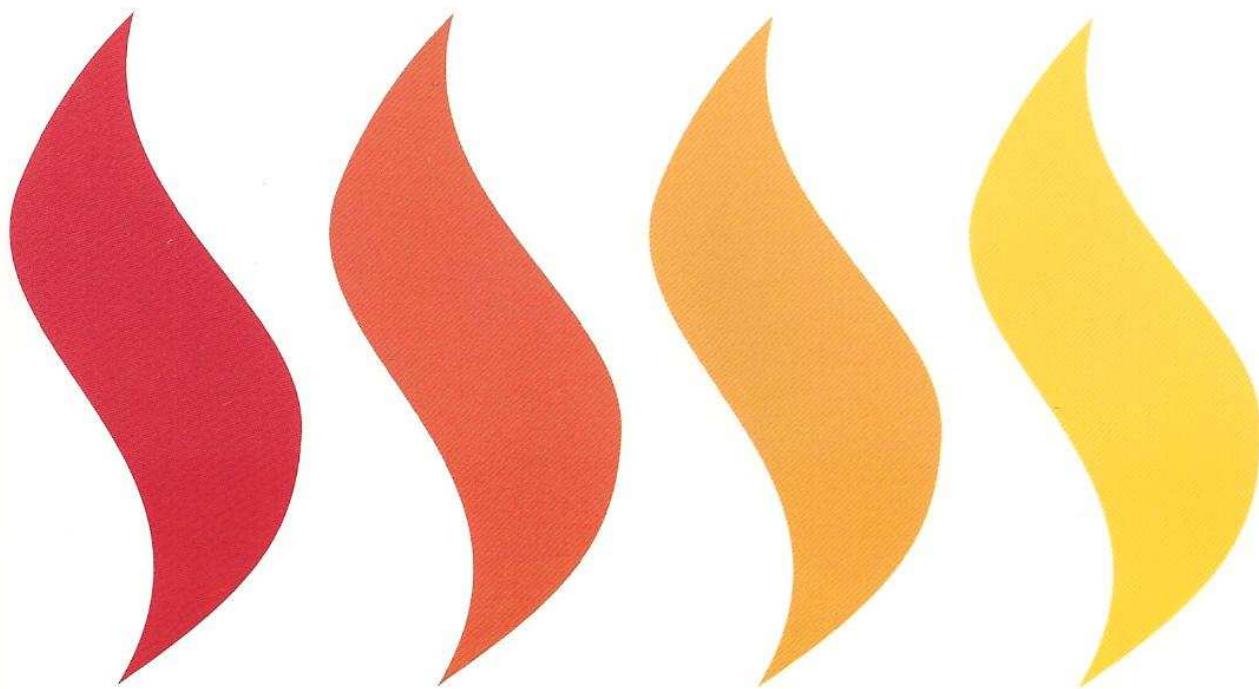


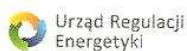
XIX Wiosenne Spotkanie Ciepłowników

9-11 maja 2012 r. Zakopane



Materiały konferencyjne

Honorowy patronat



Izba Gospodarcza
Ciepłownictwo Polskie



MIROMETR



Partnerzy:

energika
www.energika.pl



Patronat naukowy



Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Śląskiej



Institut Techniki Ciepłej
POLITECHNIKA WARSZAWSKA



Wydział Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej

Patronat medialny



www.energetyka.e-bmp.pl



AGENCJA RYNKU ENERGII S.A.



energetykacieplna.pl



CIRE.PL
Centrum Informacji i Planu Strategicznego

Organizator



Modernizacja części ciśnieniowej kotła WR-25 z zastosowaniem ścian szczelnych w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Włocławku

dr Michał Pietraszewski

prezes zarządu Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku

mgr Zygmunt Katolik

prokurent – kierownik Działu Rozwoju i Inwestycji Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku

W MPEC-Włocławek energia ciepła jest wytwarzana w ciepłowni spółki, która jest wyposażona w 8 jednostek kotłowych. Urządzenia produkcyjne przedsiębiorstwa charakteryzują się zainstalowaną mocą cieplną na poziomie 173 MW¹.

