



ECONOMIC ASSESSMENT OF INTEGRATED COGENERATION TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL INSTALLATIONS

Corina CHELMENCIUC, Valentin ARION

Technical University of Moldova

Abstract – The paper addresses the problem of economic assessment of integration of cogeneration with technological installations of the industrial enterprises (further - ensemble of technological installations of CogIntegr type) under the conditions of the Republic of Moldova. The study of economic efficiency of CogIntegr technology is made for a cogeneration installation, based on internal combustion engine, integrated with bakery installation.

Keywords – cogeneration, bakery installation, CogIntegr technology, energy efficiency, levelized cost of energy.

EVALUAREA ECONOMICĂ A TEHNOLOGIILOR DE COGENERARE INTEGRATE ÎN INSTALAȚIILE INDUSTRIALE

Corina CHELMENCIUC, Valentin ARION

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat – În lucrare este abordată problema evaluării eficienței economice a integrării cogenerării energiei în instalațiile tehnologice din cadrul întreprinderilor industriale (în continuare – ansamblu de instalații tehnologice de tip CogIntegr) în condițiile R. Moldova. Studiul eficienței economice a tehnologiei CogIntegr este realizat pentru o instalație de cogenerare, bazată pe motorul cu ardere internă, integrată într-o instalație de panificație.

Cuvinte cheie – cogenerare, instalație de panificație, tehnologia CogIntegr, eficiență energetică, cost nivelat al energiei.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРИРОВАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

К. Кельменчук, В. Аррон

Технический Университет Молдовы

Реферат – В работе рассматривается проблема экономической оценки внедрения когенерации энергии в технологические установки промышленных предприятий (далее - ансамбль технологических установок типа CogIntegr) в условиях Республики Молдова. Исследование экономической эффективности технологии CogIntegr представлена для когенерационной установки, базирующаяся на двигателе внутреннего сгорания, внедренная в установку для выпечки хлебобулочных изделий.

Ключевые слова – когенерация, установка для выпечки хлебобулочных изделий, CogIntegr технология, энергетическая эффективность, выровненная стоимость энергии.

INTRODUCERE

Preocuparea la nivel global, legată de diminuarea rezervelor de resurse energetice fosile și a impactului acestora asupra mediului, a provocat statele lumii, inclusiv R. Moldova, să caute soluții de eficientizare a producerii și consumului de energie.

O măsură de sporire a eficienței energetice intens promovată în toată lumea este producerea energiei electrice și energiei termice în regim de cogenerare.

În lucrările [1-3] sunt prezentate esența și beneficiile integrării tehnologiilor de cogenerare în cadrul instalațiilor tehnologice utilizate în domeniul industrial, (conceptul CogIntegr).

Acest concept poate fi aplicat în orice tip de instalație tehnologică care utilizează în calitate de agent termic gazele de ardere, cu condiția că valorile parametrilor necesari pentru efectuarea procesului care decurge în instalație, să corespundă cu valorile parametrilor gazelor eșapate de instalația generatoare.

În lucrările menționate s-a demonstrat faptul că integrarea cogenerării în procesele tehnologice care decurg în instalațiile industriale reduce ireversibilitatea proceselor de obținere a agentului de lucru (a gazelor), sporind eficiența energetică și exergetică a instalațiilor.

În lucrarea dată, urmează a fi demonstrată și fezabilitatea economică a integrării tehnologiilor de cogenerare în cadrul instalațiilor tehnologice.

1. FORMULAREA PROBLEMEI

În lucrarea [3] a fost prezentată metodologia de evaluare a eficienței exergetice a unei instalații tehnologice de tip CogIntegr.

În cele ce urmează, este expusă metodologia de evaluare a eficienței economice a tehnologiilor de cogenerare integrate în instalațiile industriale. Studiul numeric va fi efectuat în baza analizei unei instalații de panificație de tip tunel pe gaze naturale (cu capacitatea de 972 t/h), utilizată la cel mai mare combinat de panificație din țară, integrată cu o instalație de cogenerare în bază de motor cu ardere internă (MAI – în continuare).

2. METODOLOGIA APLICATĂ PENTRU EVALUAREA EFICIENȚEI ECONOMICE

Criteriile de bază utilizate în evaluarea eficienței economice a implementării tehnologiilor de cogenerare integrată sunt economiile maxime și costul minim nivelat al energiilor produse pe durata de studiu (CNAE).

