

PIOTR ŻARCZYŃSKI*, ANDRZEJ STRUGAŁA**, ALEKSANDER SOBOLEWSKI***,
CZESŁAW SIKORSKI****

Minimalizacja ryzyka wdrażania nowych technologii w przemyśle koksowniczym przez etapową realizację złożonego projektu badawczo-rozwojowego jako opcji rzeczowej

Wprowadzenie

Przemysł koksowniczy w Polsce, Europie i na świecie znajduje się obecnie w sytuacji oczekiwania na dalszy rozwój sytuacji na rynkach finansowych oraz w gospodarkach narodowych, zwłaszcza w państwach Unii Europejskiej. Wyróżnić można trzy czynniki determinujące przyszłą sytuację w branży koksowniczej:

- a) sytuacja ekonomiczna głównie w Europie w związku z trwającym kryzysem ekonomicznym oraz wpływ tego kryzysu na światowe rynki koks i stali,
- b) wzrastające wymagania prawne w zakresie ochrony środowiska, w tym skutki realizacji pakietu klimatycznego dla Europy,
- c) wzrastające wymagania w zakresie polepszenia użyteczności koks (relacji jakości i ceny) ze strony głównego odbiorcy koks, czyli przemysłu stalowniczego.

W warunkach tak wysokiej niepewności, krajowe koksownie podejmują szereg działań zwiększających ich elastyczność w zakresie wykorzystania zdolności produkcji, poprawiających ich strukturę kosztów, optymalizujących wykorzystanie krajowej bazy węgla, które są tańsze od węgla zamorskich. Przedsiębiorstwa koksownicze nie zaprzestają także

* Mgr inż., ArcelorMittal Poland S.A.; Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze;
e-mail: piotr.zarczynski@arcelormittal.com

** Dr hab. inż., prof. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Kraków.

*** Dr inż. Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze.

**** Mgr inż., ArcelorMittal Poland S.A.

działań rozwojowych. Wiele koksowni krajowych rozważa budowę nowych, bądź modernizację istniejących baterii koksowniczych (Koksownia Częstochowa Nowa sp. z o.o., Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., Koksownia Victoria, Koksownia Dębieńsko, Koksownia Zdzeszowice – remonty odtworzeniowe czterech istniejących baterii koksowniczych systemu ubijanego z opcją ich zamiany w przyszłości przez dwie nowoczesne baterie systemu ubijanego). Ponadto koksownie podejmują działania w innych obszarach, a w szczególności w zakresie optymalizacji zagospodarowania nadmiarowego gazu koksowniczego. Przy prognozach istotnego wzrostu cen energii elektrycznej, zwłaszcza ten kierunek wydaje się szczególnie interesujący, co potwierdzają plany budowy lub rozbudowy siłowni w kilku polskich koksowniach. W 2011 roku Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o. podjęła decyzję o budowie bloku energetycznego, zasilanego oczyszczonym gazem koksowniczym o mocy około 70 MW (koksownia ta posiada już elektrociepłownię o mocy 42 MW zabezpieczającą potrzeby własne), Koksownia Radlin rozważa możliwość budowy własnego bloku energetycznego, natomiast Wałbrzyskie Zakłady Koksownicze Victoria S.A. rozważają możliwość zabudowy silnika gazowego na gaz koksowniczy (te dwie ostatnie należą do grupy kapitałowej JSW S.A.).

Ponadto koksownie prowadzą szereg działań badawczo-rozwojowych o różnej skali. Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o. prowadzi badania nad częściowym brykietowaniem wsadu. Z kolei Koksownia Zdzeszowice, we współpracy z ICHPW w Zabrze, w ramach Programu Inteligentna Koksownia Spełniająca Wymagania Najlepszej Dostępnej Techniki prowadzi od 2010 roku badania i analizy studialne nad podsuszaniem wsadu.

Dynamicznie zmieniająca się sytuacja w otoczeniu przedsiębiorstw oraz niepewność towarzysząca tym zmianom, wymagają od decydentów zachowania szczególnej ostrożności przy realizacji nowych inwestycji, zwłaszcza dotyczących mało znanych rozwiązań. Celem jest minimalizacja ryzyka, którą można osiągnąć albo przez wdrażanie tylko znanych już i sprawdzonych rozwiązań albo przez etapową realizację projektów innowacyjnych. W tym drugim przypadku zmianie ulega sposób postrzegania ryzyka projektów (ryzyko projektu można też traktować jako pewną szansę). Takie podejście do analizy projektów, w ujęciu jakościowym i ilościowym, jest możliwe przy zastosowaniu rachunku opcji rzeczowych. Metodę tę zastosowano do oceny realizowanego w Koksowni Zdzeszowice projektu badawczo-rozwojowego w zakresie wdrożenia podsuszania wsadu przed procesem koksowania.

