



Головний інститут гірництва
Лабораторія процесів енергетики
Plac Gwarków 1
40-306
Katowice
Polska

**Багатоваріантне техніко-економічне обґрунтування модернізації котла
комунального підприємства «Жовкватеплоенерго» в котельні міста
Дубляни Львівської області з метою диверсифікації використовуваних
палив**

Реалізовано в рамках проекту:

URAKOL

Робоча версія: 0.7 від 2. XI. 2016 р.

Автори: Joanna KRZEMIENÍ / Йоанна Кжемень
Iwona GIL / Івонн Гіль
Piotr KRAWCZYK / Пйотр Кравчик
Eugeniusz JEĐRYSI / Євгеніуш Єндрисік
Piotr MOCEK / Пйотр Моцек

КАТОВІЦЕ, листопад 2016 р.

ЗМІСТ

1. Вступ	3
2. Стан котельні міста Дубляни	4
3. Методика технічного аналізу	7
4. Скорочений технічний опис прийнятих варіантів	13
5. Технічні схеми (у версії 0.7 не подано).....	18
6. Результати технічного аналізу та аналізу довкілля.....	18
7. Результати фінансового аналізу.....	21
7.1. Обсяг аналізу	21
7.2. Методика економічного аналізу	21
7.3. Ставка дисконтування, обліковий період і залишкової вартості	28
7.4. Результати фінансового аналізу.....	30
7.5 Аналіз чутливості.....	31
8.Висновки	42

1. Вступ

У рамках програми «Польської допомоги для розвитку 2016 р» за підтримки Міністерства закордонних справ Республіки Польщі реалізований проект «Підвищення конкурентоспроможності підприємств Львівської області за рахунок впровадження інноваційних технологій використання місцевих енергетичних ресурсів» з аббревіатурою "URAKOL". З польської сторони партнером проекту є Головний інститут гірництва з Катовіц (ГІГ), з української сторони – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України (ІГГК НАНУ, Львів)

Проект "URAKOL" зосереджений на можливості використання місцевих джерел енергії для потреб теплопостачання. Це є великою потребою в умовах Західної України, особливо у теперішній політичній та економічній ситуації. Україна протягом багатьох років використовувала при теплопостачанні газ, який спалювався у котлах. У теперішніх умовах політична та економічна еліта прагне зрівняння цін природного газу з цінами на європейському ринку (з врахуванням географічного фактору). З цього погляду ціни на газ, а у зв'язку з цим і ціни на послуги теплопостачання, підвищуються. Результатом цього є природною реакція споживачів (населення), які відмовляються від тепла, продукованого на газі. Стосується це також і теплопостачальних компаній, які використовують газ для обігріву комунальних та державних підприємств. У результаті старіші об'єкти теплопостачання закриваються. Переважна група об'єктів, яка характеризується такими проблемами, – це об'єкти сумарною потужністю 2-98 МВт, на яких встановлені газові котли старого типу (60-х років, і навіть котли довоєнні), з ежекторними пальниками без відповідної регуляції.

Одним із завдань проекту URAKOL є аналітична робота, яка дозволила би визначити можливість модернізації джерела теплопостачання, включаючи можливість заміни газу місцевою сировиною. Разом з українським партнером

ІГГТК НАНУ було вибрано місце, для якого було зроблено попереднє техніко-економічне обґрунтування(ТЕО).

В результаті ГП розробив алгоритм, що робить можливим ефективну характеристику більшості подібних теплових котелень та реалізацію технічного - економічного аналізу для інших випадків. У цьому дослідженні було проведено техніко-економічне обґрунтування для семи технічних варіантів в умовах котельні міста Дубляни Львівської області.

Метою даної роботи було визначити, які з виявлених варіантів модернізації є найбільш об'єктивним, що характеризується найкращими економічними показниками. В обсяг робіт входило опрацювання технічних припущень, які можуть виконувати оцінювання вартості робіт, опрацювання процесу модернізації, вибір окремих компонентів технічної оцінки інвестиційних та експлуатаційних витрат, оцінка основних енергетичних та екологічних показників, пов'язаних з експлуатацією систем опалення та визначення економічних параметрів.

2. Стан котельні міста Дубляни

Котельня міста Дубляни розташована недалеко від території студентського містечка Аграрного університету міста Львова. Виробництво теплової енергії в котельні базується на спалюванні в котлах газу з повністю з водяним охолодженням і повернення вихлопних газів камери. Для котлів - жарової труби старого типу використовується природний газ типу Е (GZ50). Цей газовий склад схожий на паливо в розподільчій польській національній мережі PGNiG, тобто його склад подібний до складу природного газу (% об.): $\text{CH}_4=96,47$; $\text{N}_2=1,78$; $\text{C}_2\text{H}_6=1,30$; $\text{C}_3\text{H}_8=0,28$; $\text{C}_4\text{H}_{10}=0,11$; $\text{CO}_2=0,06$. Теплота згорання газу становить $W_{dg}=48,33\text{MJ/kg}$.

Спалювання відбувається в газових дифузійних пальниках зі значною кількістю надлишку повітря для горіння в розмірі 1,25 - 1.6. Котельня

виробляє енергію для центрального опалення і гарячого водопостачання. У літні місяці, підготовка гарячої води відбувається локально, поза приміщенням котельні. Горіння відбувається в пальниках газових дифузійних зі значною кількістю надлишку повітря для горіння в розмірі 1,25 - - 1.6.

Загальна за інстальована теплова потужність котельні становить **18.06** MWth. При цьому три котли – застарілі (DKWR 4/13 – один з яких з 1964 року). У таблиці 1 показано заінстальовані котли у котельні м. Дубляни.

Tab. 1. Основні дані обладнання у котельні м. Дубляни

№ п/п	Тип і номер котла	Потужність встановлена, MWth	Вид палива	Тривалість праці в році, години	Наявність економайзера? (так/ні)	Рік виготовлення	Тип пальників
1	ДКВР-4,0/13, 1 шт.	3,91	газ	4396	так	1968	дифузійні пальники
2	ДКВР-6,5/13, 2 шт.	5,86 x 2	газ	4396	так	1964	дифузійні пальники
3	НІСТУ-5, 3 шт.	0,81 x 3	газ	4396	так	1990	дифузійні пальники

Аналіз функціонування котельні призводить до наступних значень чистої теплової ефективності та необхідної електричної енергії в залежності від температури зовнішнього повітря, представлено на рис.1.

У аналізі зосереджено увагу на модернізацією котла DKWR 4,0/13. Передбачалося, таким чином, що котел буде забезпечувати гнучке джерело основного тепла, на відміну від котлів, що працюють на природному газі, для цього котла параметри функціонування представлені в карті, що подана у таблиці 2.

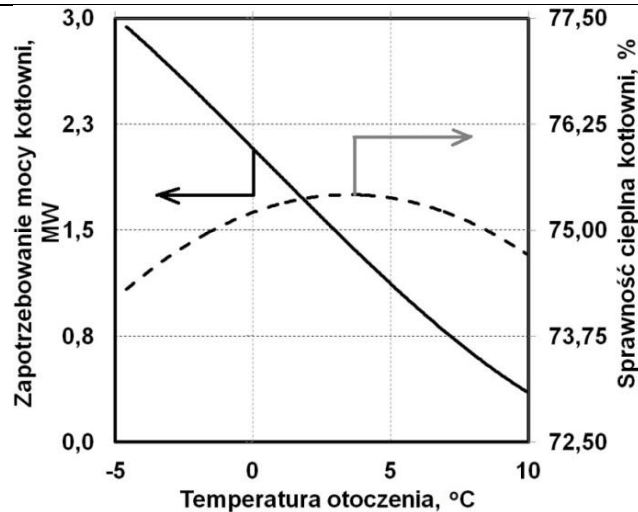


Рис. 1. Потреба потужності та теплопродуктивності котельні в залежності від температури навколишнього середовища

Таблица 2. Карта котла DKW-4,0

№ п/п	Параметр	Значення	Величини для різних теплових потужностей				
			1	2	3	4	5
1	Тиск газу перед пальниками котла	Ра	392.4	490.5	588.6	686.7	784.8
2	Тиск повітря перед пальниками	Ра	98.1	98.1	98.1	112.82	122.63
3	Тиск пари перед підігрівачем	бар	2	2.2	2.4	2.5	2.7
4	Величина CO ₂ за економайзером	% об	5.6	6.2	6.4	6.7	7
5	Величина O ₂ за економайзером	% об.	11	10	9.6	9.1	8.5
6	Величина CO за економайзером	% об	0	0	0	0	0
7	Коефіцієнт надлишку за котлом	λ_k	1.61	1.51	1.39	1.36	1.3
8	Коефіцієнт надлишку за еко	λ_e	1.98	1.81	1.75	1.68	1.61
9	Темп. горіння за економайзером	°C	95	103	105	107	110
10	Темп. повітря перед вентилятором	°C	8	10	10	10	10
11	Витрати тепла від спалення	%	6.56	6.43	6.39	6.28	6.24
12	Витрата тепла від стін	%	4.22	3.84	3.47	3.24	2.89
13	Коеф. корисної дії	%	89.22	89.73	90.13	90.48	90.87
14	Емісія NO _x на m ³ для dla $\lambda=1$	mg/m ³ n	87.3	93.3	98.6	105	112.6
15	Емісія NO _x	gram/GJ	23.366	24.824	26.138	27.739	29.602

3. Методика технічного аналізу

Застосований метод розрахунку, при якому приймається моделювання основних елементів конструкції котла з використанням енергетичних та екзегетичних балансів. При моделюванні використовуються характеристики передачі даних пристроїв відповідно до параметрів, зазначених виробниками. Розрахунок процесів горіння і викидів основних компонентів емісійних газів проведено методом рівноваги, який прийнятий для кількості надлишкового повітря при горінні. Для процесів спалення прийнято склад природного газу, наведений у таблиці 3.

Таблиця 3.Склад природного високооктанового газу
(згідно Polskiej Normy Gaz природний, тип E)

№ п/п	Параметр	Значення	Величина
1	Складники природного газу		
1.1	Methane, CH ₄	% vol.	96,044
1.2	Ethane, C ₂ H ₆	% vol.	1,952
1.3	Propane, C ₃ H ₈	% vol.	0,358
1.4	n-Nutane	% vol.	0,052
1.5	i-Butane	% vol.	0,057
1.6	n-Pentane	% vol.	0,008
1.7	i-Pentane	% vol.	0,011
1.8	Sum C ₆ +	% vol.	0,012
1.9	Carbon dioxide, CO ₂	% vol.	0,309
1.10	Nitrogen, N ₂	% vol.	1,197
2	Теплота згорання	MJ/m ³ n	40,18
3	Теплотворна здатність	MJ/m ³ n	36,234
4	Величина Wobbego Wo	MJ/m ³ n	52,837
5	Вміст H ₂ S	mg/m ³ n	0,242
6	Вміст сірки органічної	mg/m ³ n	0,175
7	Густина	kg/m ³ n	0,747
8	Вміст води H ₂ O	g/m ³ n	0,032

Для природного газу у наведеному складі отримані результати стехіометричного аналізу спалювання у вологому повітрі для широкого спектра надлишку L, показано на рис. 2.

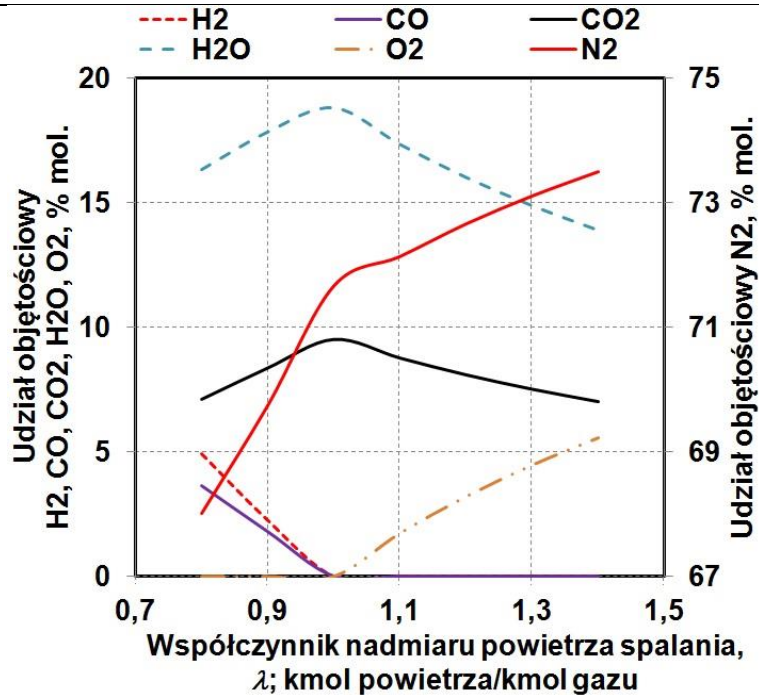


Рис. 2. Результати аналізу основних продуктів згорання для газу з таблиці 3.

У таблиці 3 наведено склад твердого палива, прийнятого для аналізу. У випадку вугілля наведено склад вугілля у робочому стані у пласті. В аналізі прийнято підвищений відсоток мінеральних речовин у золі, при цьому значення теплотворної здатності вугілля становить 21 МДж /кг. Викиди речовин, утворених при нерівноважних процесах, визначаються шляхом зіставлення даних таблиці 4.