Podstawowymi urządzeniami wytwarzającymi ciepło w spółce są kotły węglowe typu WR-25 (4szt.) i WR-10 (2szt.). W procesie produkcji ciepła mogą również uczestniczyć dwa kotły gazowe płomienicowo-płomieniówkowe typu KOG-15, które przyjęły rolę jednostek szczytowych.

Eksplloatowane w przedsiębiorstwie kotły są sukcesywnie modernizowane ze względu na zużycie i postęp technologiczny oraz w celu przystosowania do nowych wymagań ochrony środowiska.

Możliwości techniczne, prowadzące do wzrostu sprawności i dyspozycyjności kotła WR-25 nr 4, skłoniły do wykonania gruntownej modernizacji.

W niniejszym artykule opisujemy wdrożoną modernizację kotła w przedsiębiorstwie oraz efekty ekonomiczno-ekologiczne wywołane implementacją nowoczesnych rozwiązań technologicznych.

Cel zamierzenia modernizacyjnego

Podstawowym celem zamierzenia modernizacyjnego jest poprawa sprawności energetycznej kotła oraz redukcja szkodliwych substancji i pyłów emitowanych do otoczenia ze źródła ciepła podczas jego pracy, skutkująca wzrostem jakości powietrza w otoczeniu.

Realizacja koncepcji modernizacji kotła WR-25

Modernizację kotła WR-25 Nr 4 podzielono na dwa etapy realizowane w latach:

- I etap – 2008-2009
- II etap – 2010-2011.

W I etapie realizacji robót modernizacyjnych przygotowano konstrukcję pod montaż nowego rusztu kotła. W tym celu na istniejącym fundamencie kotła wykonano rygle żelbetowe wraz z odpowiednio zakotwionymi markami, do których są mocowane blachownicowe podpory, na których opiera się kocioł. Na tak przygotowanej konstrukcji mocowanej do marek zakotwionych w ryglu żelbetowym osadzono nowy ruszt kotła.

W efekcie tego etapu modernizacji kocioł wyposażono w ruszt mechaniczny łuskowy typu ciężkiego wraz z instalacją powietrza podmuchowego. Wykonanie tych prac umożliwiło kontynuację II etapu modernizacji kotła w przedsiębiorstwie. Etap ten obejmował:

- opracowanie dokumentacji technicznej,
- demontaż instalacji istniejącego kotła,
- montaż ekranów wykonanych w technologii ścian szczelnych.

Charakterystyka modernizacji kotła

Modernizacja kotła typu WR-25 wyprodukowanego w 1974 roku przez RAFAKO Racibórz polega na zastąpieniu dotychczasowych ekranów komory paleniskowej systemu La Monta, ekranami ze ścian szczelnych.

Zmiany modernizacyjne w budowie kotła obejmowały nową instalację powietrza wtórnego oraz kanały spalin, rurociągi przykotłowe wraz z armaturą zaporową, zwrotną i zabezpieczającą, automatyczny system usuwania popiołu z powierzchni ogrzewalnych (elektromagnetyczne obijaki) oraz zsypy lotnego koksiku, gruby osprzęt i pomosty obsługi.

Dla posadowienia zmodernizowanej części ciśnieniowej i konstrukcji nośnej kotła WR25-014SN wykorzystano istniejący fundament betonowy zdemontowanego kotła WR 25 Nr 4.

Stan po modernizacji

Zmodernizowany w przedsiębiorstwie na ściany szczelne kocioł WR-25 nr 4 w nowym oznaczeniu WR25-014SN jest kotłem wodnym o wymuszonym przepływie wody przez powierzchnie ogrzewalne.

Podstawowym paliwem dla kotła jest węgiel energetyczny, spalany na ruszcie mechanicznym taśmowym typu ciężkiego.

