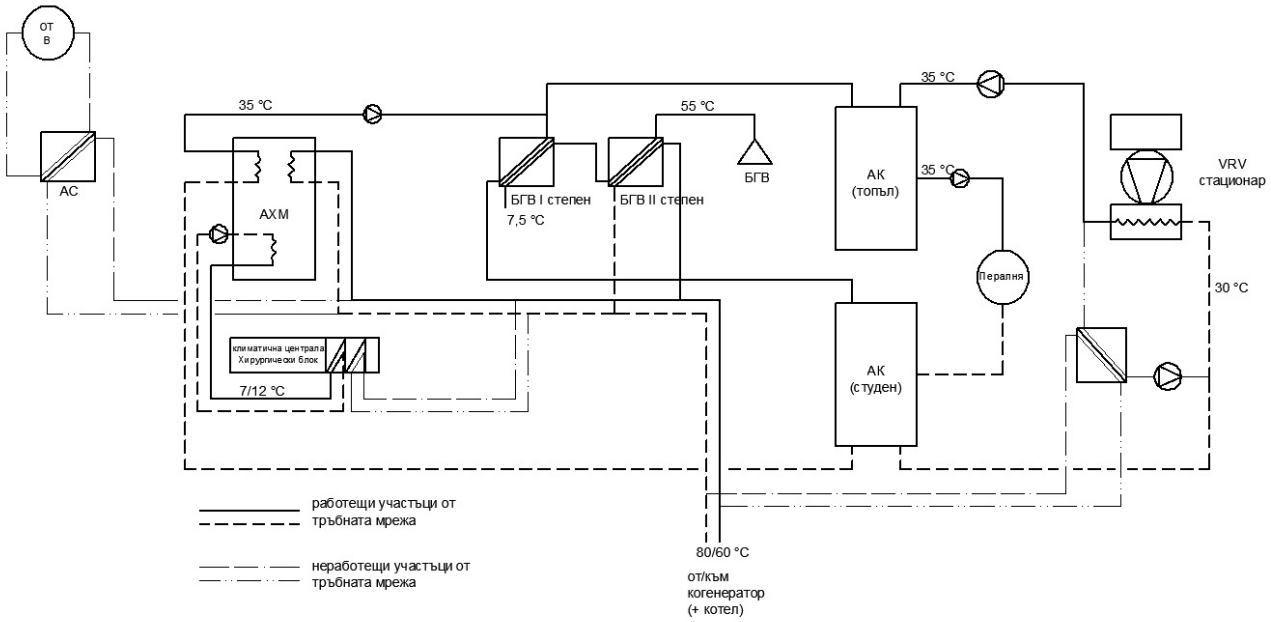
За коректна оценка на възможните енергийни спестявания след въвеждане на новата високоефективна система е приет базов вариант със следните допълнителни системи, надграждащи съществуващите:

- Вентилационна система, осигуряваща нормативно необходимия пресен въздух за помещенията от стационара;
- Система за охлаждане на болничните стаи.

Студозахранването на двете системи е от конвенционална водоохлаждаща система, а топлозахранването на вентилационната система е с топлоносител от котелната централа.



Фигура 1. Принципна схема на работа на системата за топло- и студозахранване в зимен режим



Фигура 2. Принципна схема на работа на системата за топло- и студозахранване в летен режим

Първична енергия за отопление, вентилация, охлаждане и битово горещо водоснабдяване на базовия вариант на системата

- *Първична енергия за отопление и вентилация в зимен режим*

При базовия вариант на системата през зимния период се използва гориво природен газ в котелната централа на обекта. Брутният разход на енергия Q_H се определя от потребната

енергия за отопление, вентилация и битово горещо водоснабдяване и отчитане на коефициентите на полезно действие на системите за производство и пренос на топлина:

$$Q_H = \frac{\frac{Q_{H,CH} + Q_{V,CH}}{\eta_{HE,CH} \cdot \eta_{D,CH}} + \frac{Q_{H,AC} + Q_{V,AC}}{\eta_{HE,AC} \cdot \eta_{D,AC}} +}{\eta_{D,BP} \cdot \eta_{BP}}, kWh/m^2a \quad (1)$$

където $Q_{H,CH}$, $Q_{V,CH}$, kWh/m^{2}a е потребната енергия за отопление и вентилация на частта от сградата, обслужвана от конвективната отоплителна система;

$Q_{H,AC}$, $Q_{V,AC}$, kWh/m^{2}a - потребна енергия за отопление и вентилация на частта от сградата, обслужвана от климатичната система;

$\eta_{HE,CH}$, $\eta_{HE,AC}$ - ефективност на топлообменните апарати към двете системи;

$\eta_{D,CH}$, $\eta_{D,AC}$ - ефективност на разпределителната мрежа на двете системи;

$\eta_{D,BP}$ и η_{BP} - ефективност на централната топлопреносна мрежа и на котелната централа на обекта.