Proiectul se va considera fezabil în cazul în care în urma implementării acestuia (*scenariul de proiect*), cheltuielile totale aferente aprovizionării cu energie vor fi mai mici decât până la implementarea proiectului (*scenariul de bază*). Astfel, putem scrie:

$$EcNA = CTA_{SB} - CTA_{SP} > 0 \quad (1)$$

unde: CTA_{SB} reprezintă cheltuielile totale actualizate, scenariul de bază;

CTA_{SP} - cheltuielile totale actualizate, scenariul de proiect.

Cheltuielile totale actualizate, asociate unei instalații de cogenerare (de tipul celei studiate în lucrare), pe durata ei de viață, cuprinde:

$$CTA_{IC} = CTA_I + CTA_{O\&M} + CTA_{comb} + CTA_{ulei}, \quad (2)$$

unde: CTA_I reprezintă cheltuielile cu investiția;

$CTA_{O\&M}$ - cheltuielile de operare și mentenanță;

CTA_{comb} - cheltuielile cu combustibilul;

CTA_{ulei} - cheltuielile cu uleiul pentru lubrifiere.

Calculul CTA, pe componente, se efectuează prin aplicarea modelului economic static, echivalent celui dinamic [4]. Fiecare componentă a relației (2), cu excepția primei, se determină ca fiind produsul cheltuielilor $C_{0,x}$, pentru un an de referință t_0 , la o durată de studiu recalculată $\bar{T}_{T,x}$:

$$CTA = C_{0,x} \cdot \bar{T}_{T,x}. \quad (3)$$

Durata $\bar{T}_{T,x}$ ia în considerație mai mulți factori, printre care, după caz, durata calendaristică de studiu T , rata de actualizare i , dinamica creșterii prețului la combustibil sau energie, rata de degradare a capacității de producere a instalației ș.a. Aceasta, la general, poate fi determinată cu relația:

$$\bar{T}_{T,x} = \left[1 - (1 + x)^{-T} \right] / x, \quad (4)$$

în care x reprezintă o rată sintetică de recalculare a duratei perioadei de studiu:

$$x = (1 + i) / (1 + r) - 1, \quad (5)$$

unde: i reprezintă rata de actualizare;

r - rata creșterii anuale a cheltuielii respective.

Pentru determinarea costului nivelat al energiei electrice produse în cadrul instalației de cogenerare, este utilizată metoda cheltuielilor remanente, conform căreia, costul energiei termice produse se acceptă la nivelul costului unei surse de referință $CTA_{Q,REF} = CNAE_{Q,REF}$, iar costul energiei electrice produse $CNAE_{w,IC}$ se determină cu relația:

$$CNAE_{w,IC} = (CTA_{IC} - CTA_{Q,REF}) / WTA, \quad (6)$$

în care WTA reprezintă volumul energiei electrice produse pe perioada considerată, valoare actualizată.

3. STUDIUL NUMERIC AL EFICIENȚEI ECONOMICE A TEHNOLOGIEI COGINTEGR

3.1. Varianta existentă de aprovizionare cu energie a fabricii (scenariul de bază)

Întreprinderea de panificație are un consum anual de energie electrică de cca. 7500 MWh/an (27 TJ/an). Toată energia electrică consumată este achiziționată din rețeaua de interes public. Consumatorii de energia electrică sunt: cuptoarele, motoarele, iluminatul, pompele de apă, compresoarele de aer, instalațiile frigorifice ș.a.

Pentru realizarea proceselor tehnologice și pentru încălzirea încăperilor se utilizează abur și apă fierbinte care sunt produse la centrala termică proprie. Consumul anual de energie termică al întreprinderii constituie cca. 7000 Gcal/an (29,3 TJ/an).

Aburul se utilizează în cuptoare pentru formarea crustei pâinii, iar apa fierbinte - pentru realizarea unor procese tehnologice, în calitate de apă caldă menajeră, precum și pentru încălzirea încăperilor. Pentru producerea energiei termice la centrala termică se consumă anual cca. 986 mii m³ gaze naturale. Fabrica dispune de 2 cuptoare de panificație pe gaze naturale, de tipul celui studiat în lucrare, care consumă anual cca. 378 mii m³ de gaze naturale fiecare.