Kocioł zbudowany jest w układzie trzyciągowym. Ściany szczelne kotła z rur tworzą przestrzeń komory paleniskowej i II-go ciągu. Pęczek podgrzewacza wody został zabudowany w drugim ciągu konwekcyjnym. Dodatkowy pęczek podgrzewacza wody III-go ciągu stanowią węzownice z rur zabudowane w kanale wylotowym spalin za kotłem utworzonym z wolnostojącej konstrukcji stalowej i blach opancerzenia wewnętrznego. Pęczki po stronie przepływu spalin zostały wykonane w układzie korytarzowym.

Powierzchnię ogrzewalną zmodernizowanego kotła stanowią kolejno: pęczki węzownic podgrzewacza wody III-go ciągu i pęczki węzownic konwekcyjnego podgrzewacza wody II-go ciągu. Ekran ścian szczelnych kotła zostały zabudowane z rur o odpowiedniej średnicy. Przyjęty kontur cyrkulacyjny wody w kotle zapewnia minimalne opory przepływu wody.

Przepływ wody przez kocioł jest realizowany przez pompę obiegową, włączoną w układ technologiczny ciepłowni. Natężenie przepływu wody przez dodatkowy podgrzewacz (III-ci pęczek) jest regulowane, co pozwoli na regulację temperatury spalin na wylocie z kotła.

Na konwekcyjnych powierzchniach ogrzewalnych, dla ich czyszczenia, zabudowano obijaki elektromagnetyczne.

Na wlocie i wylocie z kotła na rurociągach zamontowano armaturę z podwójnym odcięciem (przepustnice międzykołnierzowe z podwójnym mimośrodem), w tym jedna z napędem elektro-mechanicznym.

Zainstalowana na rurociągach przykotłowych nowa armatura zaporowa kołnierzowa (na odpowietrzeniach i na odmulaniu z podwójnym odcięciem), zwrotna i zabezpieczająca, spełnia wymagania obowiązujących przepisów i umożliwia odpowiednią eksploatację kotła. Na rurociągach wykonano również pochewki pomiarowe dla przyłączy akpia.

Spaliny płyną w górę komory paleniskowej, a następnie przez feston wykonany z odpowiednio rozgiętych rur ekranu tylnego komory paleniskowej, przepływają przez pęczek konwekcyjny II-go ciągu w dół, do wylotu spalin z kotła. Następnie są one kierowane kanałem wykonanym z blachy stalowej, na wolnostojący pęczek III-go ciągu podgrzewacza wody. Dalej spaliny wyprowadzane są kanałem wykonanym z blachy stalowej, do istniejącej instalacji odpylającej. Po odpyleniu spaliny są dalej kierowane do istniejącego wentylatora wyciągowego, który tłoczy je do komina.

Żużel oraz przesypy popiołu i lotnego koksiku odprowadzane są za pomocą nowych odzūżlaczy zgrzeblowych z górnym wygarnianiem. Do odzūżlaczy wprowadzony jest również pył wytrączony w podgrzewaczach wody II-go i III-go ciągu.

Instalacja powietrza wtórnego wykonana została jako nowa, z wykorzystaniem istniejących wentylatorów powietrza wtórnego.

Kocioł jest wyposażony w odpowiednie schody i podesty, umożliwiające dostęp do armatury i grubego osprzętu oraz innych miejsc wymagających stałej lub okresowej obsługi. Pomosty obsługowe są powiązane z istniejącymi ciągami komunikacyjnymi. Odpowiednie włązy i wzierniki umożliwiają obserwację wnętrza kotła w czasie jego pracy, a także wejście do środka po odstawieniu kotła, celem przeprowadzenia rewizji lub remontu.