Първичната енергия в зимен режим $Q_{P,H}$ се определя при отчитане на коефициента на преобразуване за гориво природен газ $e_{P,g} = 1{,}1$:

$$Q_{P,H} = e_{P,g} \cdot Q_H, kWh/m^2a \quad (2)$$

- *Първична енергия за битово горещо водоснабдяване*

Брутната потребна енергия за битово горещо водоснабдяване Q_W, се определя по зависимост (3), а съответната първична енергия – по зависимост (2):

$$Q_W = \frac{Q'_W}{\eta_{HE,W} \cdot \eta_{D,W} \cdot \eta_{D,BP} \cdot \eta_{BP}} \cdot, kWh/m^2a \quad (3)$$

където $Q'_W \cdot, kWh/m^2a$ е потребната енергия за загряване на топлоносителя за БГВ от температура на студената до температура на горещата вода;

$\eta_{HE,W}$ - ефективност на топлообменния апарат към система;

$\eta_{D,W}$ - ефективност на разпределителната мрежа на системата.

Първичната енергия за битово горещо водоснабдяване се определя със зависимост (2) и получената стойност на Q_W.

- *Първична енергия за охлаждане и вентилация в летен режим*

При базовия вариант брутната енергия в летен се определя от потребната енергия за охлаждане и вентилация на операционния блок $(Q_{C,AC} + Q_{V,AC})$ и на стационара $(Q'_{C,AC} + Q'_{V,AC})$ и съответните сезонни хладилни коефициенти SEER и SEER':

$$Q_C = \frac{\frac{Q_{C,AC} + Q_{V,AC}}{\eta_{HE,AC} \cdot \eta_{D,AC}}}{SEER} + \frac{\frac{Q'_{C,AC} + Q'_{V,AC}}{\eta'_{HE,AC} \cdot \eta'_{D,AC}}}{SEER'} \cdot, kWh/m^2a \quad (4)$$

където $\eta_{HE,AC}$ и $\eta'_{HE,AC}$ е ефективността на топлообменние апарати към двете системи;

$\eta_{D,AC}$ и $\eta'_{D,AC}$ и - ефективност на разпределителната им мрежа;

Първичната енергия за охлаждане $Q_{P,C}$ се определя със зависимост (2) при отчитане на коефициента на преобразуване за електрическа енергия $e_P = 3$.

Първична енергия за отопление, вентилация, охлаждане и битово горещо водоснабдяване на високоефективната система

- *Първична енергия за отопление и вентилация в зимен режим*

Брутният разход на топлина се определя от потребната енергия за отопление и вентилация на частите от сградата, обслужвани с трите типа системи: конвективно отопление, климатична инсталация (операционен блок) и термопомпена и вентилационна система (стационар) при отчитане на коефициентите на полезно действие на системите за производство и пренос на топлина:

$$Q_H = \frac{\frac{Q_{H,CH}+Q_{V,CH}}{\eta_{HE,CH}\cdot\eta_{D,CH}} + \frac{Q_{H,AC}+Q_{V,AC}}{\eta_{HE,AC}\cdot\eta_{D,AC}} + \frac{\left[Q_{H,VRV}+(1-\eta_{HR})\cdot Q_{V,VRV}\right].\frac{SCOP-1}{SCOP}}{\eta_{HE,VRV}\cdot\eta_{D,VRV}}}{\eta_{D,BP}\cdot\eta_{CHP}}, kWh/m^2a \quad (5)$$

където $Q_{H,VRV}$ и $Q_{V,VRV}$ е потребната енергия за отопление и вентилация на стационара;

η_{HR} - ефективност на системата за оползотворяване на отпадната топлина от вентилация;

SCOP – сезонен коефициент на трансформация на термопомпената инсталация;

$\eta_{HE,VRV}$, $\eta_{D,VRV}$ - ефективност на топлообменния апарат и на разпределителната мрежа към системата;

$\eta_{D,CH}$, $\eta_{D,AC}$ - ефективност на разпределителната мрежа на двете системи;

η_{CHP} - ефективност на агрегата за комбинирано производство на топлина и електричество.