Un parametru foarte important în analiza economică a unui proiect de investiții reprezintă durata de funcționare a întreprinderii. Deoarece fabrica considerată reprezintă un producător important de produse de panificație în țară, aceasta funcționează în 3 schimburi și durata de funcționare constituie 22/24 ore.

Producția și consumurile de energie ale fabricii sunt practic stabile pe parcursul anului.

3.2. Varianta modernizată (scenariul de proiect)

Se propune integrarea unei instalații de cogenerare bazată pe motorul cu ardere internă de tip PG475B, producție FG Wilson (M. Britanie), cu puterea de 380 kW_e, (tab. 1).

În figura 1 este prezentată schema de principiu a instalației de panificație de tip CogIntegr analizată. Sarcina termică a instalației de cogenerare constituie 683 kW_t, dintre care – 356 kW constituie sarcina termică a gazelor de ardere evacuate din motorul cu ardere internă (vor fi debitate în canalele camerei de coacere a

cuptorului de panificație) și 327 kW – sarcina termică a apei de răcire, care va fi utilizată pentru producerea apei fierbinți necesare pentru efectuarea proceselor tehnologice la fabrică (Tab. 1).

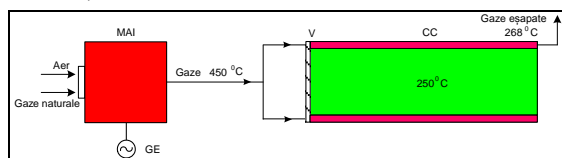


Fig. 1. Schema de principiu a instalației CogIntegr:

MAI - motor cu ardere internă; GE – generator electric;
V – ventilator; CC – cameră de coacere

Tabelul 1 - Volumul anual al energiei produse la instalația de cogenerare

Instalație de cogenerare	Puterea instalată	electrică	<i>kW</i>	380
		termică	<i>kW</i>	683
	Volumul producției de energie	electrică	<i>MWh/an</i> (<i>GJ/an</i>)	2850 (10260)
		termică	<i>Gcal/an</i> (<i>GJ/an</i>)	2083,4 (8723,2)

Volumul de energie electrică, neacoperit de instalația de cogenerare, va fi preluat din rețeaua de interes public, iar de energie termică – de la centrala termică existentă (tabelul 2). Instalația de cogenerare este alimentată cu gaze naturale.

Tabelul 2 - Consumurile de energie ale întreprinderii

Sursa	Consumuri energetice		
	Energie electrică, kWh/an	Energie termică, Gcal/an	Gaze naturale, mii m ³ /an
Înainte de implementarea proiectului			
Din rețea	7 500 000	-	1742
CT existentă	-	7000	-
Total	7 500 000	7000	1742
După implementarea proiectului			
Din rețea	4 650 000 (62%)	-	2020 (950 IC+ 378 Cupt nr.2+ 692 CT)
Instalația de cogenerare	2850000 (38%)	2083 (29,8%)	-
CT existentă	-	4917 (70,2%)	-
Total	7 500 000	7000	2020

3.3. Datele inițiale și justificarea lor

În tab. 3 sunt prezente datele inițiale necesare efectuării calculului de evaluare a eficienței economice a tehnologiei studiate. În lucrare se va considera o durată de studiu egală cu $T=14$ ani. Valoarea duratei de utilizare a puterii maxime T_M a fost determinată în funcție de durata de funcționare a instalației de panificație – 22/24 h zilnic și durata de staționare a instalației de cogenerare pentru efectuarea lucrărilor de revizie tehnică – cca. 3 săptămâni/an, astfel se acceptă $T_M=7500$ h.

În calculele tehnico-economice realizate, rata i reprezintă un instrument de actualizare a eforturilor și efectelor economice. Rata de actualizare i , de obicei, se determină cu expresia:

$$i = r_b + r_{inf} + r_{risc}, \quad (7)$$

r_b	reprezintă rata dobânzii bancare, cerută în mod curent pentru creditele bancare;
r_{inf}	rata previzibilă a inflației;
r_{risc}	rata riscului (se acceptă o marjă de siguranță de 1...2% pe an pentru situații imprevizibile).