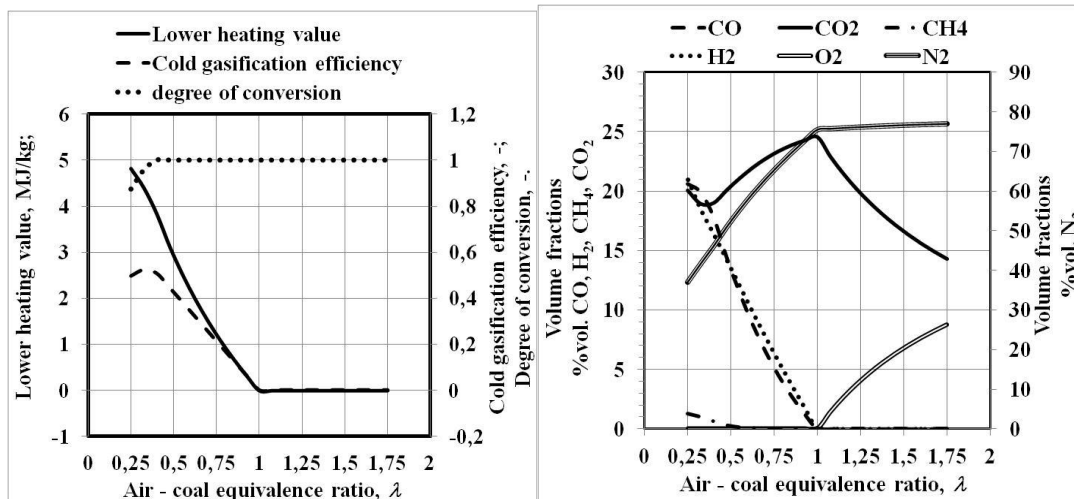
Таблиця 4. Показники емісії при спалюванні природного газу. |
а – вміст сірки (похідні меркаптанів) в mg/m^3 п газу

Забруднення	Розмірність	Номинальна потужність котла	
		$\leq 0,5$	$> 0,5 \div \leq 5$
Оксиди сірки ($\text{SO}_x / \text{SO}_2$)	g/m^3	0,002 x s	
Оксиди азоту ($\text{NO}_x / \text{NO}_2$)		1,52	1,75
Оксид вуглецю CO		0,30	0,24
Діоксид вуглецю CO_2		Розраховується стехіометрично	
Тверді частинки (загальна кількість)		0,005	

Таблиця 5. Склад твердих палив, які приймалися в аналізі - пелети та вугілля

№ п/п	Параметр	Тверде паливо	
		Пелети деревні	Вугілля (Червоноград)
1.	Зольність; А, % mas.	0,72	6,47
2.	Вміст вуглецю; С, % mas.	39,42	76,44
3.	Вміст водню; Н, % mas.	4,5	5,06
4.	Вміст кисню; О, % mas.	55,02	8,59
5.	Вміст азоту; N, % mas.	0,33	1,42
6.	Вміст сірки; S, % mas.	0,01	2,02
7.	Вміст хлору; Cl, % mas.	0,02	-
8.	Калорійність (сухого стану), MJ/kg	15,61	28,3
9.	Величина вологості (в робочому стані), % mas.	7-:-10	5,0-:-7,5
10.	Теплотворна здатність в робочому стані, MJ/kg	14,1-:-14,6	26,1-:-26,8 (DAF)
11.	Температура при адиабатичному спаленні при $\lambda=1$	2404 (DAF)	1949 (DAF)

На рис. 3а і 3б представлено результати аналізів спалення біомаси, взятої з таблиці 5. Відповідні дані для вугілля показано на рис. 4а і 4 б.



a.

b.

Рис. 3. Результати аналізу в широкому діапазоні коефіцієнта надлишку повітря.

а. Теплотворна здатність газу (для субстехіометричного спалювання), ефективність холодної газифікації і ступінь перетворення зерна твердого палива. б. Склад газу, отриманого в результаті спалювання (або півспалення / газифікації) для пелет з біомаси.

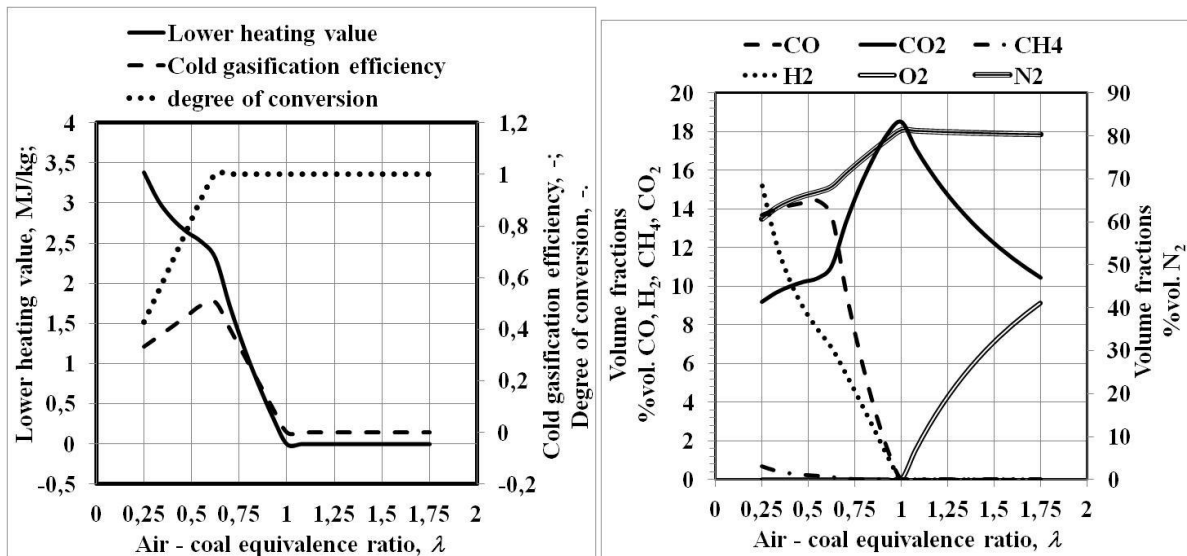


Рис. 4. Результати аналізу в широкому діапазоні коефіцієнта надлишку повітря. а. Теплотворна здатність газу (для субстехіометричного спалювання), ефективність холодної газифікації і ступінь перетворення зерна твердого палива. б. Склад газу, отриманого в результаті спалювання (або півспалення / газифікації) вугілля Львівсько-Волинського басейну.

Показники емісії (викидів) при спалюванні пелет з біомаси наведені в таблиці 6, обсяг викидів від спалювання вугілля наведені в таблиці 7.

Таблиця 6. Викиди при спалюванні пелет з біомаси:
 A^f - вміст золи в робочому стані вугілля, в % мас;
 s - вміст сірки в робочому стані у вугіллі, % мас.

Забруднення	Розмірність	Номінальна потужність котла		
		$\leq 1,0$	$> 1,0 \div \leq 5$	≤ 5
Оксиди сірки (SO _x / SO ₂)	g/Mg	110	110	20
Оксиди азоту (NO _x / NO ₂)		1000	950	800
Оксид вуглецю CO		26000	16000	11000
Діоксид вуглецю CO ₂		Розраховується стехіометрично		
Тверді частинки (загальна кількість)		1500xA ^f		2500xA ^f

Таблиця 7. Викиди при спалювання вугілля.
 A_r - вміст золи в робочому стані вугілля, в % мас.,
 s - вміст сірки в робочому стані вугілля, % по масі.

Забруднення	Розмір-ність	Решітка стала				Решітка механічна
		Номінальна теплова потужність котла, MW				
		$\leq 0,5$	$> 0,5 \div \leq 5$	$\leq 0,5$	$> 0,5 \div \leq 5$	$> 0,5 \div \leq 5$
		Тяга природня		Тяга штучна		
Оксиди сірки (SO_x/ SO_2)	g/Mg	16000 x s				
Оксиди азоту (NO_x/ NO_2)		2200	1000	2000	3000	3200
Оксид вуглецю CO		45000		70000	20000	10000
Діоксид вуглецю CO_2		Розраховується стехіометрично				
Тверді частинки (загальна кількість)		$1000xA^r$	$1500xA^r$		$2000xA^r$	
Бензопірен		14				3,2

Адіабатична температура горіння, яка використовується при розрахунку балансу, виникає з балансу процесу горіння при відсутності втрат тепла з камери згоряння в формі, відмінній від ентальпії вихлопних газів. З балансу такої камери впливає проста залежність для цієї температури

$$T_s = T_{ot} + \frac{\dot{m}_{pal}[c_{p,pal}|_{T_{ot}}^{T_{pal}}(T_{pal}-T_{ot})+Wd_{pal}]+\dot{m}_a c_{p,a}|_{T_{ot}}^{T_a}(T_a-T_{ot})}{\dot{m}_s c_{p,s}|_{T_{ot}}^{T_s}}, \quad ^\circ C \quad (1)$$

де: T_s – температура адіабатична горіння $^\circ C$;

T_{ot} – температура навколишнього середовища $^\circ C$, приймається, як правило, $15^\circ C$;

T_{pal} – температура палива, $^\circ C$;

T_a – температура повітря при спаленні,

$c_{p,pal}|_{T_{ot}}^{T_{pal}}$; $c_{p,a}|_{T_{ot}}^{T_a}$; $c_{p,s}|_{T_{ot}}^{T_s}$ – відповідно середні значення

теплоємкостей газів, повітря для спалення і палива, які подані в $J/(kg \cdot K)$ і вираховуються як T_{pal} , T_a і T_s . T_s в залежності від величини температури, що накладає ітераційний цикл обчислення цих величин.

Довільна конфігурація елементів в стадії розгляду і аналізу оптимізації обладнання повинна приймати стандартні параметри елементів моделі. З цієї

причини було зазначено для пристроїв, що використовуються для підсистем і описують кожну модель, є можливим збалансувати енергію. У випадку камер згорання застосовано стехіометричне моделювання з врахуванням аналізів емісії SO_x, NO_x заневищення пилом, які приносяться до каналу. При розрахунку балансів враховуються чотири показники. Це тиск рідини в точці контура, температура, ентальпія і масова витрата в кг/с. До того ж, більшість устаткувань потоку з точки зору перепаду тиску можна розглядати як локальну характеристику опору в якості значення опору від числа "Z" в залежності від числа Рейнольдса Re і визначається індивідуально на основі характеристик потоку.

$$z = aRe^b \quad (2)$$

Значення коефіцієнтів для більшості стандартних трубчастих елементів беруть на підставі стандартів і публікацій: [PN-76/M-34034], [Ashrae Duct Fitting Database, 5rd ed. American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers, 2008.].

Значення величини опору є параметрами моделі, що виникають з конструкційних характеристик окремих компонентів системи. Вони як правило, входять в характеристики потоку або можуть бути отримані за рахунок використання загальної інформації про компоненти. Для підтоку сировини і повітря це можна визначити у спрощений спосіб із залежності

$$N_w = z_i \frac{\Delta p \cdot \dot{V}_d}{2 \cdot \eta_c} \quad (3)$$

де z_i – змінний опір подачі контура (частини) подачі сировини через вузол подачі; Δp – зменшення тиску в інсталяції, Pa; \dot{V}_d - фактичні витрати потоку на вході m³/s; η_c - загальний ККД електричного вентилятора.

У разі нестандартних елементів (прототипів) для визначення характеристик потоку повинні бути засновані на моделюванні (фізичного, математичного) або випробуваннях на прототип, а у компонентів

теплообмінника, що використовується в пристроях, про які йде мова, мають бути проаналізовані на ефективність теплообмінника, заданої рівнянням (3).

4. Скорочений технічний опис прийнятих варіантів

Попередній техніко - економічний аналіз буде здійснюватися, беручи до уваги дев'ять варіантів (в тому числі, три з них – послідовні етапи модернізації існуючого газового котла, три – модернізація шляхом заміни існуючого котла на інший вид палива, а також три варіанти – це повна реконструкція котельні з установкою нових котельних агрегатів, що працюють постійно). У промисловій практиці трапляється, що інвестор після аналізу всіх можливих рішень приймає рішення про консервативний підхід, що складається з невеликої модифікації існуючої функціональної системи без модифікації устаткування або про повний обсяг робіт з реконструкції котельні. Він часто береться також про можливі використання чистих вугільних технологій, нових, досі не використовуваних більш широких методів спалювання.

Область аналізу зосереджується на наступних діапазонах:

- a. на станції редукції газу, приймається тиск газу 2,5 kPa;
- b. характеристика вентилятора повітря є допасована до потреб відповідного варіанту, в кожному випадку є можливим перехід для регулювання інвертора;
- c. прийнято, що станцію постачання води не береться до уваги при аналізі;
- d. для одержувачів тепла - аналіз включає в себе джерело тепла, не включає в себе мережу і ентальпію втрати та втрат при пошкодженні мережі;
- e. зі сторона виходу газів - аналіз включає димохід з системою витяжної вентиляції і видалення пилу;
- f. зі сторони електроенергії – для власних потреб своїх обладнань;
- g. знепилення - прийом пилу і шлаку з печі бункера і мультициклонного пальника.

Прийнято наступні варіанти модернізації котла:

Ia. Зміна способу управління існуючих газових пальників

В даний час у котельні м. Дубляни використовується дифузійний газовий пальник з автоматикою, що не допускає спалювання при оптимальному надлишку повітря при горінні (зі значенням $\lambda = 1,05 - 1,1$). Модернізація у цьому напрямку призведе до скорочення споживання природного газу та поліпшення регулювання потужності котла, згідно погодних умов і попиту.

В рамках модернізації буде побудований контролер полум'я, виконавчі механізми, будуть проведені прості модифікації пальника з метою скорочення викидів NOx первинними методами.

Ib. Зміна способу управління існуючих пальників шляхом заміни систем регулювання економайзера котла

Це більш комплексний варіант, згідно з яким передбачено подальше підвищення ефективності існуючого котла. Модернізація включає в себе заходи, описані в пункті Ia, також включає в себе модернізацію регулювання температури газоподібних продуктів згоряння і вихлопних газів і тиску в котлі і економайзері. Установка економайзера дозволить встановити плавне регулювання характеристик блоку відновлення і зменшить втрати тепла в димоходах.

Ic. Зміна пальників і контролера, будівництво системи конденсації димових газів при існуючому котлі

Реалізація варіантів Ia + Ib разом з будівництвом системи відбору прихованого тепла. Реалізація дозволить провести заміну обладнання для конденсації і подальшого підвищення ефективності та скорочення споживання природного газу.

II. Адаптація існуючої установки для спалювання пелет з біомаси

Заміна котельного палива (газу) на біомасу, пелети з дерева. Монтаж необхідного пальника ретортного або жолобного, визначеного на основі

подальшого технічного аналізу. Установа бункера, живильників, знепилення, модернізація систем регулювання подачі сировини і продуктів згорання. Модернізація автоматики дозволяє регулювати в операційному блоці дані, як на вході, так і на виході.