Потребното електричество за термопомпената система с директно изпарение е:

$$E_H = \frac{Q_{H,VRV}+(1-\eta_{HR})Q_{V,VRV}}{COP}\cdot, kWh/m^2a \quad (6)$$

Първичната енергия в зимен режим $Q_{P,H}$ се определя при отчитане на коефициентите на преобразуване за гориво природен газ $e_{P,g} = 1{,}1$ и електричество $e_{P,e} = 3$:

$$Q_{P,H} = e_{p,g}\cdot Q_H + e_{p,e}\cdot E_H, kWh/m^2a \quad (7)$$

- *Първична енергия за битово горещо водоснабдяване*

Брутната енергия за битово горещо водоснабдяване Q_W, се определя по зависимост (8), а съответната първична енергия – по зависимост (2):

$$Q_W = \frac{\frac{Q'_W}{\eta_{HE,W} \cdot \eta_{D,W}}}{\eta_{D,BP} \cdot \eta_{CHP}} \cdot, \text{kWh} / \text{m}^2\text{a} \qquad (8)$$

- *Първична енергия за охлаждане и вентилация в летен режим*

Брутният разход на топлина се определя от потребната енергия за охлаждане и вентилация на операционния блок $(Q_{C,AC} + Q_{V,AC})$ и на болничния стационар $[Q_{C,VRV} + (1-\eta_{HR}) \cdot Q_{V,VRV}]$:

$$Q_C = \frac{\frac{Q_{C,AC} + Q_{V,AC}}{\eta_{HE,AC} \cdot \eta_{D,AC} \cdot SEER_{AM}} + \frac{Q_{C,VRV} + (1-\eta_{HR}) \cdot Q_{V,AC}}{\eta_{HE,VRV} \cdot \eta_{D,VRV} \cdot SEER_{VRV}}}{\eta_{D,BP} \cdot \eta_{CHP}}, \text{kWh} / \text{m}^2\text{a} \qquad (9)$$

където $SEER_{AM}$ и $SEER_{VRV}$ са сезонните хладилни коефициенти на абсорбционната хладилна машина и на термопомпената система с директно изпарение.

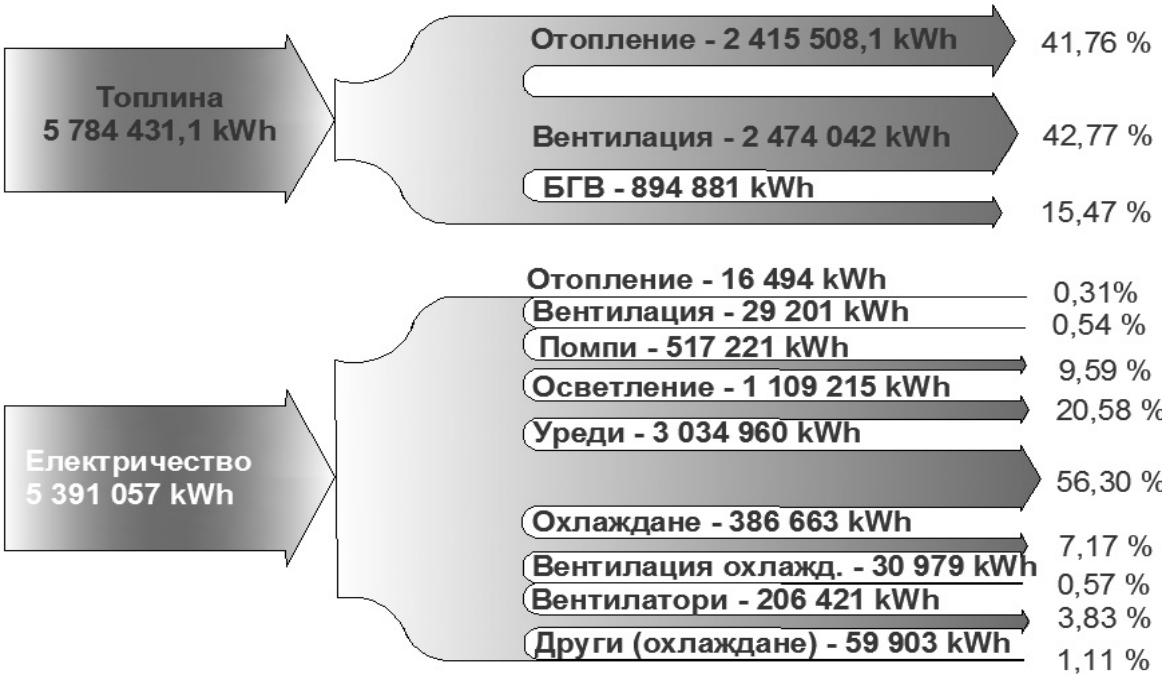
Потребното електричество за термопомпената система при летния режим е:

$$E_H = \frac{Q_{H,VRV} + (1-\eta_{HR})Q_{V,VRV}}{SEER_{VRV}}, \text{kWh} / \text{m}^2\text{a} \qquad (10)$$

Първичната енергия в летен режим $Q_{P,C}$ се определя по зависимост (7).

Енергиен баланс на изследвания обект

Топлинният и електрическият баланс на анализирания обект по базова линия е представен в диаграма Санкей на фиг. 3.



Фигура 3. Топлинен и електрически баланс на анализирания обект по базова линия