Analizând situația din domeniul economiei naționale și luând în considerație recomandările din [11] pentru alegerea valorii ratei de actualizare pentru efectuarea calculului curente pentru proiectele energetice, se va accepta $i = 11\%$.

Tabelul 3 - Date inițiale pentru calculul fezabilității economice a instalației de cogenerare

Indicator	Notație	Unitate	Valoare
Puterea electrică a instalației de cogenerare	$P_{nom,W}$	kW	380
Puterea termică	$P_{max,Q}$	kW	683
Durata de utilizare a puterii maxime electrice și termice	T_M	h/an	7 500
Investiția specifică în instalația de cogenerare	i_{sp}	\$/kW _e	1000
Cota reparației capitale din investiție [5]	k_{rep}	%	30
Resursa unității până la prima reparație capitală [5]	T_{sn}	h	60 000
Durata de studiu	T	ani	14
Căldura inferioară de ardere a gazelor naturale	Q_i	MJ/m ³	33,03
Tarif curent la gazele naturale [6]	$T_{comb,0}$	lei/ mie m ³	6138
Cota anuală a cheltuielilor O&M din valoarea investiției	$k_{O\&M,0}$	%/an	4,00
Consumul specific de ulei [7]	$k_{ulei,0}$	g/kWh	0,14
Prețul de achiziție al uleiului lubrifiant [8]	$c_{ulei,0}$	lei/l	80,00
Densitatea uleiului lubrifiant	ρ_{ulei}	kg/l	0,90
Tarif la energia electrică din rețea [9]	$T_{w,0}$	lei/kWh	2,16
Rata de actualizare	i	%/an	11,00
Rata anuală de degradare a capacității de producere [4]	r_{degr}	%/an	0,50
Rata anuală de creștere a consumului specific de combustibil	r_b	%/an	0,50
Rata anuală de creștere a costului gazelor naturale	r_{comb}	%/an	6,00
Rata anuală de creștere a cheltuielilor O&M [10]	$r_{O\&M}$	%/an	5,00
Rata anuală de creștere a consumului de ulei [10]	r_v	%/an	0,50
Rata anuală de creștere a prețului uleiului lubrifiant	r_{ulei}	%/an	7,00
Rata anuală de creștere a tarifului la electricitate	r_E	%/an	6,00
Rata de schimb valutar	r_{SV}	lei/\$	20,00

Ratele de creștere a tarifelor la energia electrică r_E și la gazele naturale r_{comb} pot fi stabilite în baza analizei

retrospective a evoluției acestora pe o perioadă egală cu durata de studiu T .

În lucrarea [11] au fost evaluate ratele de creștere ale tarifelor la energie electrică și la gaze naturale pentru 3 perioade de timp: 5, 10 și 15 ani. Din analiza datelor prezentate în lucrare rezultă că rata de creștere a tarifului la energia electrică pentru o durată de 15 ani, aproximativ egală cu durata de studiu acceptată în lucrare, va constitui 5,74 %/an în euro (sau 6,40 %/an în dolari). Se va accepta în calcule o rată a creșterii tarifului la energia electrică pe perioada de studiu - $r_E = 6\%/an$.

Pentru gazele naturale, în aceeași lucrare, s-a estimat o rată de creștere a tarifului destul de mare, de cca 16 % pentru o durată de studiu egală cu 15 ani. Valoarea spectaculoasă a acestei rate se datorează în special creșterii cu cca 30%/an a prețului de cost la gazele naturale în perioada 2006-2012, fenomen care puțin probabil va avea loc în următorii 14 ani. De aceea, în lucrare se va accepta o rată de creștere a tarifului la gaze, egală cu rata de creștere a tarifului la energia electrică - $r_{comb} = 6\%$.

În anul 7 de activitate se vor realiza lucrări de reparație capitală a instalației de cogenerare.

Pentru a simplifica procesul de evaluare a eficienței economice a soluției tehnice propuse, s-a elaborat modelul analitic al cheltuielilor totale actualizate legate de utilizarea tehnologiilor CogIntegr, în baza căruia a fost pus la punct un program specializat de calcul (Excel) al indicatorilor de eficiență economică în cazul implementării acestor tipuri de tehnologii, atât prin aplicarea modelului dinamic cât și cel static de determinare a CTA. Rezultatele calculelor prezentate în continuare au fost obținute prin utilizarea programului respectiv.