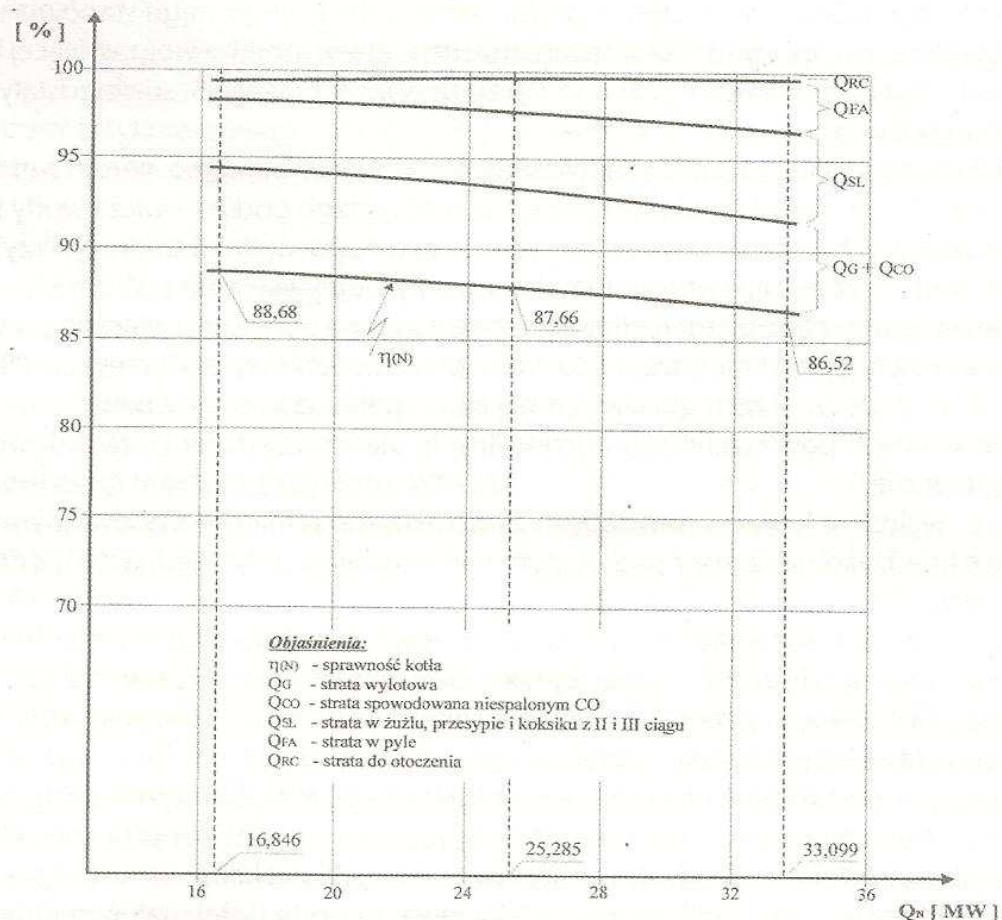
Wszystkie zewnętrzne elementy kotła są odpowiednio izolowane wełną mineralną pokrytą powlekaną blachą trapezową, co zabezpiecza urządzenia przed stratami cieplnymi, a obsługę przed poparzeniem.

Kocioł jest wyposażony w wymagane przepisami oraz względami eksploatacyjnymi podstawową aparaturę pomiarową miejscową i zdalną. Do celów pomiarów zdalnych i regulacji oraz sterowania pracą kotła są przewidziane odpowiednie przyłącza aparatury, wynikające z dokumentacji technicznej układów sterowania, pomiarów i automatyki kotła.

Kocioł jest wyposażony w urządzenia do automatycznego sterowania i kontroli jego pracy, wymagane obowiązującymi przepisami oraz względami eksploatacyjnymi.

Badanie energetyczne kotła

Pomiary energetyczne uwzględniały trzy poziomy obciążenia cieplnego kotła podczas jego pracy. W czasie badań kocioł pracował z następującą mocą cieplną:



Rys. 1. Charakterystyka energetyczna kotła typu WR25-0145C Nr 4

Źródło: Sprawozdanie z pomiarów energetycznych kotła typu WR25-0145N nr 4 zainstalowanego w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Włocławku, s.11.

- wysoką - 33,099MW
- średnią - 25,285MW
- niską - 16,846MW

Na rysunku 1 zobrazowano charakterystykę energetyczną kotła po modernizacji.

Moc kotła uzyskana na poziomie 33,099 MW dokumentuje wielkość gwarantowaną, przy czym możliwości tej jednostki w tym zakresie są jeszcze większe. Uzyskane podczas badania sprawności kotła kształtowały się odpowiednio przy mocy:

- wysokiej - 86,52%,
- średniej - 87,66%,
- niskiej - 88,68%.