III. Адаптація існуючого котла для спалювання вугілля

Заміна котельного палива на місцеве вугілля. Монтаж необхідного пальника реторти, що визначається на основі подальшого технічного аналізу. Установа лотка, вугільні живильники, системи розпалу, модернізації систем регулювання подачі сировини і продуктів згорання. Модернізація автоматики дозволяє регулювати роботу устаткування для синоптичних даних.

IV. Встановлення вузла газифікації (вугілля або іншого твердого палива), будівництво устаткувань газифікації, спалювання у модернізація газових пальників.

Метою модернізації є продукування газу у попередній камері і використовувати існуючі поверхні для нагріву котла. Це дозволить спалювати відходи палива і вугілля. Конструкція лотка, живильника, газифікаторів/жаровні, газоочисних систем. Модернізація пальників разом з автоматизацією. Модернізація автоматики котла і монтаж системи збору пилу.

V. Будівництво нового ретортного (або піролізного) котла на біомасу, резервуара для зберігання біомаси, а також систем збору пилу

Варіант передбачає підготовку місця в котельні, а також за межами котельні. Аналіз охоплює реалізацію модернізації котла і автоматизації, модернізації системи управління, враховуючи погодні фактори, будівництво колектора пилу, нагромаджувача палива і його подачі.

VI. Будівництво нового піролізного котла на вугілля з модифікованою ретортою, будівництво забірника вугілля, перевалки вугілля і збору пилу.

Потрібно буде підготувати місце в котельні для устаткувань і за межами

котельні для лотка. Аналіз охоплює встановлення котла і системи автоматизації, модернізації системи управління з врахуванням погоди, встановлення колектора збору пилю, лотка і подачу палива.

VII. Будівництво нового котла з суспензією вугілля, вугільного бункера і устаткування видалення пилю

Встановлення котла із системою киплячого шару. Це дає можливість плавного переходу на інші види палива, в тому числі палива з побутових відходів. Дозволяє знесірчення у вигляді суспензії. У разі використання вугілля із значним вмістом мінеральних домішок обезпилення відбувається на лужних оксидах, що надходять з прожарюванням інгредієнтів мінеральної частини вугілля. Таким чином, можна істотно очищати емісійні гази. Потрібно буде підготувати місце в котельні для пристроїв і за межами котельні для скиду золи. Аналіз охоплює встановлення котла і системи автоматизації, модернізації системи управління з врахуванням погодних факторів, будівництво колектора для пилю, нагромаджувач і будівництво системи подачі палива. Конкретні варіанти реалізації цього варіанту описані нижче у варіантах здійснення (матриці), що представлено в таблиці 8.

Таблиця 8. Масштаби модернізації
для кожного з проаналізованих варіантів

		Масштаби модернізації											
		M.pal	M.aot	Mk	Me	BK	BE	BKon	BP	BZ	BO	BPR	BRet
Номер варіанту	Ia	■	■	■									
	Ib	■	■	■	■								
	Ic	■	■	■				■					
	II	■	■	■					■		■	■	■
	III	■	■	■							■	■	■
	IV	■	■	■						■	■	■	■
	V		■	■			■	■		■		■	■
	VI		■	■			■	■		■		■	■
VII		■	■			■	■		■		■	■	

Позначення: M.pal – модернізація пальника; M.aot - модернізація системи контролю горіння; Mk - модернізація (повна або часткова) існуючого котла; Me - модернізація економайзера; BK - встановлення нового котла з системами КППіА; BE - встановлення нового економайзера; BKon - встановлення системи конденсації палив з отриманням енергії; BP - встановлення бункера для палива разом з системою подачі; BO - встановлення системи обеспилення (мультициклон); BPR - встановлення комина та перебудова системи відходу газів; BZ - встановлення системи попереднього згорання/дегазації (піроліз) твердого палива; BRet- встановлення ретортового пальника.

5. Технічні схеми

(у версії 0.7 не подано)

6. Результати технічного аналізу та аналізу довкілля

На рис. 5 представлено розраховану чисту ефективність джерел тепла, а також потребу в хімічній ентальпії $\dot{m}_{pal}Wd_{pal}$ для джерел живлення.

Використано наступну залежність

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{th}}{\dot{m}_{pal}Wd_{pal}}, \quad (4)$$

де: \dot{Q}_{th} - загальна вихідна теплова потужність котла, включаючи всі системи підігріву води, що подається, у МВт.

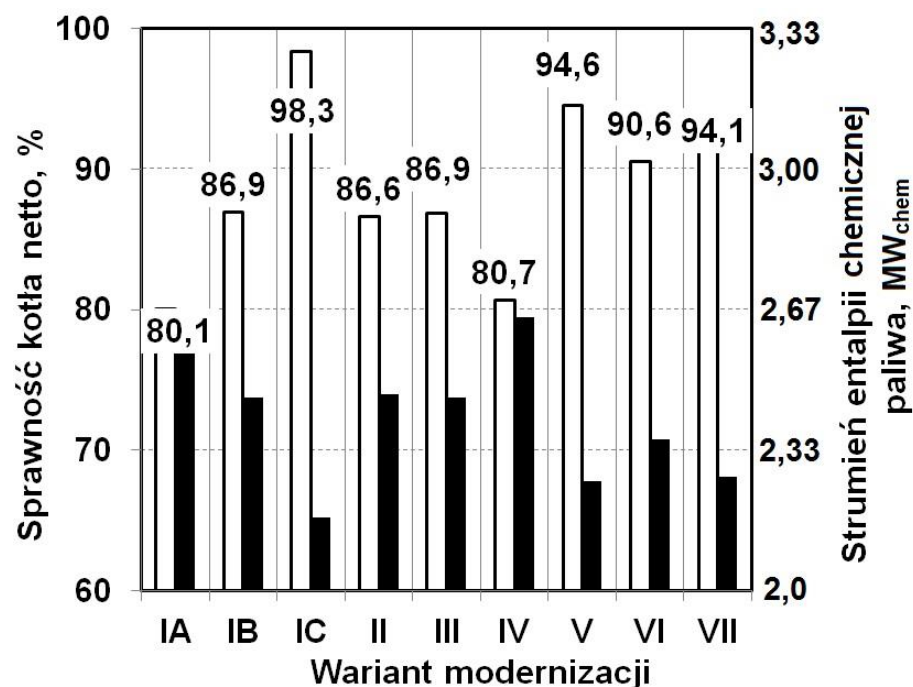


Рис. 5. Коефіцієнт корисної дії котла для палива для аналізованих варіантів.

□ - ккд; ■ – величина хімічної ентальпії палива

Розраховану річну емісію газів (в Mg/rok) для кожного з устаткувань показано на рис. 6. При аналізі враховувалось типові характеристики діючих устаткувань.

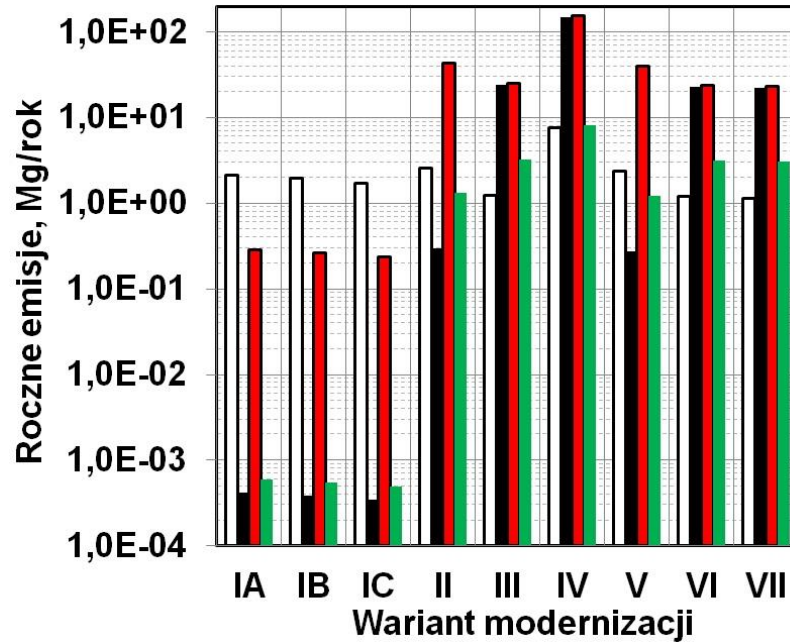


Рис. 6. Річна емісія газів для проаналізованих варіантів.

□ - NO_x; ■ - SO_x; ■ - CO; ■ - пи́л

Представлені результати аналізу дають змогу зробити висновок про правильний вибір компонентів системи технічної підтримки. Зведені отримані результати були зібрані в таблиці 9, а також стали основою для економічного аналізу.

Таблиця 9. Зведені результати технічного аналізу та екологічних змін

Варіант:	Існуючий	IA	IB	IC	II	III	IV	V	VI	VII
Генераторний газ	2806	2667	2458	2172,16	2466,36	2458,82	2648,02	2258,49	2358,68	2269
Середня потужність при попиті опалювального сезону, kW	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136
Середньорічний коефіцієнт корисної дії, %	76,1	80,1	86,9	98,3	86,6	86,9	80,7	94,6	90,6	94,1
Вихід газу, m ³ /h; Витрати твердого палива,kg/h	289,0	274,7	253,2	223,7	626,1	286,0	1758,2	573,4	274,4	264,0
Вихід димових газів, m ³ /h	7444,8	5645,5	5312,5	2746,3	2523,9	3950,6	5386,3	2118,4	4376,2	3197,4
Характеристика палива										
N ₂	0,7311	0,7205	0,7216	0,7034	0,5952	0,7414	0,6872	0,5844	0,7465	0,7442
O ₂	0,0879	0,0583	0,0614	0,0094	0,0418	0,0101	0,0121	0,0318	0,04	0,0264
H ₂ O	0,1176	0,1441	0,1414	0,188	0,1723	0,0752	0,149	0,1821	0,0652	0,0698
Ar	0,0087	0,0086	0,0086	0,0084	0,0071	0,0088	0,0056	0,0069	0,0089	0,0088
CO ₂	0,0546	0,0678	0,0664	0,0899	0,1828	0,1617	0,1436	0,1938	0,1373	0,1486
Потреба в електричній енергії, kW	23,61	22,78	22,65	18,38	21,77	26,84	18,39	21,77	21,5	33
Витратна частина										
Кошти придбання електричної енергії, млн. PLN/rok	0,01092	0,01054	0,01048	0,0085	0,01007	0,01241	0,00851	0,01007	0,00994	0,01526
Опис структури (у даній версії не представлено)	Rys. O	Rys. IA	Rys. IB	Rys. IC	Rys. II	Rys. III	Rys. IV	Rys. V	Rys. VI	Rys. VII
Сума згідно кошторису виконання роботи, млн. PLN	0	0,08500	0,10300	0,16200	0,15500	0,15000	0,61000	1,15000	1,32000	1,68000
Позначення варіанту	Istniejący	IA	IB	IC	II	III	IV	V	VI	VII
Кількість працюючих осіб	4	4	4	4	7	8	8	7	8	9
Ставка працівника	10468	10468	10468	10468	10468	10468	10468	10468	10468	10468
Вартість роботи, млн. PLN	0,042	0,042	0,042	0,042	0,073	0,084	0,084	0,073	0,084	0,094
Витрати води, m ³	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591	1591
Кошти закупівлі води, млн. PLN /m ³	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Кількість годин роботи котельні в році, h	4396	4396	4396	4396	4396	4396	4396	4396	4396	4396
Використання газу m ³ /rok, вугілля/ біомаси Mg/rok	1270637	1207493	1113173	983403	2753	1257	7729	2521	1206	1160
Ціна палива млн. PLN /m ³ ; PLN /Mg	1,019	1,019	1,019	1,019	440,000	310,000	310,000	440,000	310,000	310,000
Кошти закупівлі енергетичної сировини, млн. PLN /rok	1,295	1,230	1,134	1,002	1,211	0,390	2,396	1,109	0,374	0,360
GJ тепла/rok	33808	33808	33808	33808	33808	33808	33808	33808	33808	33808
Ціна продажу тепла, PLN /GJ	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091	43,091
Дохід від продаж, PLN /rok	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457
Прибуток	0,106	0,171	0,267	0,402	0,160	0,968	-1,034	0,262	0,986	0,985

7. Результати фінансового аналізу

7.1. Обсяг аналізу

Аналіз включає в себе варіанти інвестицій, описаних в розділі 4, для яких блок-схеми, разом зі списками основних елементів представлені в розділі 5.

7.2. Методика економічного аналізу

Фінансовий аналіз був проведений з використанням методології UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). Дана методика застосовується до стандартизації в галузі планування, реалізації і наслідків проекту. Комплексний характер і скерування уваги на вимоги до зовнішніх факторів, щодо використання цих показників, має багато переваг при реалізації проекту, тобто при цьому отримують необхідні дозволи або фінансування і прийняття рішень при виборі варіанту проекту і прийняття рішення для реалізації. Відповідно до основних принципів UNIDO цикли інвестиційного процесу можна розділити на три етапи:

1. Передінвестиційний;
2. Інвестиційний;
3. Операційний.

Кожний з цих фаз можна розділити на три етапи, кожен з яких охоплює діяльність консалтингу, інжинірингу та промислову.

Фаза передінвестиційна має кілька етапів:

- а) визначення інвестиційних можливостей (ТЕО);
- б) аналіз альтернатив і їх первинний відбір (попереднє дослідження);
- в) розробка проекту (ТЕО остаточного проекту);
- г) інвестиційні рішення (звіт про оцінку).

Фаза інвестиційна починається, коли було прийнято рішення про реалізацію інвестиційного проекту. На цьому етапі можна виділити наступні етапи:

а) етап проектування, включаючи, зокрема, виконання планів роботи, детальне проектування інженерно – будівельних споруд та технології;

б) етап переговорів і укладення угод про фінансування проекту, придбання техніки, витратних матеріалів, машин і устаткування, придбання послуг і ліцензій і т.д.;

в) етап підготовки проекту (сайт для проекту, зведення будівель і їх обладнання);

г) етап набору і підготовки кадрів;

д) етап введення в експлуатацію.

У той час **операційна фаза** триває з моменту початку виробництва в промисловому масштабі для виведення з експлуатації, а саме завершення інвестиційного проекту. Ця фаза може бути розділена на два етапи:

а) етап дослідження на проектну потужність;

б) стадія повного використання виробничих потужностей.