1. Program badań nad podsuszaniem wsadu w koksowni Zdzeszowice

Podsuszanie wsadu należy do grupy operacji termicznej preparacji mieszanki węglowej przed jej załadunkiem do komory koksowniczej. Preparacja termiczna wsadu polega na jego podsuszeniu i ew. podgrzaniu przed jego podaniem do komory na baterii koksowniczej. W procesie tym nie jest przekraczana temperatura uplastycznienia węgla. Zastosowanie termicznej preparacji wsadu dzieli więc proces koksowania węgla na dwa etapy. W pierw-

szym, pozakomorowym, następuje termiczna obróbka mieszanki węglowej w odrębnym urządzeniu, nie związanym z baterią koksowniczą. Po tym etapie wsad węglowy kierowany jest do właściwego procesu koksowania w komorze koksowniczej (Salcewicz, Frankl 1961). Obróbka termiczna wsadu może być realizowana w dwóch wariantach technologicznych – wyłącznie podsuszanie wsadu lub połączenie podsuszania z dalszym jego podgrzewaniem. Zastosowanie termicznej preparacji wsadu daje szereg korzyści technologicznych, ale równocześnie występują pewne zjawiska niepożądane (Czaplicki 2007; Karcz, Strugała 2008; Reguła 2005; Żarczyński 2011).

Proces podsuszania polega na częściowym usuwaniu wilgoci (do ok. 5–6%) z mieszanki węglowej przez jej podgrzewanie do temperatury około 85°C. Ten wariant technologiczny zapewnia korzyści przy jednoczesnym ograniczeniu zjawisk niepożądanych do akceptowalnego minimum.

Proces podgrzewania umożliwia całkowite usunięcie wilgoci z mieszanki. Mieszanka podgrzewana jest do temperatury 150–200°C lub nawet wyższej. Załadunek komór koksowniczych tak podgrzaną mieszanką wymaga stosowania hermetycznych urządzeń załadunkowych, co wiąże się ze znacznymi nakładami inwestycyjnymi i kosztami eksploatacyjnymi oraz wysoką dyscypliną technologiczną. Wzrasta też ryzyko eksploatacyjne dla baterii koksowniczych, ponieważ intensyfikują się niepożądane i trudne technicznie do rozwiązania w skali przemysłowej efekty, takie jak:

- a) unoszenie pyłu z mieszanki podczas transportu i podawania do komory – ryzyko wybuchu lub/i pożaru,
- b) powstawania depozytu grafitowego na ścianach i sklepieniach komór (co powoduje tzw. „ciężkie biegi pieców”) oraz w otworach zasypowych,
- c) możliwość występowania nadmiernego ciśnienia rozprężania (zagrożenie dla masywu ceramicznego baterii),
- d) intensywne unoszenie pyłu węglowego do odbieralnika podczas podawania mieszanki do komory oraz w pierwszym okresie procesu koksowania, co może prowadzić do blokowania odbieralnika, a także pogorszenia jakości smoły,
- e) znaczna złożoność i wysokie koszty eksploatacji instalacji oczyszczania wyparów z suszarki.

W wyniku podsuszania wsadu możliwe jest uzyskanie m.in. następujących rezultatów (Poultney, Willmers 2000; Wakuri i in. 1985; Latocha 2011):

- a) znaczące obniżenie kosztów mieszanki wsadowej poprzez zmniejszenie udziału węgla typu 35 w mieszance bez pogorszenia jakości produkowanego koksu (lub zwiększenie udziału węgla typu 34, przy zachowaniu dotychczasowej jakości produkowanego koksu),
- b) poprawa efektywności energetycznej procesu koksowania,
- c) wydłużenie okresu eksploatacji baterii koksowniczych,
- d) zwiększenie zdolności produkcyjnych baterii (wzrost gęstości nasypowej wsadu).

Możliwość zwiększania udziału w mieszankach dostępnych na krajowym rynku węgla typu 34, przy zachowaniu dotychczasowej jakości koksu, jest głównym źródłem rentowności

projektu. Najważniejszym zagadnieniem jest określenie, jaki może być stopień substytucji tymi węglami węgla ortokoksowych. Częściowe, pozakomorowe usunięcie wilgoci z mieszanki oraz wyższa temperatura wsadu na początku procesu zwiększa żywotność masywu ceramicznego baterii. Mniejsza zawartość wilgoci sprzyja też wzrostowi gęstości nasypowej. Ponadto przy zmniejszonej zawartości wilgoci, a więc i krótszym czasie jej usuwania z komory, obserwowany jest przyrost zdolności produkcyjnej baterii koksowniczej.