3.4. Cheltuielile totale - scenariul de bază

Cheltuielile totale pe perioada de studiu CTA_{SB} , asociate variantei existente de alimentare cu energie a fabricii de panificație, includ cheltuielile cu achiziția energiei electrice CTA_{en} și gazelor naturale CTA_{comb} din rețeaua de interes public:

$$CTA_{SB} = CTA_{en} + CTA_{comb} = 8164,8 + 5389 = 13554 \text{ mii } \$.$$

Cheltuielile totale cu procurarea energiei electrice pe perioada de studiu, în conformitate cu modelul static echivalent, relația (3), vor constitui:

$$CTA_{en} = C_{en,0} \cdot \bar{T}_{T,x1} = 810 \cdot 10,08 = 8164,8 \text{ mii } \$ / an,$$

unde: $C_{en,0}$ reprezintă valoarea de referință a costului anual al electricității achiziționate, raportată la anul 0, determinată conform relației:

$$C_{en,0} = W_0 \cdot T_{w,0} = 7500 \cdot 0,108 = 810 \text{ mii } \$ / an;$$

W_0 - volumul de energie electrică achiziționată;
 $\bar{T}_{T,x1}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata x_1 :

$$x_1 = (1+i)/(1+r_E) - 1 = (1+0,11)/(1+0,06) - 1 = 0,0472.$$

Cheltuielile totale cu achiziția gazelor naturale pentru producerea energiei termice la centrala termică și pentru

alimentarea cuptoarelor de panificație pe gaze, aferente scenariului de bază se vor calcula cu relația (3):

$$CTA_{comb} = C_{comb,0} \cdot \bar{T}_{T,x2} = 534620 \cdot 10,08 = 5389 \text{ mii } \$ / an,$$

unde: $C_{comb,0}$ reprezintă valoarea de referință a costului anual al combustibilului procurat, raportată la anul 0, determinată conform relației:

$$C_{comb,0} = B_0 \cdot T_{comb,0} = 1742 \cdot 306,9 = 534620 \$ / an;$$

B_0 - volumul de gaze naturale achiziționate în scenariul de bază, din tab. 2;

$\bar{T}_{T,x2}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata x_2 :

$$x_2 = (1+i)/(1+r_{comb}) - 1 = (1+0,11)/(1+0,06) - 1 = 0,0472.$$

3.5. Cheltuielile totale - scenariul de proiect

Cheltuielile totale actualizate CTA_{SP} , asociate scenariului de proiect, se compun din cheltuielile totale aferente producerii de energie la instalația de cogenerare CTA_{IC} și procurării energiei electrice și a gazelor naturale din rețeaua de interes public CTA_{RIP} .

a) *Cheltuielile totale aferente instalației de cogenerare CTA_{IC}*

Cheltuielile totale actualizate CTA_{IC} , în cazul producerii de energie în instalația de cogenerare, pe perioada de studiu a proiectului, vor fi determinate cu relația (2):

$$CTA_{IC} = CTA_I + CTA_{O\&M} + CTA_{comb} + CTA_{ulei}.$$

Cheltuielile cu investiția aferente instalației de cogenerare includ costurile cu achiziția, transportul și montajul acesteia, precum și cu reparația capitală a MAI în anul 7 de funcționare.

Astfel, conform calculelor efectuate rezultă - $CTA_I = 434,91$ mii \$.

Cheltuielile de operare și mentenanță pentru instalațiile de cogenerare includ: costul materialelor (de 3-4 ori/lună este necesar de schimbat bujia și la fiecare 700-750 ore de funcționare - filtrele pentru uleiul de lubrifiere [12]), costul pieselor de rezervă, costul uneltelor și mecanismelor, costul forței de muncă (1-3 oameni/unitate de cogenerare), costul consumului propriu de energie electrică (2-3% din producție), costul apei de răcire.

Conform calculelor efectuate prin aplicarea metodologiei expuse în p. 2, $CTA_{O\&M} = 143,79$ mii \$.