Osiągnięte sprawności kotła charakteryzują się bardzo dobrym poziomem. Mogą one ulec dalszemu wzrostowi przy stosowaniu węgla o mniejszej zawartości podziarna.

Straty ciepłe towarzyszące procesowi spalania i wymiany ciepła utrzymywały się w normie. Temperatury spalin za kotłem w zależności od jego obciążenia cieplnego utrzymywane były w przedziale od 131,4°C do 134,7°C. Współczynnik nadmiaru powietrza λ kształtował się w przedziale liczbowym od 1,29 do 1,53. Wskaźniki te oznaczają, że zarówno temperatury spalin, jak i nadmiary powietrza zawierały się w granicach optymalnych.

Pomiary energetyczne kotła potwierdziły, że parametry wydajnościowe i sprawnościowe spełniają wielkości gwarantowane.

Efekty modernizacji

Wprowadzenie nowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz zastosowanie nowych urządzeń pomocniczych pozwoliło na uzyskanie:

- wzrostu obciążenia cieplnego powierzchni ogrzewalnej kotła oraz podwyższenia jego sprawności
- ograniczenia ciężkiego obmurza do niezbędnego minimum oraz samonośnej konstrukcji wsporczej, posadowionej w gabarytach istniejących fundamentów,
- poprawy regulacyjności i elastyczności pracy kotła oraz jego niezawodności i dyspozycyjności,
- polepszenia procesu spalania prowadzącego do zmniejszenia emisji pyłowo-gazowej a w konsekwencji do poprawy wskaźników ekologicznych,
- poprawy warunków eksploatacji i obsługi kotła,
- uzyskania szczelności w kanałach przepływu spalin, co pozwoliło na zastosowanie lekkiej izolacji cieplnej z płyt wełny mineralnej, pokrytej blachą opancerzenia zewnętrznego.

Wdrożone rozwiązanie konstrukcyjne umożliwiło eliminację dotychczasowego tradycyjnego obmurza i konstrukcji nośnej oraz poprawę szczelności komory paleniskowej i ciągów konwekcyjnych kotła.

Dzięki wdrożonej inwestycji modernizacyjnej zakładane jest ograniczenie zużycia opału w procesie produkcji ciepła oraz zmniejszenie emisji szkodliwych substancji i pyłów do powietrza. W tabelach 1 i 2 zestawiono dane dotyczące sprawności kotła oraz poziomu zużycia opału przed modernizacją i po wdrożeniu rozwiązań modernizacyjnych w przedsiębiorstwie.

Dzięki zaimplementowanej inwestycji w przedsiębiorstwie została podniesiona sprawność kotła. W zależności od jego obciążenia kształtuje się ona obecnie na poziomie od 86,52% do 88,68%. Stan ten oznacza, że przy tej samej produkcji ciepła w odniesieniu do okresu sprzed modernizacji zaoszczędzonych zostanie w ciągu roku około 1500 ton węgla, czyli 26 wypełnionych węglarek tym paliwem. Efekty ekologiczne z tego tytułu zaprezentowano w tabeli 3 i 4.

Kocioł nr 4 WR-25-013 przed modernizacją				
Parametr	Jednostka	Lato	Zima	Razem
Średnia moc kotła	MW	12,5	25	
Czas pracy kotła	h	1500	4000	
Produkcja ciepła	GJ	67500	360000	42750
Sprawność	%	78,5	82,5	średnia 81,84
Zużycie węgla	Mg	3839	18648	22487

Tab. 1. Sprawność kotła oraz zużycie opału przed modernizacją

Źródło: Obliczenia własne

Kocioł nr 4 WR-25-014SN po modernizacji				
Parametr	Jednostka	Lato	Zima	Razem
Średnia moc kotła	MW	12,5	25	
Czas pracy kotła	h	1500	4000	
Produkcja ciepła	GJ	67500	360000	42750
Sprawność	%	88	87,6	średnia 87,66
Zużycie węgla	Mg	3424	17562	20987
Redukcja zużycia węgla	Mg			1500