Z tego względu Koksownia Zdzeszowice we współpracy z ICHPW w Zabrze, w ramach wspomnianego Programu, skoncentrowała swoje działania na ocenie możliwości zastosowania operacji podsuszania wsadu dla eksploatowanych baterii koksowniczych systemu zasypowego. Przesłanką takiej decyzji było dążenie do optymalizacji procesu przy uniknięciu nadmiernego ryzyka związanego z podgrzewaniem wsadu uwzględniające równocześnie bariery technologiczne właściwe dla funkcjonujących już obiektów produkcyjnych. Zastosowanie technologii podgrzewania wsadu dla już eksploatowanych baterii koksowniczych jest bardzo trudne technicznie a czasem wręcz niemożliwe, gdyż wymaga głębokiej ingerencji w istniejące już urządzenia i obiekty technologiczne.

Plan badań nad operacją podsuszania wsadu dla Koksowni Zdzeszowice obejmuje następujące zagadnienia:

- a) analizę wyników dotychczasowych badań krajowych i zagranicznych,
- b) zgromadzenie informacji dotyczących doświadczeń dot. eksploatacji instalacji podsuszania,
- c) analizę ekspercką,
- d) dobór mieszanek do badań w piecu testowym z ruchomą ścianą w CPM we Francji na podstawie analiz w skali półtechnicznej (instalacja Karbotest),
- e) przeprowadzenie w piecu testowym 400 kg z ruchomą ścianą w CPM we Francji serii prób koksowania mieszanek wilgotnych i podsuszonych w warunkach odwzorowujących panujące w bateriach koksowniczych systemu zasypowego w Koksowni Zdzeszowice,
- f) przygotowanie koncepcji technologicznej podsuszania wsadu dla bloku dwóch baterii koksowniczych systemu zasypowego w Koksowni Zdzeszowice,
- g) opracowanie uproszczonego modelu finansowego przedsięwzięcia, przy wykorzystaniu metod tradycyjnych i opcji rzeczowych.

Dotychczas uzyskane wyniki badań i analiz potwierdzają zasadność zastosowania operacji podsuszania wsadu dla baterii koksowniczych w Koksowni Zdzeszowice. W szczególności przeprowadzone trzy serie prób koksowania mieszanek wilgotnych (9%) i podsuszonych (5%) w piecu doświadczalnym 400 kg z ruchomą ścianą w Centre de Pyrolyse de Marienau we Francji (łącznie 22 testy: 11 dla mieszanek wilgotnych i 11 dla mieszanek podsuszonych) przyniosły szereg istotnych informacji, a w szczególności:

- a) potwierdziły możliwość zwiększenia zdolności produkcyjnej baterii koksowniczych o 6%,
- b) wykazały, że w trakcie koksowania podsuszanej mieszanki nie jest generowane ciśnienie rozprężania niebezpieczne dla masywu ceramicznego baterii,
- c) potwierdziły możliwość znacznego zwiększenia udziału węgla typu 34 w mieszance.

Najważniejszym zadaniem było określenie poziomu substytucji węgla typu 35 tańszymi węglami typu 34. Tabela 1 prezentuje ocenę spełnienia oczekiwań, co do jakości koksu produkowanego z mieszanek podsuszonych dla różnych udziałów węgla typu 34 w mieszankach, w piecu doświadczalnym 400 kg z ruchomą ścianą w Centre de Pyrolyse de Marienau we Francji.

TABELA 1

Ocena spełnienia oczekiwań co do jakości koksu produkowanego z mieszanek podsuszonych dla danego udziału węgla typu 34 w mieszance (testy w piecu doświadczalnym CPM)

TABLE 1

The expectation compliance assessment of the quality of coke produced of pre-heated blends for particular share of coal 34 type in CPM

Seria badań	I	I	I	II	II	II	III	III	III	III	III
Numer testu koksowania podsuszonego wsadu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zawartość węgla t. 34 w mieszance [%]	10	20	30	10	20	30	10	10	20	30	30
Zgodność z oczekiwaniami	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Parametry statystyczne badania											
Średnia próby	0,73										
Odchylenie standardowe próby	0,47										
Wariancja próby	0,22										
Zmienność	64%										
Wyniki pozytywne	8 (73%)										
Wyniki negatywne	3 (27%)										