Cheltuielile totale cu combustibilul consumat pe perioada de studiu CTA_{comb} se vor determina luând în considerație rata de majorare a consumului de combustibil datorită uzurii fizice a instalației de cogenerare și faptul că în anul 7 se vor petrece lucrări de reparație capitală a acesteia. Conform calculelor efectuate - $CTA_{comb} = 2937,11$ mii \$.

Cheltuielile totale cu uleiul lubrifiant consumat pe perioada de studiu CTA_{ulei} , similar ca în cazul determinării CTA_{comb} , se vor calcula ținând cont de faptul că în anul 7 se vor realiza lucrări de reparație capitală a instalației. Aceste cheltuieli vor constitui - $CTA_{ulei} = 19,43$ mii \$.

Astfel, *Cheltuielile totale actualizate CTA_{IC}* , aferente producerii de energie în instalația de cogenerare, pe perioada de studiu a proiectului, vor constitui:

$$CTA_{IC} = CTA_I + CTA_{O\&M} + CTA_{comb} + CTA_{ulei} = \\ = 434,91 + 143,79 + 2937,11 + 19,43 = 3535,24 \text{ mii } \$.$$

b) *Cheltuielile totale aferente achiziționării energiei suplimentare din rețeaua de interes public CTA_{RIP}*

Cheltuielile totale actualizate CTA_{RIP} includ cheltuielile cu achiziția energiei electrice CTA_{el} și cheltuielile cu achiziția combustibilul utilizat pentru producerea energiei termice la centrala termică și alimentarea cuptorului de panificație nr. 2 - CTA_{comb} :

$$CTA_{RIP} = CTA_{el} + CTA_{comb}.$$

Cheltuielile totale pentru acoperirea deficitului de energie electrică în scenariul de proiect vor constitui CTA_{el} = 5122,53 mii \$, iar pentru procurarea gazelor naturale CTA_{comb} = 3364,65 mii \$.

Astfel, cheltuielile totale aferente achiziționării energiei suplimentare din rețeaua de interes public CTA_{RIP} pe perioada de studiu vor constitui:

$$CTA_{RIP} = CTA_{el} + CTA_{comb} = 5122,53 + 3364,65 = 8487,18 \text{ mii } \$.$$

Cunoscând componentele CTA_{IC} și CTA_{RIP}, pot fi determinate *cheltuielile totale actualizate în scenariul de proiect*:

$$CTA_{sp} = CTA_{IC} + CTA_{RIP} = 3535,24 + 8487,18 = 12022,42 \text{ mii } \$.$$

3.6. Fezabilitatea proiectului investițional de eficientizare energetică a procesului tehnologic

Economia netă totală actualizată pe perioada de studiu se va determina ca diferența dintre cheltuielile totale aferente scenariului de bază și celui de proiect:

$$EcNA = CTA_{sb} - CTA_{sp} = 13554 - 12022,42 = 1531,58 \text{ mii } \$.$$

Valoarea economiilor nete actualizate pe perioada de studiu fiind pozitivă, conform condiției expuse în relația (1), rezultă că proiectul dat este fezabil, iar în cazul implementării acestuia, se vor obține economii nete actualizate de cca. 4 ori mai mari decât valoarea investiției în instalația de cogenerare:

$$EcNA / I_{IC} = 1531,58 / 380 = 4,03.$$

3.7. Costurile nivelate ale energiilor produse în scenariul de proiect

Determinarea costului energiei termice și electricității produse de instalația de cogenerare presupune alocarea cheltuielilor totale între cele două forme de energii produse. În acest scop, așa cum a fost menționat anterior, se va aplica metoda cheltuielilor remanente.

Conform relației (6) costul nivelat al energiei electrice produse de instalația de cogenerare va constitui:

$$CNAE_{w,IC} = (CTA_{IC} - CNAE_{Q,IC} \cdot QTA) / WTA = \\ = (3535,24 - (65,39 \cdot 30211,06) / 1000) / 19545 = 0,080 \text{ } \$ / kWh,$$

unde: CNAE_{Q,IC} reprezintă costul nivelat al energiei termice produse de instalația de cogenerare, acceptat la nivelul costului căldurii la o centrală termică de referință:

$$CNAE_{Q,IC} = \frac{(C_{Q,REF} \cdot \bar{T}_{T,X3})}{\bar{T}_{T,i}} = \frac{(45,28 \cdot 10,08)}{6,98} = 65,39 \text{ } \$ / Gcal;$$