На практиці окремі етапи можуть перекриватися за часом, вони можуть виконуватися паралельно або затримуватися з тим, щоб отримати максимальну рентабельність проекту. Описані та представлені вище етапи інвестиційного процесу мають теоретичний характер і рамки, тобто вони підходять для використання незалежно від характеру і розміру інвестицій. На практиці, однак, вони пов'язані з підготовкою конкретних інвестиційних пропозицій і виникає необхідність враховувати ступінь складності, а, отже, обсяг необхідних аналізів, досліджень і конструкторських проектів та прийняти відповідні рішення з програми, місця розташування, вимог до функціональної корисності або технології

виробництва, а також в питаннях щодо концепції просторового розвитку і землекористування та вирішувати технічні питання будівництва, економічної і фінансової реалізації інвестицій. Методика UNIDO також показує, як проводити фінансовий аналіз та оцінку інвестиційних проектів. Відповідно до цієї методології, фінансова життєздатність проекту з точки зору інвестора є основним критерієм в оцінці інвестицій, більш важливим, ніж інші переваги проекту. UNIDO рекомендує використовувати методи дисконтування, які враховують зміни цінності грошей у часі. Інвестиції розглядаються в якості довгострокових зобов'язань економічних ресурсів з метою виробництва і в інтересах мережі в майбутньому. Таким чином, дисконтування грошових потоків стає універсально прийнятним методом оцінки проектів. Нижче показано ті грошові потоки, які були використані при здійсненні фінансового аналізу проекту.

Метод чистої приведеної вартості (Net Present Value - NPV) дозволяє визначити поточне значення грошових припливів і відтоків, пов'язаних з реалізацією аналізованої інвестиції. Цей метод виходить з основного принципу, що приєднання до інвестицій є виправданим в той час, коли значення, отримане від доходу щонайменше дорівнює або більше, порівняно з тими, що не беруть участь у фінансуванні, тому розрахунок ефективності інвестицій повинен бути зареєстрований, перспективний і довгостроковий. Цей метод виходить з основного принципу, що отримання ефектів, які насправді відбуваються в різні періоди, і в багатьох наступних роках, виправдовуються фінансово. Для підтримки сумісності в динамічному методі використовується многоперіодична формула векселів. NPV окреслюється, як сума дисконтованих окремо за кожен рік чистих грошових потоків коштів, які реалізується протягом всього періоду, охопленого рахунком при постійній

ставці дисконтування. Це значення виражається та оновлюється під час виконання аналізу розміру вигод під увагою, що розглянутий проект може принести інвесторові.

Чисту приведену вартість NPV можна розрахувати за такою формулою:
$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{D_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}, \quad (5)$$

де:

D_t - грошові потоки, пов'язані з поточним функціонуванням проекту (без урахування капітальних витрат) в наступні роки розрахункового періоду;

I_t - капітальні витрати в наступні роки у розрахунковий період;

i - облікова ставка;

$t = 0, 1, \dots, n$ - поточні роки розрахункового періоду.

Прийнято вважати, що аналізувалися інвестиції, коли $\geq NPV = 0$. Позитивне NPV означає, що прибутковість інвестицій в уже згадуваних вище межах швидкостей, як визначено прийнятою до уваги ставкою дисконтування. Отже, будь-які інвестиції з NPV більше нуля (в крайньому випадку, нульовий) може бути реалізований, як буде інвестор мати певні фінансові вигоди, і тим самим підвищити свою цінність. Негативний NPV показує нижню межу швидкості повернення інвестицій. Тому її реалізація буде неекономічною з точки зору інвестора.

Метод внутрішньої норми прибутковості (внутрішня норма прибутковості - IRR), а також метод NPV дозволяє оцінити інвестиції на основі грошових потоків. IRR є процентна ставка, при якій дисконтована вартість грошових потоків витрат дорівнює поточній вартості потоку грошових надходжень. Це швидкість, при якій чиста приведена вартість аналізованої інвестиції дорівнює нулю ($NPV = 0$). IRR показує таким

чином, як безпосередньо аналізується прибутковість інвестицій. Досліджувана інвестиція є вигідною, якщо її внутрішня норма прибутковості вище (в крайньому випадку рівна), ніж обмеження швидкості, що є найнижчою прийнятною для інвестора ставки дохідності. Рівень процентної маржі визначається так, як і при визначенні ставки дисконтування, яке використовується для розрахунку NPV. Розрахунок IRR включає кілька етапів. Спочатку обчислюється вартість чистих грошових потоків у звітний період інвестицій і експлуатації, аналогічно розрахунку NPV. Тоді метод вибирається метод послідовних наближень, для якого є два розміри процентної ставки (i_1 і i_2):

- NPV розраховується на основі i_1 і близька до нуля, але позитивна величина;
- NPV розраховується на основі i_2 , близька до нуля, але негативна.

На основі визначених таким чином значень NPV, з використанням лінійної інтерполяції обчислюється внутрішня норма прибутковості IRR інвестицій у відповідності з наступною формулою:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \cdot (i_2 - i_1), \quad (6)$$

де:

i_1 - ставка дисконтування, при якій $NPV > 0$,

i_2 - ставка дисконтування, при якій $NPV < 0$,

NPV_1 - величина NPV розрахована на основі i_1 ,

NPV_2 - величина NPV розрахована на основі i_2 .

У наведеному вище методі розрахунку, важливо, щоб i_1 і i_2 не відрізнялися один від одного більш ніж на один або два процентних пункти. Якщо різниця більше, то ця формула не дає реалістичних

результатів, тому що відносини між ставкою дисконтування і NPV є нелінійними.

Показник рентабельності, або прибутковості (Profitability Index-PI) це відношення дисконтованих чистих грошових потоків, дисконтованих за інвестуванням. Вона може бути розрахована за наступною формулою

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{D_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}}, \quad (7)$$

Символи, що використовуються у формулі вище, пояснюються з посиланням на формулу для розрахунку NPV. Проект оцінюється на основі методу співвідношення витрат і ефективності та може вважатися економічно ефективним, якщо $PI \geq 1$. Вибір варіанту інвестиційного заходу залежить від максимального коефіцієнта ефективності витрат.

Оцінка рентабельності інвестицій на основі методу NPV збігається з методом оцінки IRR, коли ставка дисконтування при розрахунку NPV також має граничну норму, до якої ми порівнюємо IRR. Так що, якщо чиста приведена вартість інвестицій, розрахованої на ставку дисконту ix позитивна, внутрішня норма прибутковості цих інвестицій буде вище, ніж ix . Обидва методи вказують на економічну ефективність реалізації аналізованої інвестиції. Конфлікт між NPV і IRR може статися, коли ці методи використовуються для порівняльного аналізу інвестиційних можливостей. Проект розглядається на основі NPV за меншу плату, можуть бути більш ефективними з точки зору IRR. Таким чином, з використанням методів дисконтування повинні враховуватися фінансові цілі і критерії інвесторів (в тому числі, фінансових установ) за період окупності, прийняття ризику і т.д. Спеціально це застосовується саме в тих

ситуаціях, коли методи не дають однозначної відповіді, який повинен бути обраний варіант проекту.

Метод дисконтного періоду окупності (Discount Payback Period - DPP) виходить з чистого грошового потоку і враховує волатильність вартості грошей з плином часу. Він використовується для оцінки періоду часу, який необхідний для поточної вартості капітальних витрат на здійснення інвестицій і буде повністю покриватися (зі знижкою) вигодами, отриманими від цих інвестицій. Метод розрахунку дисконтного періоду окупності базується на наступній формулі

$$PVI = \sum_{t=m+1}^{OZ} \frac{NCF_t^{''+'}}{(1+k)^t}, \quad (8)$$

де:

$NCF_t^{''+'}$ - сукупна величина поточного позитивного чистого грошового потоку;

PVI - поточне значення інвестицій;

k - облікова ставка.

Загальна економічна інтерпретація дисконтного періоду окупності говорить про те, як багато періодів (років), в яких здійснюють інвестиційні витрати, потрібно для генерування позитивних чистих вигод. На основі методу PVI можна побудувати об'єктивний критерій для прийняття рішень. Результати аналізу можна порівняти тільки з граничним значенням - межею окупності. Кошти змінюються залежно від найбільш інтуїтивного рішення. Теоретична формула для визначення періоду відновлення може бути обчислена за умови необхідності максимізувати значення NPV. Формула розрахунку має такий вигляд

$$n_{gr} = \frac{1}{k} - \frac{1}{k \cdot (k+1)^t} \quad (9)$$

Фінансовий аналіз проводився з використанням диференціала, для якого посилення (варіант "нульовий") був статус-кво. Потік грошових коштів було визначено, так як різниця між експлуатаційними витратами і доходами від продажу тепла для варіанта "нейтрального", а також капітальних витрат і експлуатаційних витрат і доходів від продажу тепла для аналізованого варіанта.

7.3. Ставка дисконтування, обліковий період і залишкової вартості

Основним елементом фінансового аналізу інвестиційних проектів, поряд з потоком доходів і витрат, є ставка дисконтування. Це впливає істотним чином на результат оцінки проекту - його невелика зміна (до 1%) може призвести до іншої оцінки інвестицій. Тому важливо, щоб визначити швидкість на потрібному рівні. З урахуванням ставки дисконтування при аналізі ефективності інвестицій враховується, що капітал, як і будь-який інший обмежений ресурс, має свою ціну. Ця ціна, сплачена компанією для використання капіталу, є його вартість. Кошт інвестованого капіталу, отже, є найбільш важливим елементом при виборі ставки дисконтування, яка є основним параметром при динамічних методах оцінки ефективності інвестицій. У цьому аналізі, згідно з керівними вказівками Міністерства інфраструктури та розвитку: «Керівництво з питань, пов'язаних з підготовкою інвестиційних проектів, в тому числі проектів, що приносять дохід і гібридних проектів на 2014-2020" прийнято облікову ставку на рівні 4% згідно фінансового аналізу. Це дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з довгостроковими прогнозами інфляції. Обліковий період (часовий горизонт інвестицій) є період, протягом якого ви повинні підготувати прогноз на грошовий потік, що генерується проектом і при якому було проведено аналіз, приймаючи до уваги тривалість проекту і період після

його завершення, тобто на етапі інвестиційному і операційному. Відповідно до викладених вище рекомендацій Міністерства інфраструктури та розвитку прийнятний базовий період становить 20 років, що відповідає середній тривалості життя енергетичних установок в уже згадуваному масштабі. Передбачається, що інвестиційний процес (оновлення установки) здійснюється під час сезонних простоїв. Так що немає ніякого впливу на обсяг (зокрема, періодичного зниження) у виробництві тепла.

Залишкова вартість являє собою, по суті, потенційний фінансовий або економічний проект, життєдіяльність якого розраховано в останній рік звітного періоду, прийнятого для аналізу. Це значення дорівнюватиме нулю або близько до нуля, якщо базовий період буде схожий на період активів економічних даних. Через відсутність реальної оцінки технологічної установки інфраструктури виробництва тепла на перспективу 25 років, у даному документі не присутній аналіз залишкової вартості.

7.4. Результати фінансового аналізу

У таблиці 10 наведені результати розрахунку фінансових показників для аналізованих варіантів інвестицій.

Таблиця 10. Результати фінансового аналізу

Показник	Розмірн.	Варіанти								
		IA	IB	IC	II	III	IV	V	VI	VII
Капітальні витрати	тис. PLN	85,0	103,0	162,0	155,0	150,0	610,0	1 150,0	1 320,0	1 680,0
Поточна фінансова перевага в результаті здійснення інвестицій	тис. PLN/rok	64,7	160,9	295,1	53,1	861,6	-1 140,7	155,2	880,0	984,7
NPV - чиста приведена вартість	PLN	901 902	2 350 245	4 337 550	654 722	12 987 367	-18 002 756	1 216 155	12 097 381	11 712 103
IRR - внутрішня норма прибутковості	%	76,2%	156,2%	182,2%	34,2%	574,4%	nie istnieje	12,7%	66,7%	52,3%
DPP - дисконтний термін окупності	роки	1,4	0,4	0,5	3,2	0,8	більше 25 років	9,0	1,6	2,0

Усі варіанти, за винятком варіанта IV показують фінансову ефективність – від декількох місяців до максимум дев'ять років повернення інвестицій. Серед варіантів створення невеликих інвестицій (до 200 тисяч. PLN) найбільший фінансовий коефіцієнт корисної дії характеризується варіант III, який передбачає переобладнання існуючого котла котла з поверненням початкових інвестицій менш ніж за 10 місяців, а також поточного фінансового (різниця між варіантом "нуля" і варіант проаналізовані з точки зору експлуатаційних витрат і доходів від продажу тепла), що впливають з його реалізації становить всього бл. 13% нижче поточної фінансової вигоди в результаті здійснення найдорожчого варіанту VII.

Відповідно до рекомендацій для реалізації був прийнятий варіант III.

7.5. Аналіз чутливості

Обсяг аналізу

Для того, щоб прийняти до уваги аналіз фінансової невизначеності в результаті оцінки інвестицій і основною складовою експлуатаційних витрат (витрати на придбання енергії) і доходи від продажу тепла проводили аналіз чутливості. Аналіз чутливості передбачає, що залежна змінна (базова) є присутність NPV - чистої вартості, що пояснює кожну зміну (незалежної змінної, пояснивши, що зміна не впливає безпосередньо на інші змінні) зі змінююю окремих параметрів. Основною метою аналізу є показати чутливість результатів фінансового аналізу (критерій для прийняття рішень - фінансової діяльності), змінити встановлені параметри. Цей аналіз дозволяє відповісти на питання про те, яке буде значення параметра рішення - NPV, якщо значення критичних змінних змінить прийнятий відсоток відхилення.

У разі аналізованих варіантів інвестицій були розглянуті наступні важливі змінні:

✓ Зміни інвестиційних витрат – розрахунки проводилися для відхилень від значень, оцінених в діапазоні: 0%, +20%, +40%, +60%, +80%, +100%, +120%, +140%, +160%, +180% і +200%.

✓ Зміни у вартості закупівлі енергії – розрахунки проводилися для відхилень від значень, оцінених в діапазоні: 0%, +20%, +40%, +60%, +80%, +100%, +120%, +140%, +160%, +180% і +200%.