Tab. 2. Sprawność kotła oraz zużycie opału po modernizacji

Źródło: Obliczenia własne

Substancja emitowana do powietrza	Redukcja emisji w [kg/rok]	Jednostkowe stawki opłat	Kwota opłat w [PLN]
Dwutlenek siarki SO ₂	15 300	0,48 zł/kg	7 344
Dwutlenek azotu NO ₂	6 000	0,48 zł/kg	2 880
Dwutlenek węgla CO ₂	3 300 000	0,26 zł/Mg	858
Pył	2 300	0,32 zł/kg	736
Opłaty razem			11 818

Tab. 3. Efekty ekologiczne oraz uniknięte opłaty za korzystanie ze środowiska

Źródło: Obliczenia własne

Substancja emitowana do powietrza	Redukcja emisji w [kg/rok]	Wartość jednostki BlueNext – EUA 24.02.2012	Kwota opłat w [PLN] Kurs wymiany NBP 24.02.2012
Dwutlenek węgla CO ₂	3 300 000	9,16 Euro Mg	126 324

Tab. 4. Uniknięte opłaty za emisję CO₂ - EU ETS

Źródło: Obliczenia własne

Mniej spalonego węgla oznacza mniejszą emisję trujących substancji do atmosfery ze źródeł produkcyjnych przedsiębiorstwa, co przyczyni się do wzrostu jego jakości oraz poprawy komfortu życia mieszkańców w regionie Kujaw. Efekt finansowy, wynikający z krajowych opłat unikniętych za korzystanie ze środowiska, to 11 818 zł, do których należy dodać koszt unikniętych zakupów jednostek uprawniających do emisji CO₂, wynikających z międzynarodowych regulacji określonych w pakiecie EU ETS, wynikiem czego otrzymujemy całkowite potencjalne oszczędności w wysokości 138 142 zł.

Źródła finansowania przedsięwzięcia modernizacyjnego

Koszt wdrożonego przedsięwzięcia modernizacyjnego to 3,85 miliona złotych. Całość zrealizowanego zamierzenia modernizacyjnego została sfinansowana kapitałem pochodzącym ze środków własnych spółki MPEC we Włocławku.

Ocena opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego

Ocenę opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego oparto na dyskontowych metodach rachunku ekonomicznego. Metody te pozwalają sprowadzić do porównywalności nakłady i efekty realizowane w różnych okresach. Wartość terażniejsza, zdyskontowana na moment przeprowadzenia oceny, stanowi podstawę do dalszego wnioskowania². W ocenie niniejszego projektu inwestycyjnego wykorzystano dyskontowe metody rachunku ekonomicznego, takie jak:

- wartość zaktualizowaną netto (*net present value* – NPV),
- wewnętrzną stopę zwrotu (*internal rate of return* – IRR)
- zdyskontowany okres zwrotu (*discounted payback period* -DPP).

Lp.	Poziom nakładów i efektów z inwestycji	Poziom finansowy w [zł]
1	Nakłady inwestycyjne	3 850 000
2	Amortyzacja	269 500
3	Oszczędności na opale	501 750
4	Uniknięte opłaty za korzystanie z środowiska	11 818
5	Uniknięte opłaty za emisję CO ₂	126 324
6	Osiągnięte efekty finansowe [2+3+4+5]	909 392

Tab. 5. Poziom nakładów inwestycyjnych oraz efekty finansowe modernizacji

Źródło: Obliczenia własne

W tabeli 5 zestawiono dane dotyczące poziomu nakładów inwestycyjnych oraz uzyskanych efektów finansowych z tytułu wdrożenia w przedsiębiorstwie modernizacji kotła.