Uzyskane wyniki badań – jakkolwiek generalnie pozytywne w zakresie spełnienia oczekiwań jakościowych wyprodukowanego koksu (73%) – nie są jednak wystarczające dla podjęcia decyzji inwestycyjnej o budowie instalacji podsuszania wsadu dla bloku dwóch baterii koksowniczych systemu zasypowego. Ryzyko takiej inwestycji jest nieakceptowane, ponieważ:

- a) zgodnie z wynikami badań istnieje prawdopodobieństwo wynoszące 27% niezyskania zadawalającego stopnia substytucji węgla typu 35 przez tańsze typu 34,
- b) nie można wprost przenosić wyników uzyskanych w piecu 400 kg na warunki konkretnych baterii koksowniczych.

W związku z tym podjęto decyzję o kontynuacji badań w skali przemysłowej. W tym celu zaplanowana jest budowa instalacji doświadczalnej do badań wpływu podsuszania wsadu na proces koksowania w bateriach koksowniczych. Do kalkulacji wartości projektu badawczo-rozwojowego z opcją wdrożenia instalacji podsuszania wsadu w koksowni w skali przemysłowej, zastosowano rachunek opcyjny.

2. Przesłanki stosowania opcji rzeczowych w ocenie przedsięwzięć inwestycyjnych

Jednym z podstawowych problemów przy podejmowaniu decyzji dotyczących inwestycji strategicznych jest konieczność podejmowania wiążących, często nieodwracalnych decyzji w sytuacji, gdy wiedza o możliwych efektach jest ograniczona, a nawet wątpliwa (Obłój 2007; Karcz i in. 2007; Karcz i in. 2006; Żarczyński 2008). Tradycyjne, dyskontowe metody oceny przedsięwzięć inwestycyjnych, jakkolwiek poprawne i szeroko stosowane, posiadają jednak szereg niedoskonałości, które w specyficznych przypadkach mogą prowadzić do błędnych wniosków. Główne problemy w stosowaniu tradycyjnych metod oceny przedsięwzięć opartych na rachunku dyskontowym (IRR, NPV), to (Ziarkowski 2004; Kobyłańska, Kudelko 2005; Mizerka 2005; Cirano, Lasserre 2004; Saługa 2011):

- niejednoznaczności efektów wynikające z przyjętej stopy dyskontowej oraz trudności w jej prawidłowym doborze,
- niepełne uwzględnienie nieodwracalności wydatkowanych nakładów inwestycyjnych – niskie prawdopodobieństwo ponownej wymiany nakładów poniesionych na aktywa z powrotem na środki pieniężne tej samej wartości,
- uproszczenie opisu niepewności towarzyszącej realizacji przedsięwzięcia i postępowanie się oczekiwanymi przepływami pieniężnymi,
- zawężenie możliwych decyzji wyłącznie do realizacji lub odrzucenia,
- ignorowanie możliwości reakcji decydenta na zmieniającą się sytuację (elastyczność zarządu/zarządzania) – metoda oparta na NPV nie daje możliwości operowania czasem, np. opóźnienie wykonania projektu oraz zmiana wcześniej podjętej decyzji np. zmniejszenia lub zwiększenia skali działalności, czy też zmiana parametrów (np. zmiana technologii, zmiana surowców, produktów), a nawet zaniechania wykonania projektu w reakcji na zmiany w otoczeniu,
- brak możliwości kwantyfikacji wartości elastyczności opcji operacyjnych projektu, które wskazują na wybór niekoniecznie najtańszego rozwiązania technologicznego,
- ignorowanie wpływu projektu na przyszłe szanse inwestycyjne przedsiębiorstwa – metody dyskontowe nie posiadają możliwości uwzględniania powstających w wyniku realizacji projektu przyszłych opcji działania, pozyskiwania *know-how*, stanowiących wartość dla inwestora.

Ograniczenia te mogą zostać przewyżczone poprzez wykorzystanie analizy opcji rzeczowych przy ocenie przedsięwzięć inwestycyjnych. Opcje rzeczowe, ze względu na swój charakter, lepiej uwzględniają to, że:

- prawdopodobieństwa i prognozy zdarzeń oraz ich wartości zmieniają się w czasie,
- zmienność sytuacji powinna być traktowana jako szansa – może wpłynąć zarówno pozytywnie, jak i negatywnie na wartość projektu,
- w czasie realizacji projektu występuje wiele momentów decyzyjnych, które mogą zmienić kierunek jego rozwoju.