✓ Зміна відпускних цін на тепло – розрахунки проводилися для відхилень від значень, оцінених в діапазоні: 0%, +20%, +40%, +60%, +80%, +100%, +120%, +140%, +160%, +180% і +200%.

У наступних рисунках наведено результати аналізу чутливості для різних варіантів інвестицій.

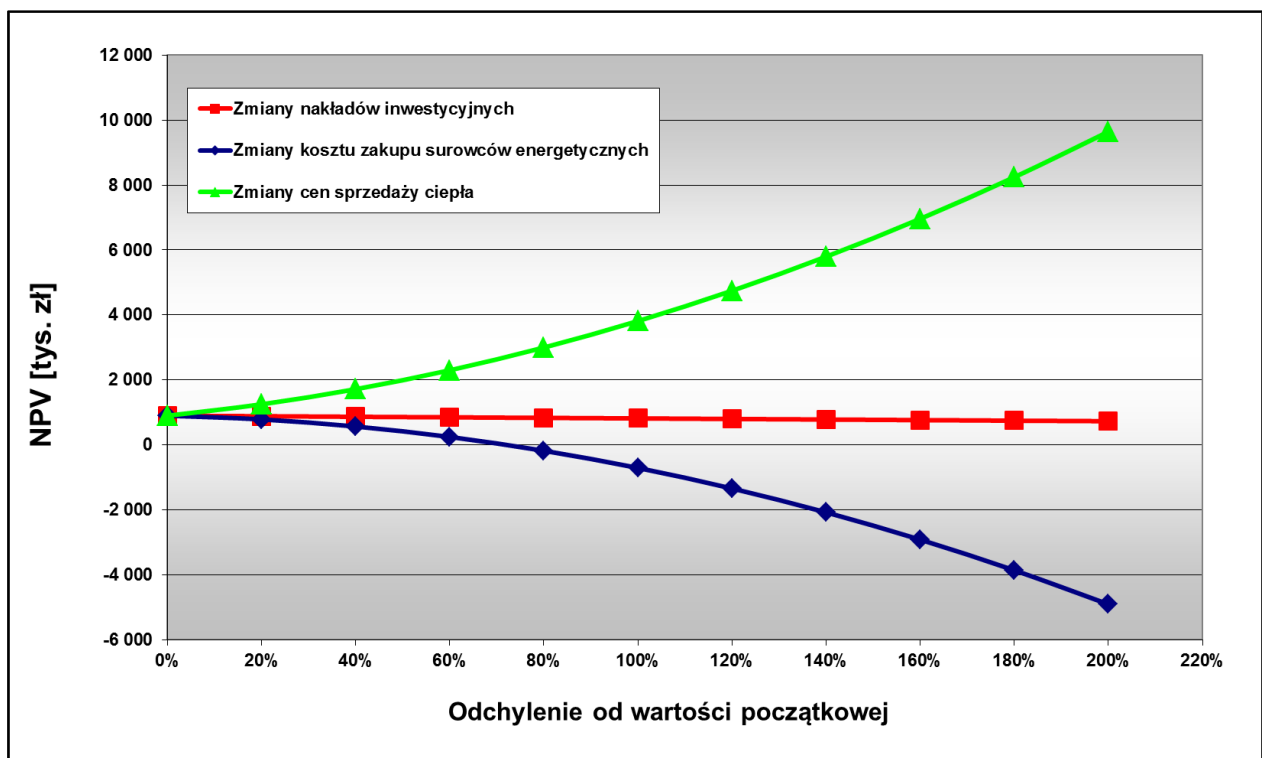


Рис. 7. Результати аналізу чутливості для варіанту ІА

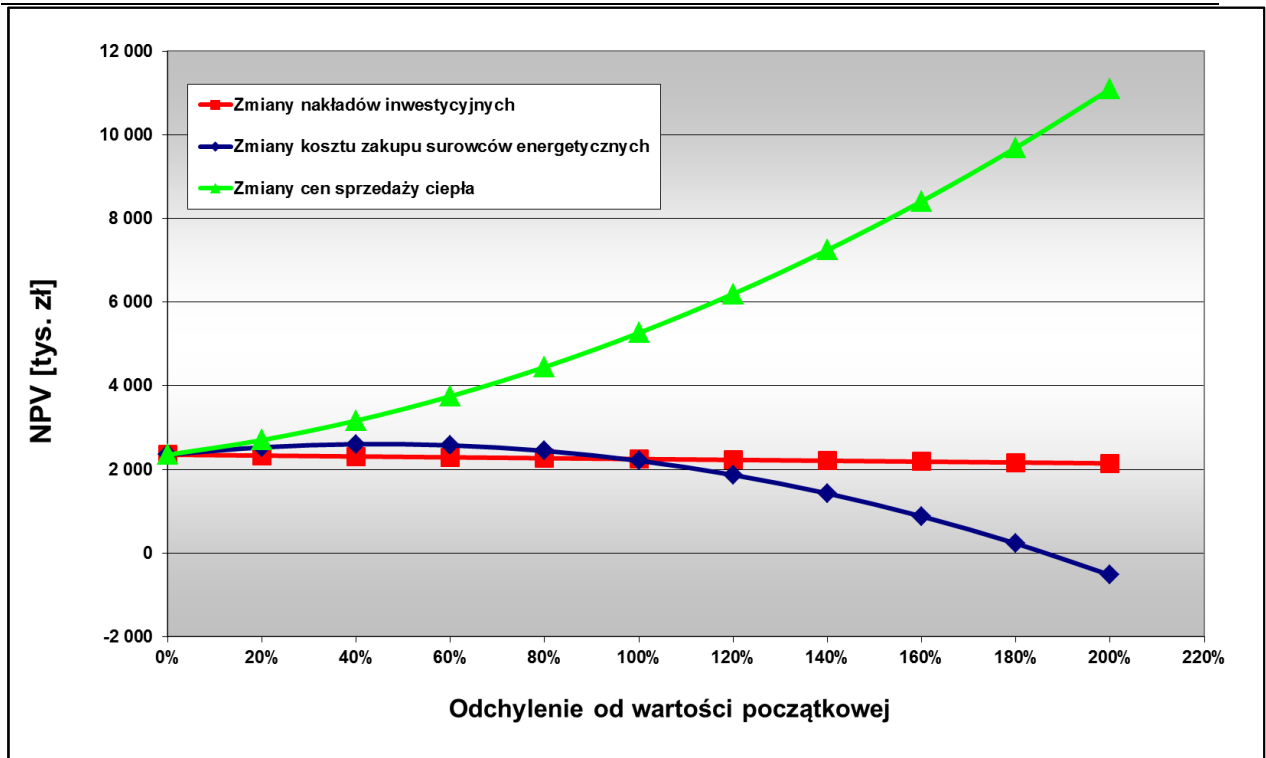


Рис. 8. Результати аналізу чутливості для варіанту ІВ

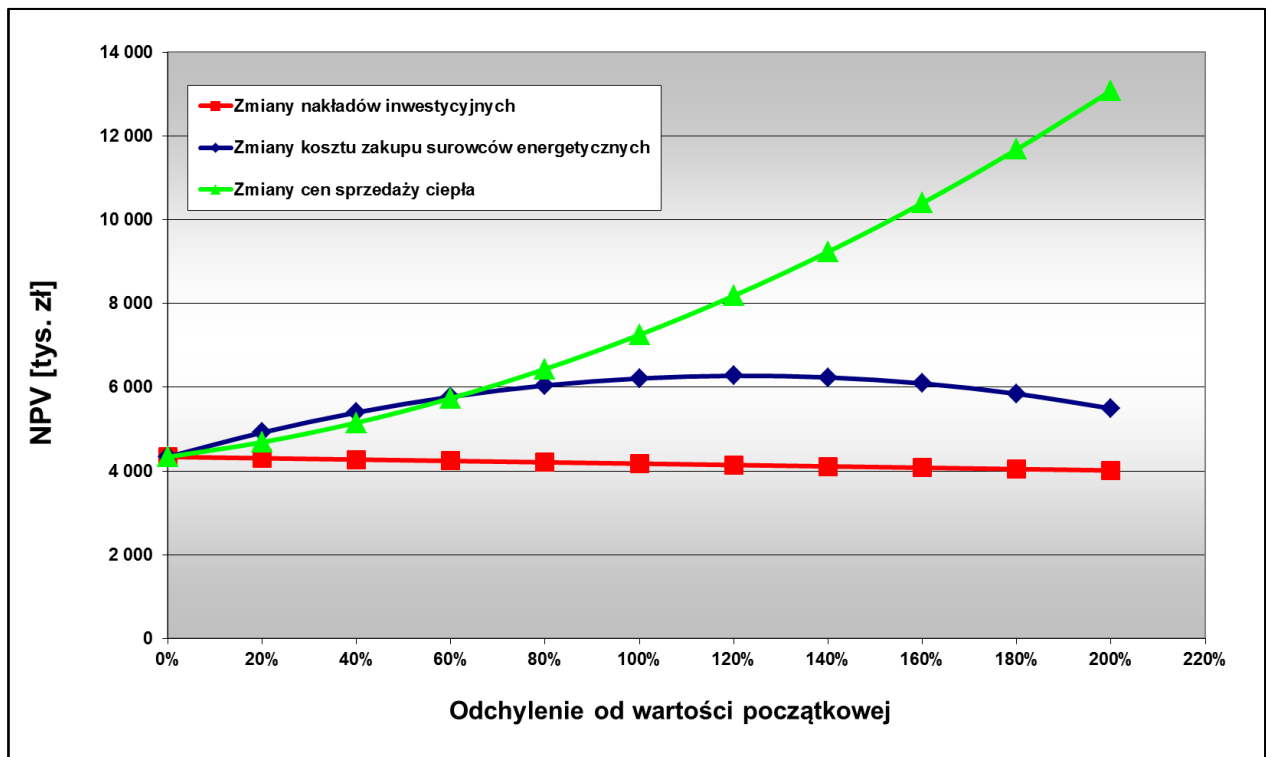


Рис. 9. Результати аналізу чутливості для варіанту ІС

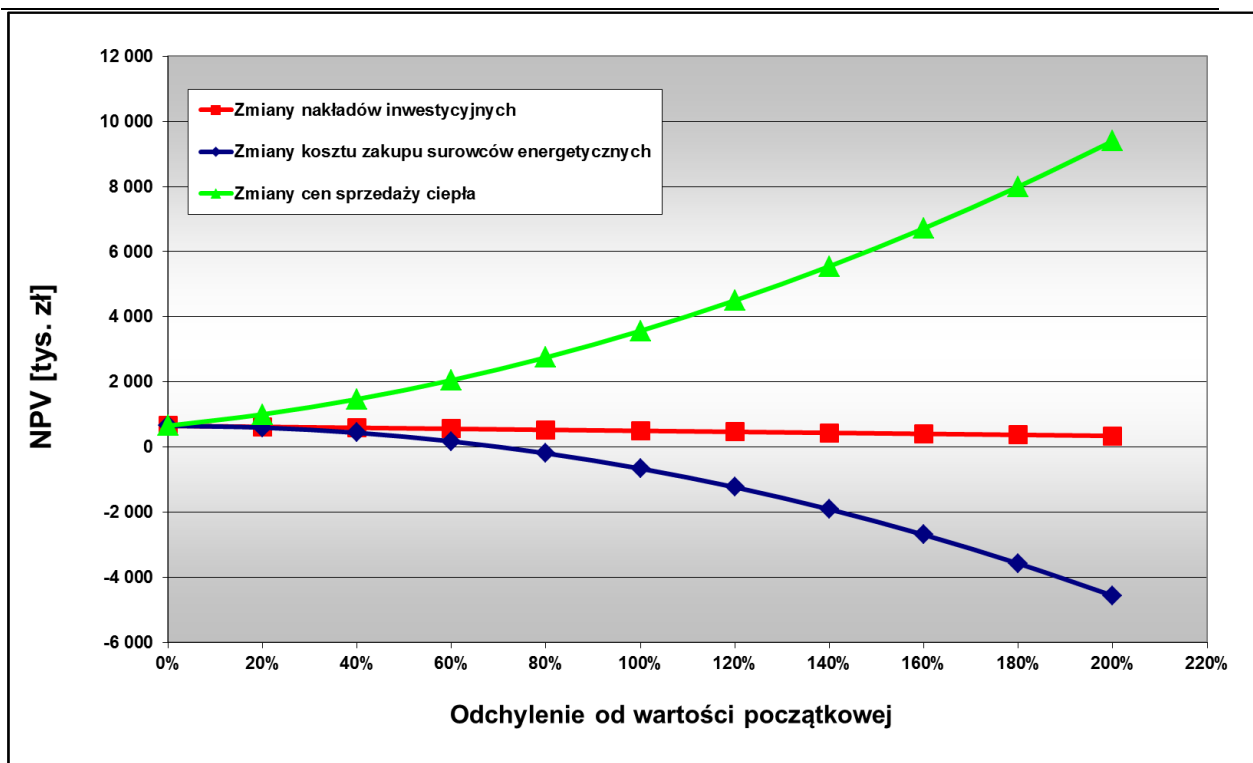


Рис. 10. Результати аналізу чутливості для варіанту II

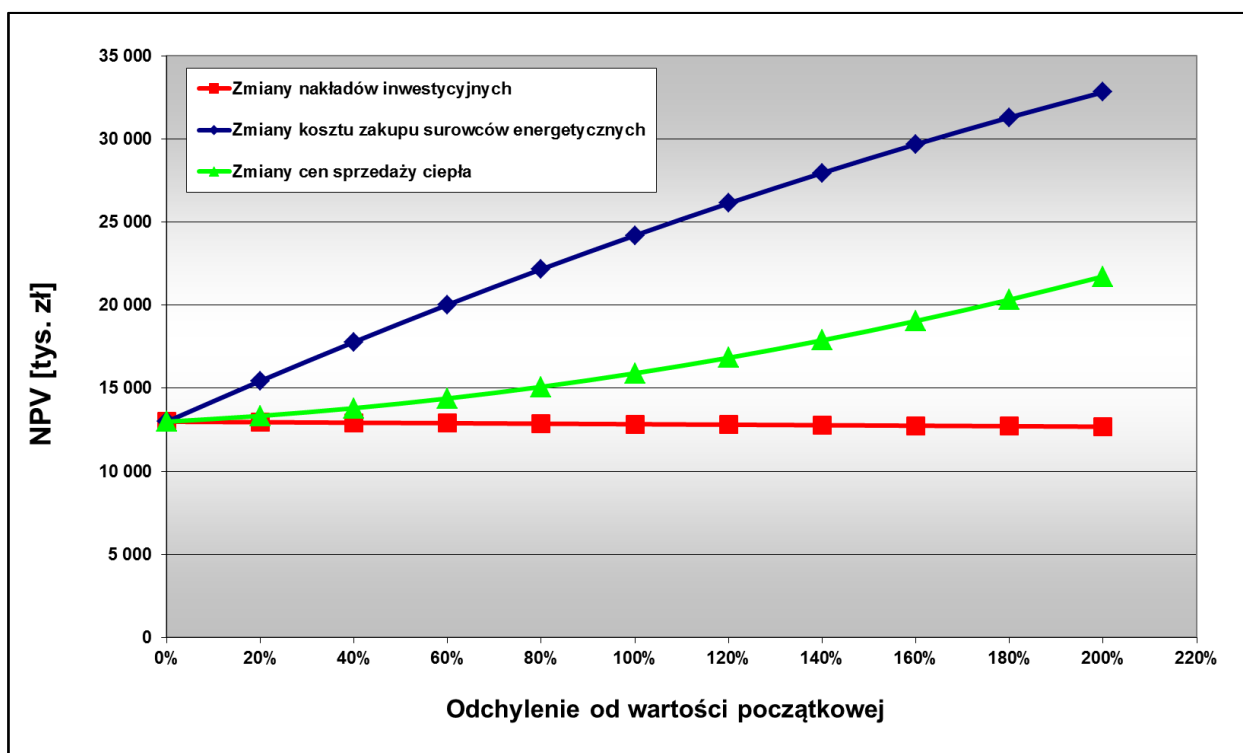


Рис. 11. Результати аналізу чутливості для варіанту III

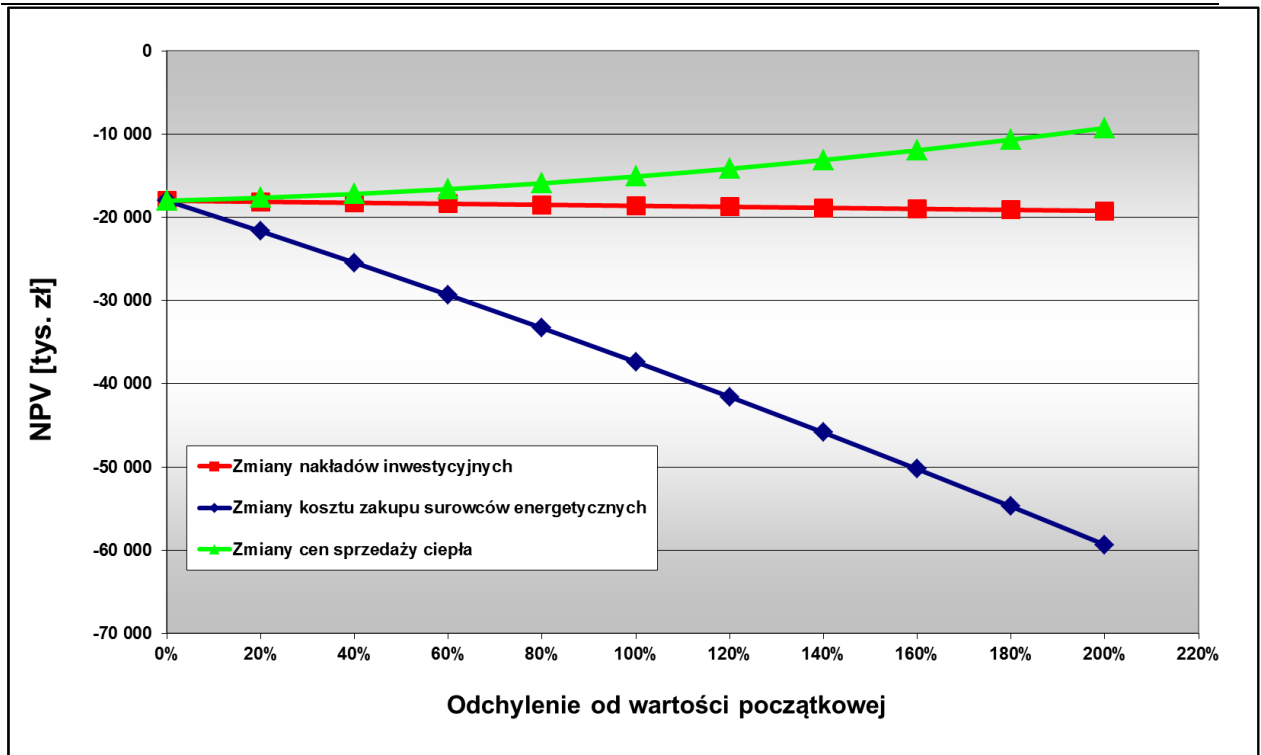


Рис. 12. Результати аналізу чутливості для варіанту IV