Zdyskontowaną wartość netto inwestycji definiuje się jako sumę zdyskontowanych, na określony moment, różnic wpływów i wydatków związanych z projektem inwestycyjnym³. W tabeli 6 zestawiono dane do ustalenia zdyskontowanej wartości netto nadwyżki finansowej w okresie 15 lat funkcjonowania projektu, gdzie wskaźnik amortyzacji urządzeń kotłowych wynosi 7%. Przy

Czas	Nakłady w [PLN]	Nadwyżka finansowa w [PLN]	Współczynnik dyskontowy 15%	Zdyskontowana nadwyżka finansowa w [PLN]
0	3850000		1	-3850000
1		909392	0,8696	790807,28
2		909392	0,7561	687591,29
3		909392	0,6575	597925,24
4		909392	0,5718	519990,35
5		909392	0,4972	452149,70
6		909392	0,4323	393130,16
7		909392	0,3759	341840,45
8		909392	0,3269	297280,24
9		909392	0,2843	258540,15
10		909392	0,2472	224801,70
11		909392	0,2149	195428,34
12		909392	0,1869	169965,36
13		909392	0,1625	147776,20
14		909392	0,1413	128497,09
15		909392	0,1229	111764,28
			NPV	1 467 487,84

Tab. 6. Tablica rachunkowa do ustalenia zdyskontowanej wartości netto NPV

Źródło: Obliczenia własne

obliczaniu zdyskontowanej wartości netto NPV i wewnętrznej stopy zwrotu IRR założono taką samą skalę generowanych korzyści w poszczególnych latach funkcjonowania projektu jak dla pierwszego roku po wdrożeniu modernizacji kotła w przedsiębiorstwie.

Przedsięwzięcie modernizacyjne kotła cechuje się dodatnią wartością netto. Dodatnia wartość netto NPV oznacza, że stopa rentowności tego przedsięwzięcia jest wyższa od stopy granicznej określonej poprzez przyjętą do rachunku stopę procentową. Taki stan powoduje również, że inwestor oprócz inwestycyjnej stopy zwrotu, tj. zwrotu kosztu kapitału, ryzyka i dochodu minimalnego po 15 latach uzyska jeszcze nadwyżkę finansową w wysokości 1 467 487,84 zł.

Wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji IRR jest definiowana jako stopa zwrotu od zainwestowanych kapitałów, która przynosi wartość bieżącą netto (NPV) przedsięwzięcia inwestycyjnego równą zero.

Czas	Przepływ środków pieniężnych	Stopa dyskontowa 22%		Stopa dyskontowa 23%	
		Współczynnik dyskontowy	Wartość bieżąca	Współczynnik dyskontowy	Wartość bieżąca
0	-3850000	1	-3850000	1	-3850000
1	909392	0,8197	745428,62	0,8130	739335,70
2	909392	0,6719	611020,48	0,6610	601108,11
3	909392	0,5507	500802,17	0,5374	488707,26
4	909392	0,4514	410499,55	0,4369	397313,36
5	909392	0,3700	336475,04	0,3552	323016,04
6	909392	0,3033	275818m59	0,2888	262632,41
7	909392	0,2486	226074,85	0,2348	213525,24
8	909392	0,2038	185334,09	0,1909	173602,93
9	909392	0,1670	151868,46	0,1552	141137,64
10	909392	0,1369	124495,76	0,1262	114765,27
11	909392	0,1122	102033,78	0,1006	91484,84
12	909392	0,0920	83664,06	0,0834	75843,29
13	909392	0,0754	68568,16	0,0678	61656,78
14	909392	0,0618	56200,43	0,0551	50107,50
15	909392	0,0507	46106,17	0,0448	40740,76
NPV			74 390,24		-75 022,87

Tab. 7. Tablica rachunkowa do ustalenia wewnętrznej stopy zwrotu IRR

Źródło: Obliczenia własne

W tabeli 7 zestawiono dane do obliczenia wewnętrznej stopy zwrotu IRR przedsięwzięcia modernizacyjnego.

$$IRR = io + \frac{NPV_0}{NPV_0 + /- NPV_1} \times (i1 - io)$$

$$IRR = 22 + \frac{74390,24}{74390,24 + /- 75022,87} \times 1 = 22 + 0,497 = 22,497\%$$

Wewnętrzna stopa zwrotu IRR przedsięwzięcia inwestycyjnego wynosi 22,497% średnio rocznie. Jest ona większa od kosztu kapitału finansującego inwestycję (oczekiwanej) stopy zwrotu o ponad 7 punktów procentowych. Stan ten oznacza, że inwestor, oprócz inwestycyjnej stopy zwrotu, tj. zwrotu kosztu kapitału, ryzyka i dochodu minimalnego uzyska dodatkowy zwrot wynoszący 22,497%.