C_{Q,REF} - costul energiei termice produse la o centrală de referință, de putere termică similară cu cea a instalației de cogenerare C_{Q,REF} = 45,28 \$/Gcal;

$\bar{T}_{T,X3}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata x₃:

$$x_3 = \left[\frac{(1+i)}{(1+r_{comb})} \right] - 1 = \left[\frac{(1+0,11)}{(1+0,06)} \right] - 1 = 0,0472;$$

$\bar{T}_{T,i}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata de actualizare i:

$$\bar{T}_{T,i} = \left[\frac{1 - (1+i)^{-T}}{i} \right] / i = \left[\frac{1 - (1+0,11)^{-14}}{0,11} \right] / 0,11 = 6,98 \text{ ani};$$

QTA - volumul energiei termice produse pe perioada considerată, valoare actualizată:

$$QTA = Q_0 \cdot \bar{T}_{T,X4} + Q_8 \cdot \bar{T}_{T,X4} \cdot (1+i)^{-7} = 5122,5 \cdot 4,63 + \\ + 5122,5 \cdot 4,63 \cdot (1+0,11)^{-7} = 35140,75 \text{ MWh} = 30221,05 \text{ Gcal};$$

Q₀ - valoarea de referință a producției anuale de căldură, aferentă anului 0:

$$Q_0 = P_{max,Q} \cdot T_M = 683 \cdot 7500 = 5122,5 \text{ MWh / an};$$

$\bar{T}_{T,X4}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata x₄:

$$x_4 = \left[\frac{(1+i)}{(1+r_{deg,r})} \right] - 1 = \left[\frac{(1+0,11)}{(1-0,005)} \right] - 1 = 0,1156;$$

Q₈ - valoarea de referință a producției anuale de căldură, aferentă anului 8:

$$Q_8 = Q_0;$$

WTA - volumul energiei electrice produse pe perioada de studiu de 14 ani, valoare actualizată:

$$WTA = W_0 \cdot \bar{T}_{T,X4} + W_8 \cdot \bar{T}_{T,X4} \cdot (1+i)^{-7} = \\ = 2850 \cdot 4,63 + 2850 \cdot 4,63 \cdot (1+0,11)^{-7} = 19545 \text{ MWh};$$

W₀ - valoarea de referință a producției anuale de electricitate, aferentă anului 0:

$$W_0 = P_{nom,W} \cdot T_M = 380 \cdot 7500 = 2850 \text{ MWh / an};$$

W₈ - valoarea de referință a producției anuale de electricitate, aferentă anului 8:

$$W_8 = W_0.$$

Pentru ca proiectul de integrare a cogenerării în procesul tehnologic de panificație să fie economic rentabil se cere ca costul nivelat al energiei electrice produse în cogenerare să fie mai mic decât costul energiei achiziționate din rețea: CNAE_{w,IC} < TNAE_w.

Tariful nivelat al energiei electrice, achiziționate din RIP - TNAE_w poate fi determinat cu relația:

$$TNAE_w = (T_{W,0} \cdot \bar{T}_{T,X5}) / \bar{T}_{T,i} = (0,108 \cdot 10,08) / 6,98 = 0,156 \text{ } \$ / kWh;$$

unde: $\bar{T}_{T,X5}$ reprezintă durata recalculată a perioadei de studiu, determinată la rata x₅:

$$x_5 = \left[\frac{(1+i)}{(1+r_E)} \right] - 1 = \left[\frac{(1+0,11)}{(1+0,06)} \right] - 1 = 0,0472.$$

Astfel, costul nivelat al energiei electrice produse de instalația de cogenerare $CNAE_{w,IC} = 0,08 \text{ \$/kWh}$ este de cca. 2 ori mai mic decât tariful nivelat al energiei electrice

achiziționate din rețeaua de interes public $TNAE_w = 0,156 \text{ \$/kWh}$, ceea ce demonstrează definitiv atractivitatea proiectului investițional propus.