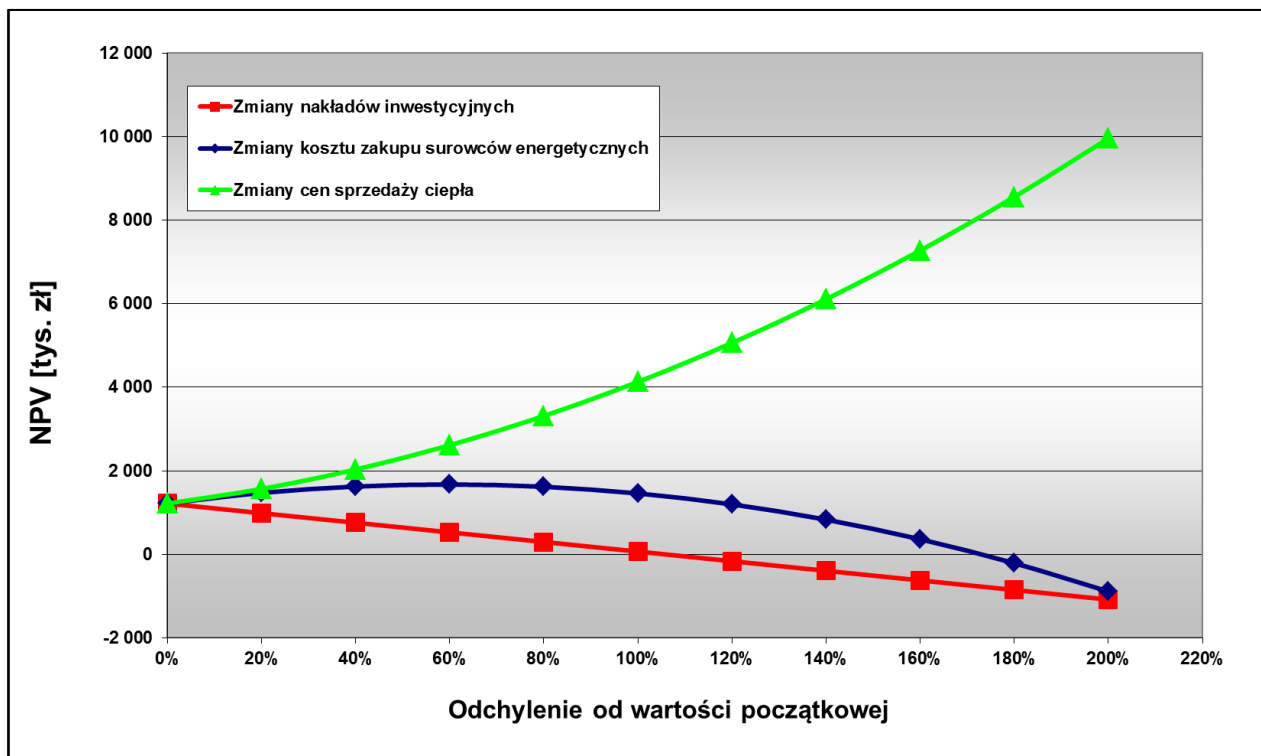


Рис. 13. Результати аналізу чутливості для варіанту V

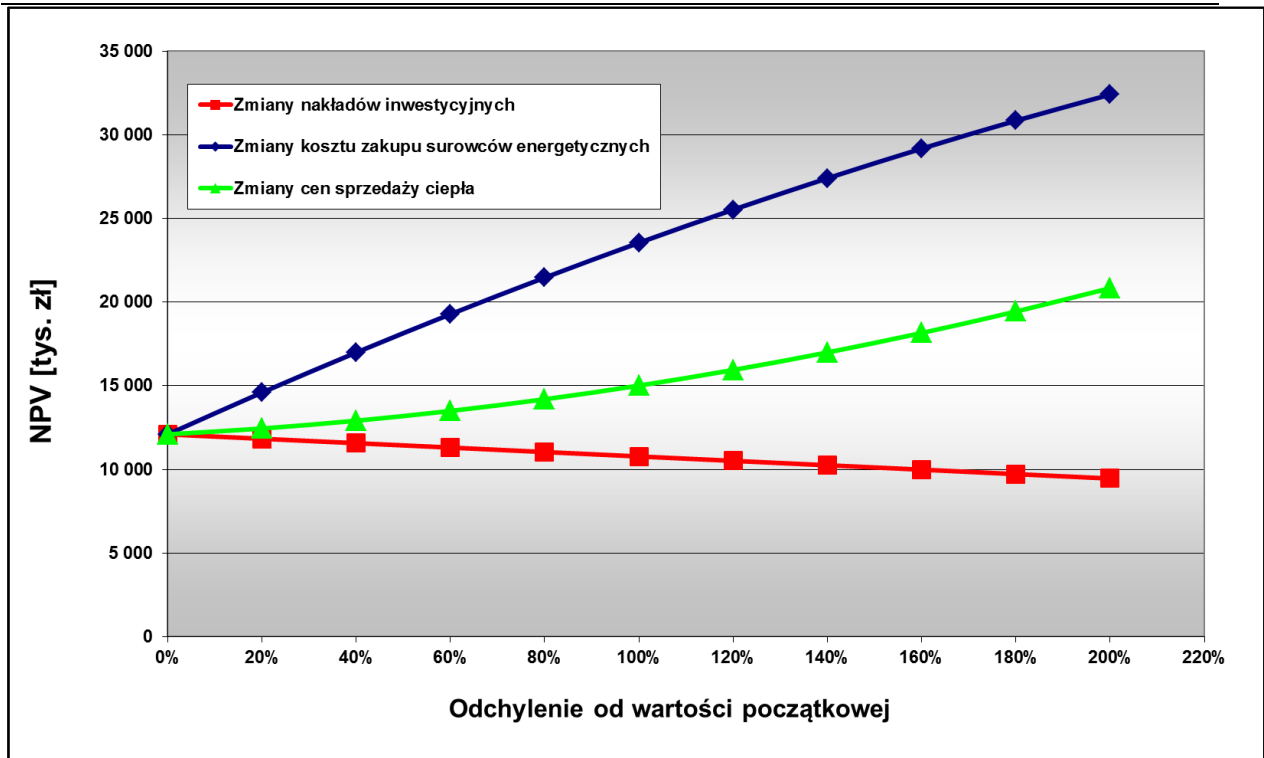


Рис. 14. Результати аналізу чутливості для варіанту VI

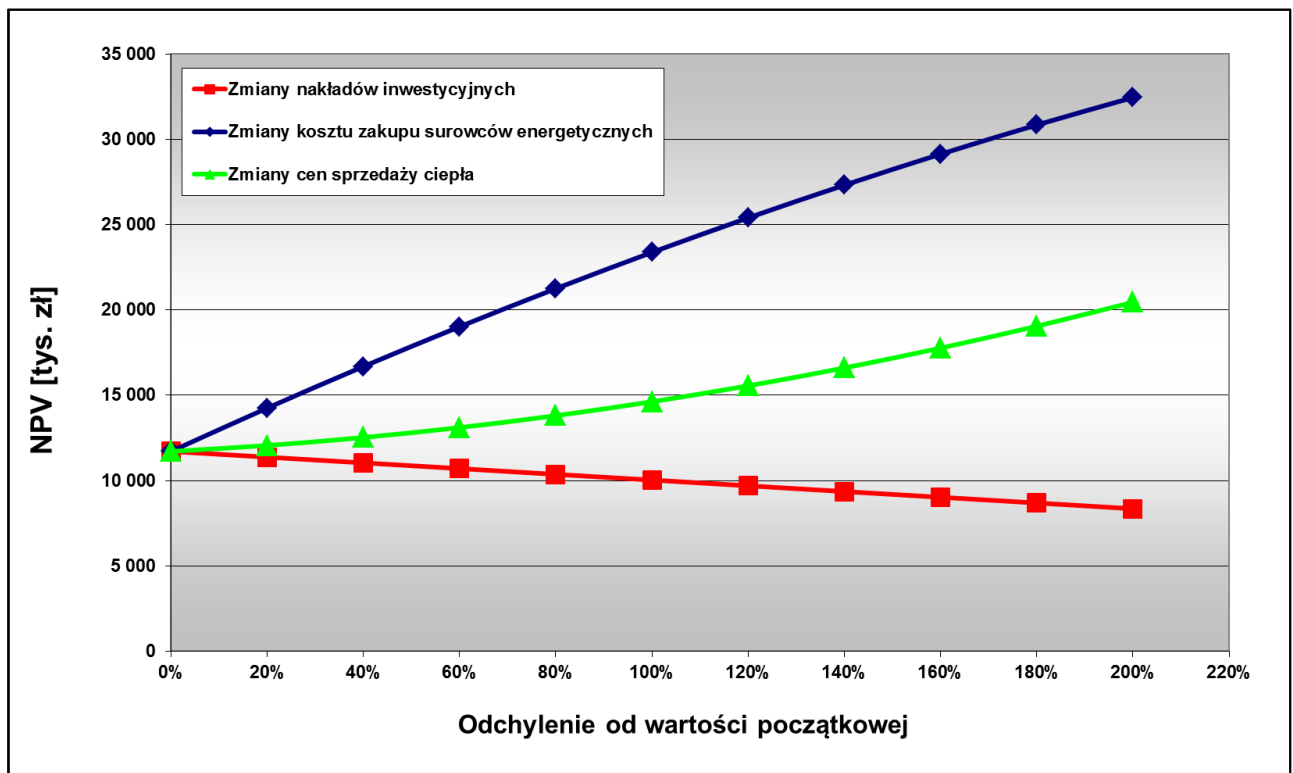


Рис. 15. Результати аналізу чутливості для варіанту VII

У всіх варіантах, крім рекомендованого варіанту III, а також IV, VI і VII найбільший вплив на ефективність фінансових вкладень мають зміни у відпускних цінах на тепло. Проте, в рекомендованому варіанті III, а також IV, VI і VII найбільший вплив на фінансову ефективність мають зміни у вартості закупівлі енергії. Це пов'язано з тим, що реалізація цих варіантів викликає найбільше зниження витрат на закупівлю енергетичної сировини. Найменший вплив на ефективність фінансових інвестицій мають витрати інвестиційні. Це не стосується варіанту V, з найдовшою тривалістю, 9-річним періодом окупності.