Splata nakładów inwestycyjnych z wygenerowanych oszczędności, które są wynikiem wdrożenia modernizacji kotła w przedsiębiorstwie, nastąpi po 4 latach i 3 miesiącach.

Przeprowadzona ocena opłacalności przedsięwzięcia modernizacyjnego kotła z bardzo wysokim prawdopodobieństwem prognozuje, że założone cele, jakie wyznaczono, projektując tę inwestycję, zostaną w pełni osiągnięte. Należy jednak pamiętać, że czas 15 lat w branży energetycznej w Polsce określić należy jako bardzo długi okres, który z dużym prawdopodobieństwem cechować się będzie istotnym ryzykiem inwestycyjnym ze względu na bardzo niestabilne przepisy krajowe i międzynarodowe, dotyczące problemów emisji gazów do atmosfery. Wszelkie inwestycje w sektorze obarczone są wielkim ryzykiem regulacyjnym, które w kluczowy sposób wpływa na szacunki efektywnościowe długich okresów eksploatacyjnych urządzeń energetycznych.

Podsumowanie

Wszystkie prace modernizacyjne zostały wykonane zgodnie z dokumentacją i umową oraz pozytywnie odebrane przez MPEC we Włocławku oraz Urząd Dozoru Technicznego.

Pomiary energetyczne kotła po modernizacji wykonało Przedsiębiorstwo „EN-POL” S.C. z Katowic. W trakcie pomiarów sprawdzono sprawność kotła w pełnym zakresie pracy oraz poziom emisji pyłowo-gazowych w spalinach. Pomiary potwierdziły osiągnięcie zakładanych parametrów technologicznych. „Wykazały, że parametry wydajnościowe i sprawnościowe spełniają wielkości gwarantowane. Bardzo dobrze pracuje regulowany podgrzewacz wody, który utrzymuje temperatury spalin na wymaganym poziomie w całym zakresie cieplnym kotła, przy którym wykonano pomiar”⁴.

Po uruchomieniu kocioł osiąga wszystkie parametry gwarantowane w umowie. Cała inwestycja modernizacyjna prognozuje wymierne efekty w postaci zwiększenia mocy kotła, zwiększenia jego sprawności, zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, a także oszczędności opału w przedsiębiorstwie.

Bibliografia

1. T. Gostkowskiej-Drzewieckiej (red.), *Projekty Inwestycyjne, Finansowanie, Metody i procedury oceny*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 1999.
 2. Z. Katolik, D. Tomaszewski, *35 lat transformacji przedsiębiorstwa od ZEC-u do MPEC-u*, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Włocławku, Włocławek 2006.
 3. Z. Katolik, D. Tomaszewski, K. Młodzikowski, *MPEC WŁOCLAWEK-Inwestycje*, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Włocławku, Włocławek 2006.
 4. M. Sierpińska, T. Jachna, *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002,
 5. Sprawozdanie z pomiarów energetycznych kotła typu WR25-0145N nr 4 zainstalowanego w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Włocławku.
- ¹ Zob. więcej: Z. Katolik, D. Tomaszewski, 35 lat transformacji przedsiębiorstwa od ZEC-u do MPEC-u, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Włocławku, Włocławek 2006, s. 80-84, Z. Katolik, D. Tomaszewski, K. Młodzikowski, MPEC WŁOCLAWEK-Inwestycje, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej we Włocławku, Włocławek 2006, s. 20-29.
- ² Zob. M. Sierpińska, T. Jachna, Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002, s. 210.
- ³ Pod red. T. Gostkowskiej-Drzewieckiej, *Projekty Inwestycyjne, Finansowanie, Metody i procedury oceny*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 1999, s.116.
- ⁴ Sprawozdanie z pomiarów energetycznych kotła typu WR25-0145N nr 4 zainstalowanego w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej we Włocławku.