4. CONCLUZII

1. Fezabilitatea economică a instalațiilor de cogenerare, ca surse de energie, în caz general se determină în baza criteriului – venitul net actualizat maximum, sau în caz particular - în baza comparării costului nivelat al energiei produse cu costul de furnizare a energiei la sursa de referință. La aplicarea tehnologiei CogIntegr, fezabilitatea utilizării instalației de cogenerare (IC) se determină prin compararea cheltuielilor totale actualizate (CTA) pentru două scenarii – celui de bază (fără IC) și celui de proiect (cu IC). În cazul în care utilizarea tehnologiei CogIntegr conduce la o diminuare apreciabilă a costurilor totale aferente procesului de panificație, în raport cu riscurile asociate – integrarea cogenerării se consideră fezabilă.
2. Metodologia de evaluare a eficienței economice, propusă în lucrare, poate fi aplicată oricărui tip de tehnologie CogIntegr indiferent de tipul instalației în care prima urmează a fi integrată.
3. Studiul economic efectuat în lucrare a dovedit că soluția tehnică de integrare a IC în cea de panificație este foarte fezabilă, generând economii nete totale actualizate considerabile, iar costul nivelat al energiei electrice produse este unul foarte bun - $0,080 \text{ \$/kWh}$ pentru energia electrică în comparație cu valoarea tarifului nivelat al energiei electrice achiziționate din rețea – $0,156 \text{ \$/kWh}$.
4. Ca rezultat al analizei economice efectuate în lucrare, cu certitudine se poate de spus că integrarea instalațiilor de cogenerare în bază de MAI în cadrul instalațiilor de panificație este foarte fezabilă, atât din punct de vedere tehnic cât și economic

BIBLIOGRAFIE

- [1] C. Chelmenciuc, *The thermodynamic benefits of the integration of cogeneration installations in bakery ovens*, Proceedings of The 10th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN'15, Chisinau, October 8-9, 2015, pp. 564-567.
- [2] C. Chelmenciuc, *Reducerea ireversibilității proceselor cu gaze de ardere în cuptoare de tip tunel*, Buletinul AGIR, vol. 3, București 2015, pag. 155-159.
- [3] C. Chelmenciuc, *Analiza exergetică a procesului cu gaze în cuptoare de tip tunel și în cele cu cogenerare integrată*, Meridian Ingineresc, nr. 1, Chișinău, 2016, pag. 46-50.
- [4] V. Arion, V. Hlusuov, C. Gherman. *Ghid privind evaluarea economică a proiectelor din domeniile eficienței energetice și energiilor regenerabile*. Chișinău: Tipografia Sirius, 2014.
- [5] S. Gudkov, E. Lebedeva, *Cogeneration, the use of cogeneration*. <http://www.rae.ru/forum2012/pdf/2930.pdf>
- [6] *Modificarea tarifelor la gazele naturale 2016*. <http://anre.md/files/Acte%20Normative/tarife%20gaze%202016/Tarife%20gaze%2026%20ianuarie%202016%20pentru%20site.pdf>
- [7] *Газопоршневая электростанция FG Wilson*. <http://pro39.pro/shop/generator-i-kompressor/generator/generatori-fgwilson/stacionarnye/gazovye/gazoporschnevaja-yelektrostantsija-fg-wils.html>
- [8] *Моторные масла для газовых двигателей*. <http://motor-tools.ru/maslo-dlya-gazovyh-dvigatelay/>
- [9] *Hotărâre privind tarifele la energia electrică*. Nr. 153/2015 din 18.07.2015. Publicat: 31.07.2015 în Monitorul oficial al Republicii Moldova nr. 197-205/1344.
- [10] V. Arion, V. Hlusuov, C. Gherman, O. Șveț, *Culegere de probleme la disciplina Economia Energeticii, Partea I - Aspecte generale ale calculului tehnico-economic și economico-financiar*, Chișinău: Editura „Tehnica-UTM” 2013.
- [11] V. Arion, C. Borosan, C. Negură, *Evoluția costurilor și tarifelor la energie și resurse energetice în Republica Moldova pe termen mediu și lung*, Conf. Jubiliară tehnico științifică a colaboratorilor UTM, Vol. 1, 2014, pag. 335-339.
- [12] *Газопоршневые и газотурбинные электростанции – что выбрать?* <http://energetiku.jimdo.com/>