Оскільки аналіз чутливості виконується окремо для кожної з розглянутих змінних критично не відображаються достатньою мірою реальні зміни на ринку, і тому автори провели додатковий, комплексний аналіз чутливості при одночасній зміні двох критичних змінних з найбільшим впливом на значення показника NPV:

- ціни продажу тепла,
- коштів закупівлі енергетичної сировини.

Результати аналізів представлено на рисунках 16 – 24:

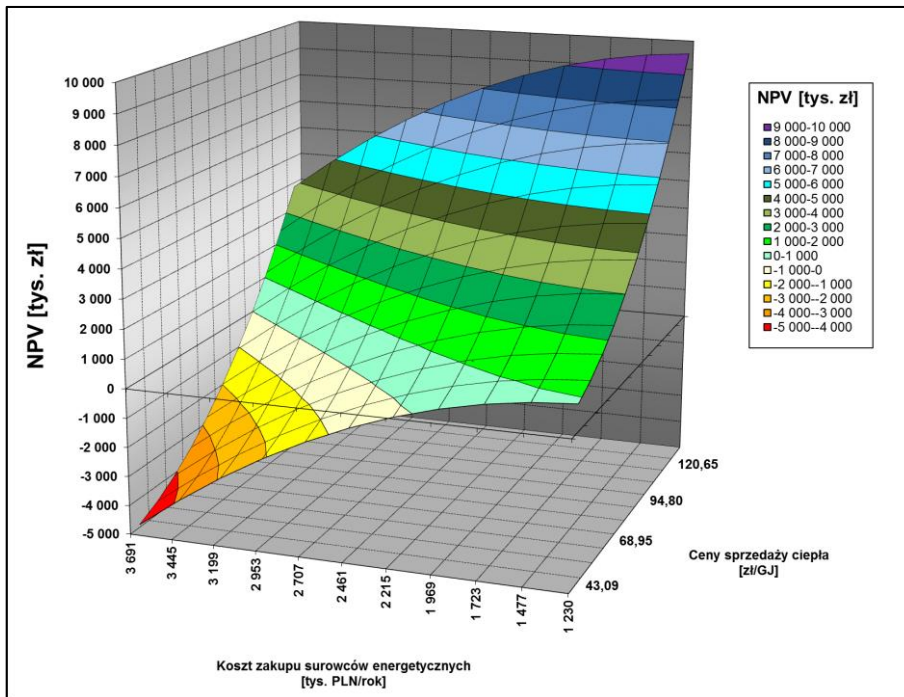


Рис. 16. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту ІА

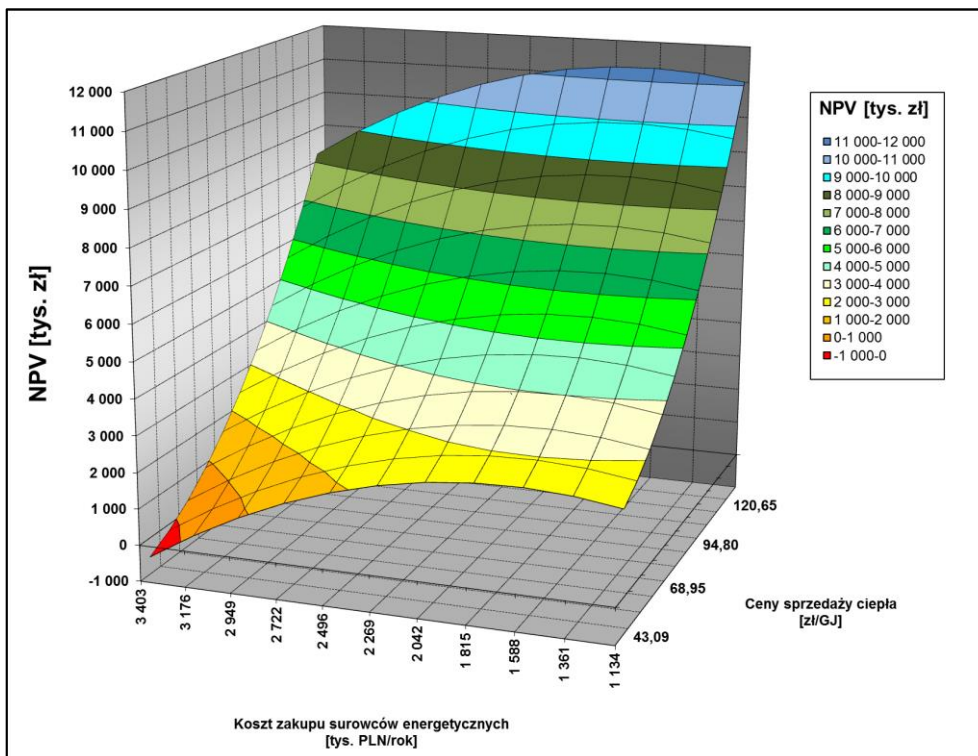


Рис. 17. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту ІВ

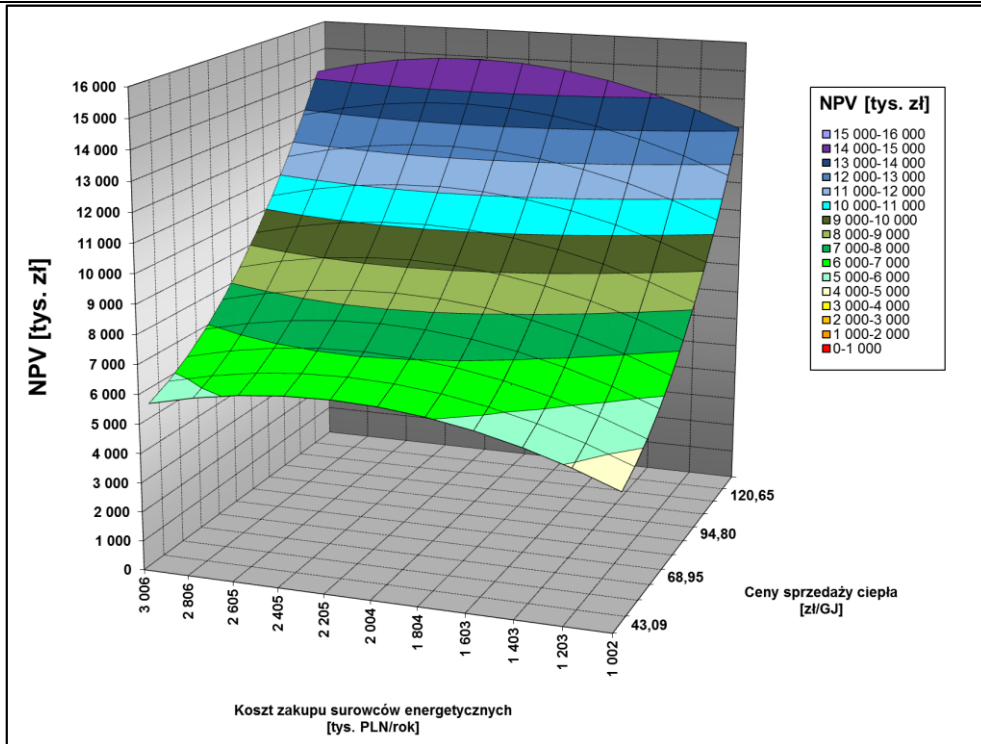


Рис. 18. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту ІС

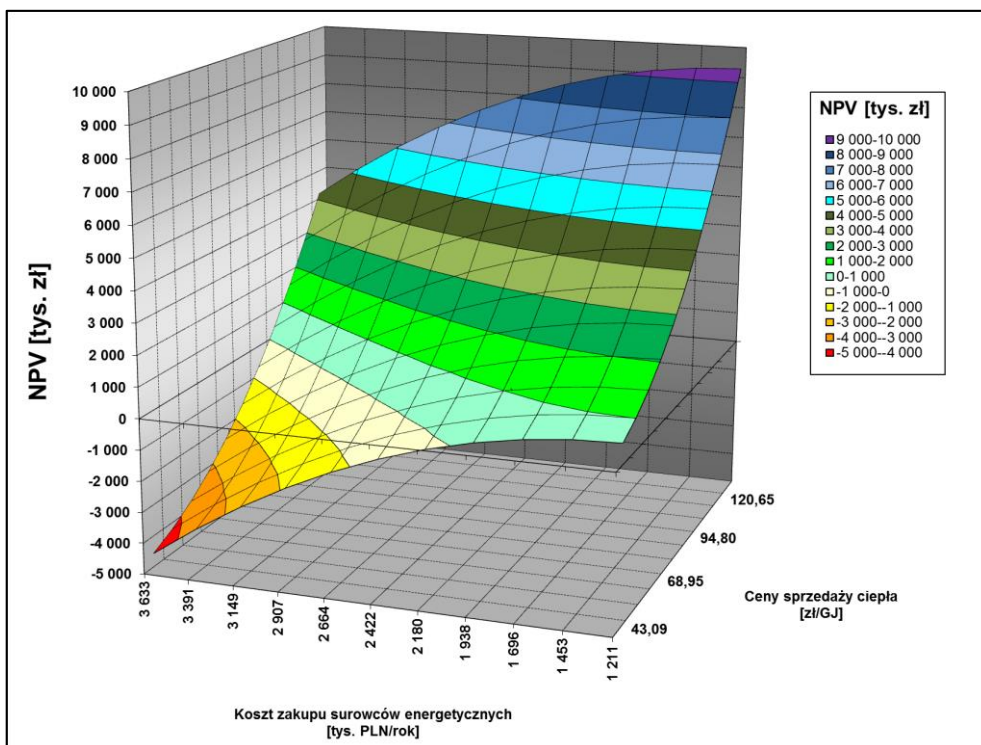


Рис. 19. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту ІІ

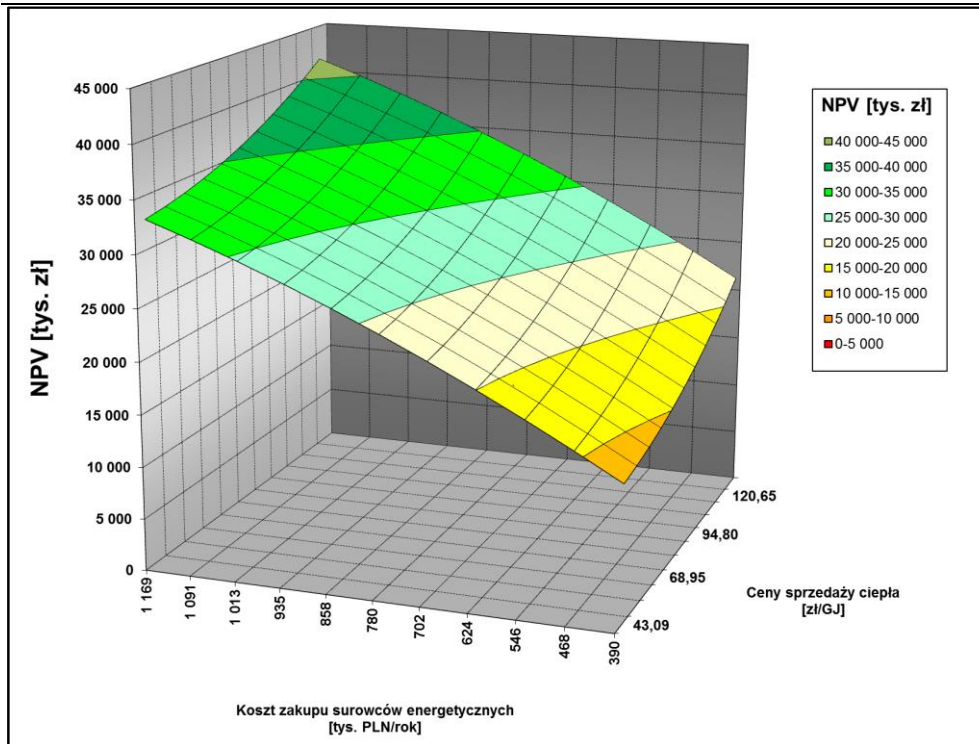


Рис. 20. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту III

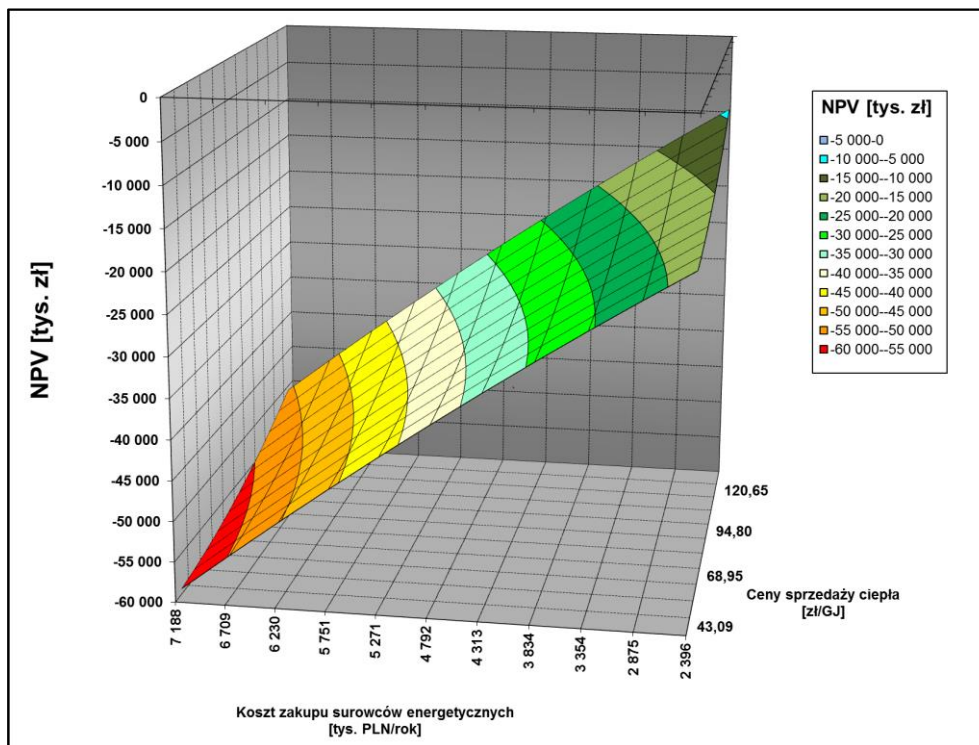


Рис. 21. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту IV

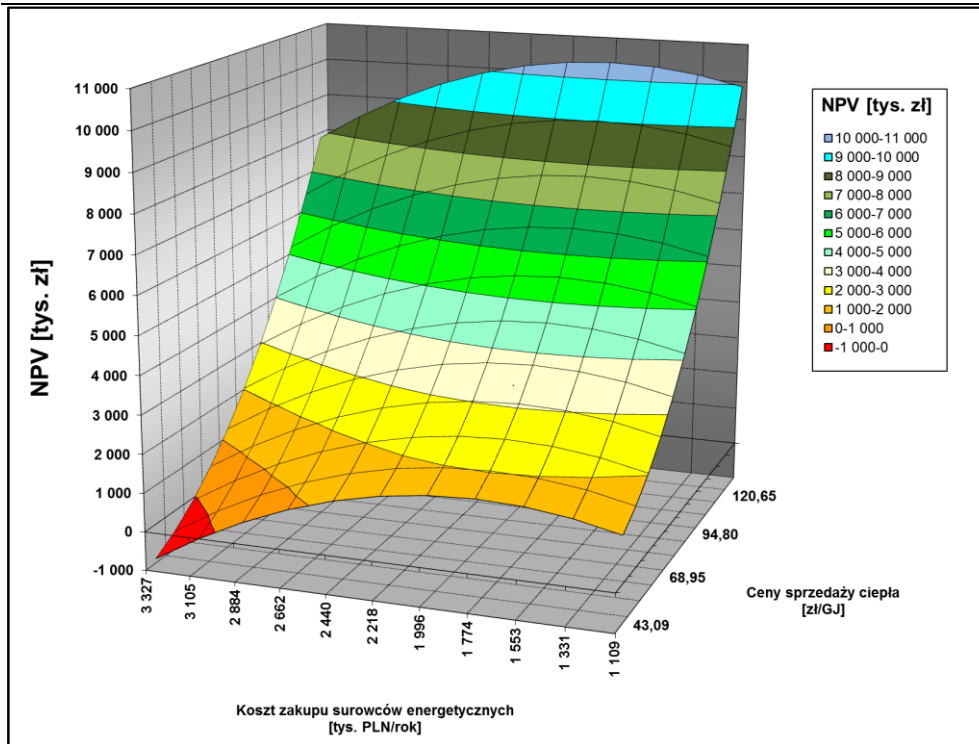


Рис. 22. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту V

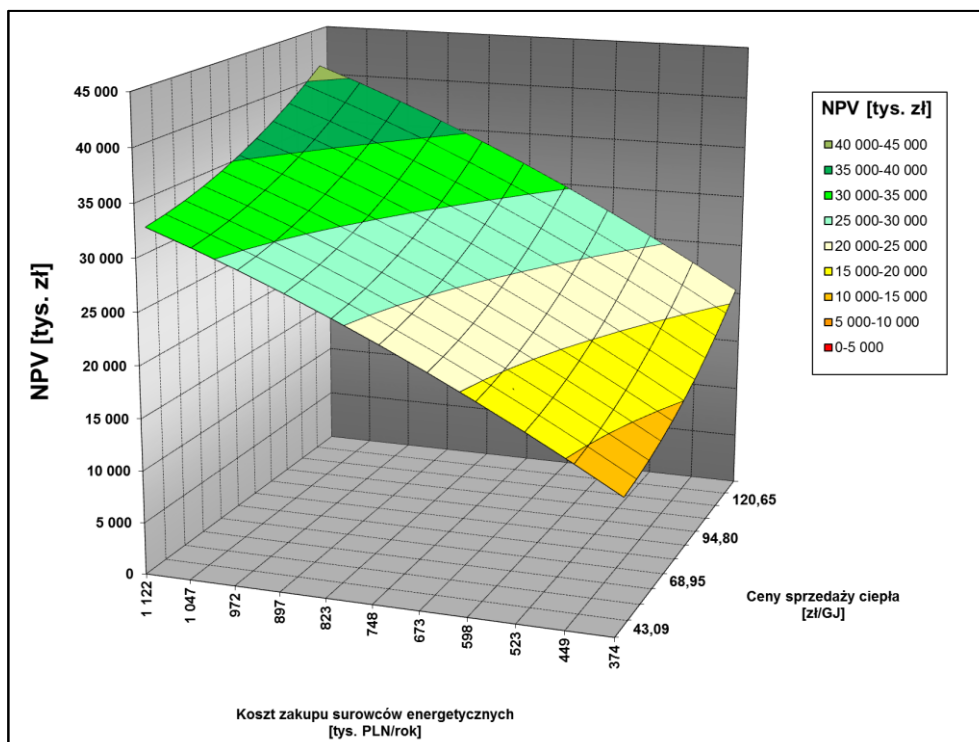


Рис. 23. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту VI

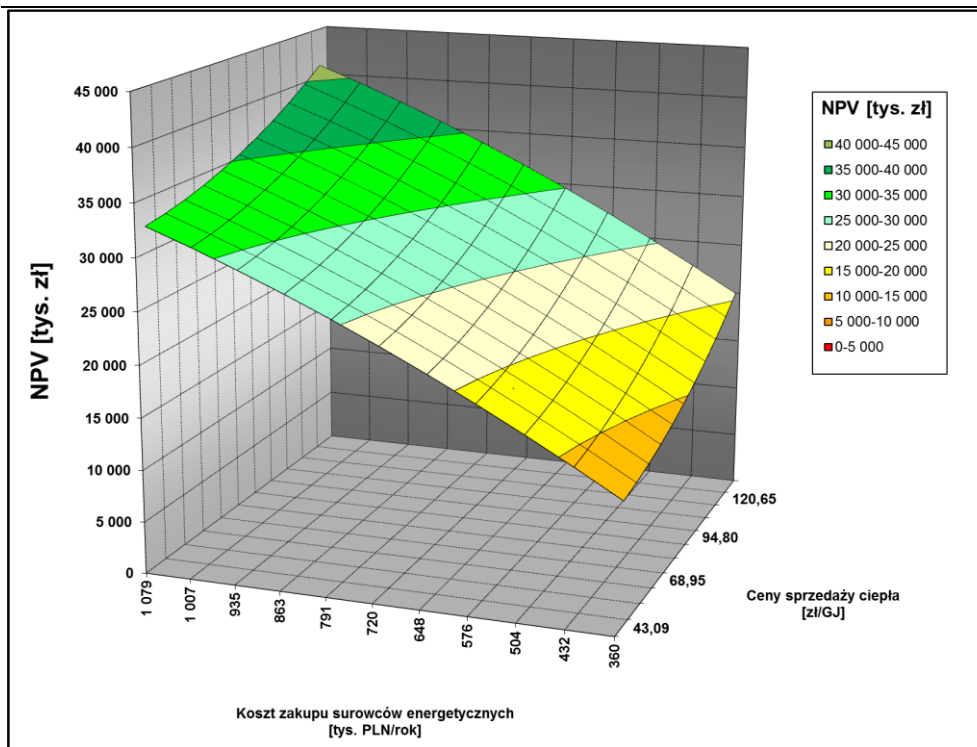


Рис. 24. Результати комплексного аналізу варіантів чутливості для варіанту VII

На підставі результатів аналізу, представленого в наведених вище діаграмах, можна зробити висновок про те, що одночасне збільшення вартості покупки сировини і цін на енергоносії та продажу тепла може призвести до втрати фінансової ефективності інвестицій в разі реалізації варіантів IA, IB, II і V. Фінансово неефективним є варіант IV, який не отримує жодної фінансової ефективності в дослідженому діапазоні одночасних зміни в обраних критичних змінних.

8. Висновки

На основі технічного, екологічного та економічного аналізу, проведеного авторами, для реалізації рекомендується варіанти:

A) – як варіант, який є найкращим, із врахуванням економічних показників, для яких загальні інвестиційні витрати складуть близько

945 000 грн з дисконтним терміном окупності в **0,8 року** пропонується реалізувати **варіант III**, який включає встановлення ретортових пальників для вугілля з глибокої модернізації існуючого котла. На рисунку 25 показані результати аналізу чутливості у вигляді чистої приведеної вартості (NPV) при змінних витрат на паливо і відпускній ціні корисного тепла

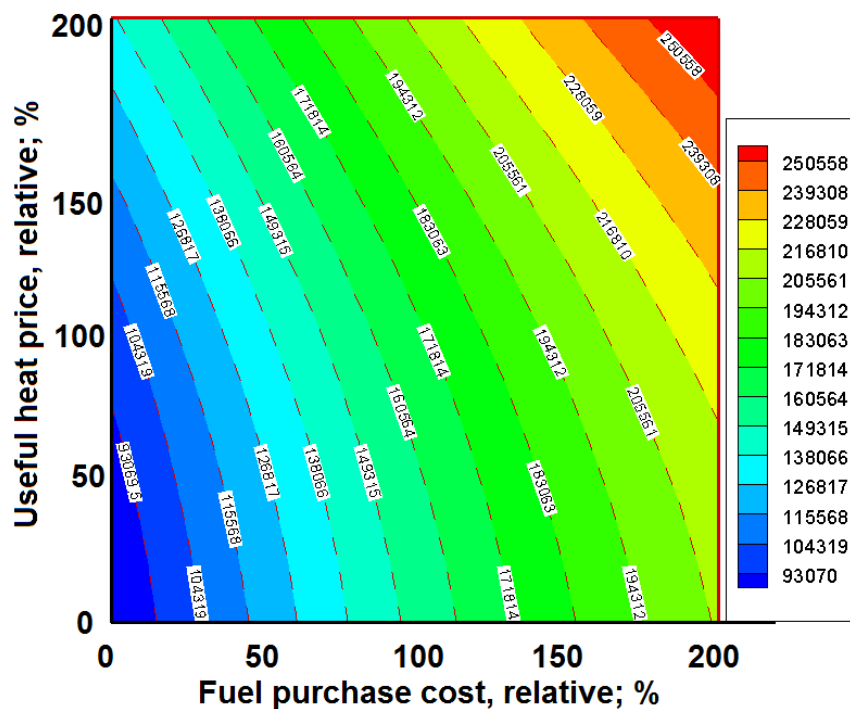


Рис. 25. NPV (UAH) змінна вартість палива (вугілля), а також різні ціни продажу корисного тепла. Варіант III

Б) – як варіант кращий при прийнятті повної реконструкції котла з новим устаткуванням, запропонований для реалізації варіант VI – встановлення (будівництво) котельні, яка працює на вугіллі. **Інвестиційна вартість становить 8 316 000 гривень**, дисконтний термін окупності становить близько **2-х років**. На рисунку 26 показані результати аналізу чутливості у вигляді чистої приведеної вартості (NPV) при змінних витрат на паливо і відпускній ціні корисного тепла.

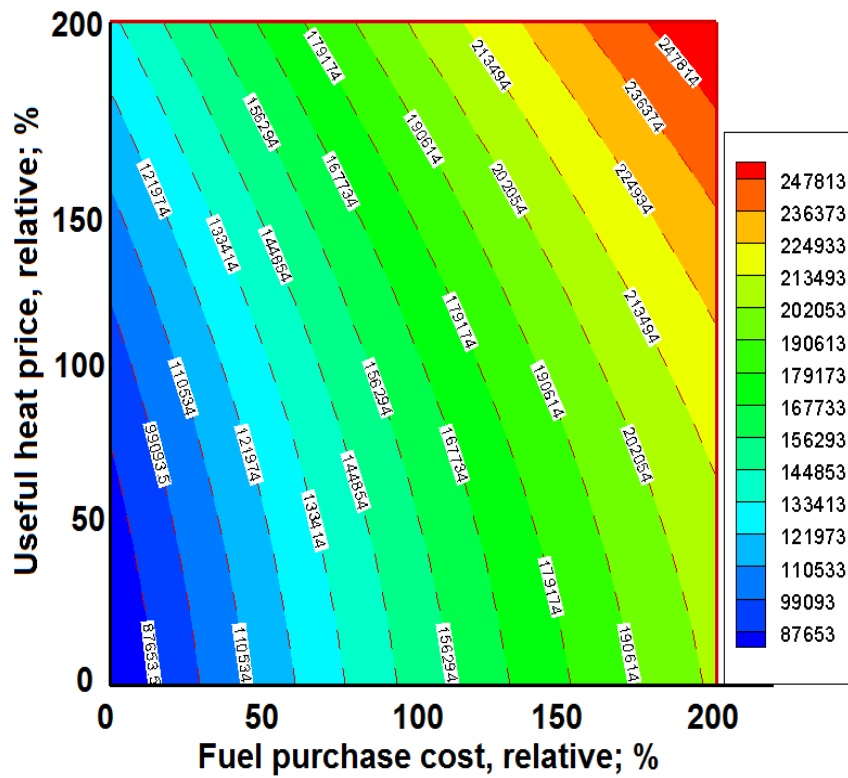


Рис. 26. Аналіз чутливості NPV (грн) для змінної вартості палива (вугілля), а також різні ціни продажу корисного тепла. Варіант VI