Spśród różnych warunków podejmowania decyzji inwestycyjnych za kluczowe należy uznać: niepewność rezultatu projektu oraz możliwość reakcji na zmieniające się warunki.

MOŻLIWOŚĆ REAGOWANIA	WYSOKA	ELASTYCZNOŚĆ NIE JEST ISTOTNA NPV	ZNACZĄCA WARTOŚĆ ELASTYCZNOŚCI OPCJE RZECZOWE
	NISKA	PRZEWIDYWALNY I STABILNY PROJECT NPV	ZAKŁAD NPV
		NISKA	WYSOKA

NIEPEWNOŚĆ
REZULTATÓW PROJEKTU

Rys. 1. Zakres wykorzystania opcji rzeczowych (Ziarkowski 2004)

Fig. 1. Areas of using the real options analysis (Ziarkowski 2004)

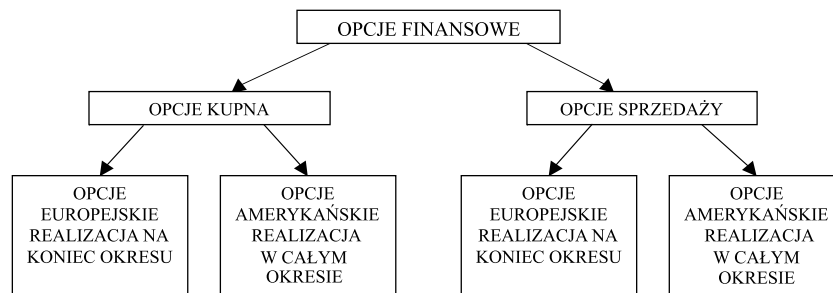
Rysunek 1 przedstawia możliwe warunki realizacji projektu oraz obszar wykorzystania opcji rzeczowych.

2.1. Problematyka doboru stopy dyskontowej

W literaturze przedmiotu trwa dyskusja nad prawidłowością doboru stopy dyskontowej do aktualizacji przepływów pieniężnych. Autorzy zwracają uwagę, że dla projektów o długim okresie realizacji przyjęcie zbyt wysokiej i niezmiennej stopy dyskontowej powoduje dyskusyjne wyniki w procesie aktualizacji wartości strumieni pieniężnych w kolejnych latach. Rozwiązaniem może być stosowanie zmiennej stopy dyskontowej. W pierwszym okresie realizacji projektu (dotyczy zwłaszcza okresu ponoszenia nakładów inwestycyjnych), kiedy ryzyko jest stosunkowo dobrze oszacowane, przyjęcie zbyt wysokiej stopy procentowej może doprowadzić do nieuzasadnionego i nadmiernego dyskontowania negatywnych strumieni pieniężnych, a w konsekwencji do zawyżenia zaktualizowanej wartości projektu (Ziarkowski 2004). Natomiast przy aktualizacji przepływów pieniężnych dla projektów długoterminowych stosowanie stałej stopy procentowej może skutkować niedoszacowaniem później występujących przepływów pieniężnych. Dobrym rozwiązaniem może być zastosowanie dla tego etapu realizacji projektu degresywnej stopy dyskontowej, proporcjonalnej do niepewności malejącej z czasem (Saługa 2011).

3. Geneza i charakterystyka opcji rzeczowych

Opcje rzeczowe wywodzą się z opcji finansowych. W opcjach finansowych jedna strona (wystawca, sprzedawca opcji) przyznaje za określoną cenę (cena nabycia, zakupu) drugiej stronie (nabywca, posiadacz opcji) prawo (bez obowiązku) do zakupu lub sprzedaży określonego waloru w określonym czasie (czas do wygaśnięcia opcji). Występują dwa rodzaje opcji finansowych: opcje kupna (*call options*) i sprzedaży (*put options*) (Ziarkowski 2004). Rysunek 2 przedstawia rodzaje opcji finansowych.



Rys. 2. Rodzaje opcji finansowych

Fig. 2. Types of finance options

Idea opcji rzeczowych opiera się na podobnych założeniach jak opcje finansowe. Opcja rzeczowa to prawo, bez obowiązku, do przedsięwzięcia określonych działań po określonych z góry kosztach (koszt realizacji opcji), w danym okresie (czas trwania opcji) (Antocarov, Copland 2001). Nabycie takiego prawa wymaga zapłaty wystawcy opcji ceny opcji (koszt zakupu opcji). Opcja jest rzeczowa, gdy aktywo bazowe, na które jest wystawiona, to inwestycja rzeczowa generująca przepływy pieniężne z jej realizacji oraz wartość wszystkich późniejszych opcji związanych z posiadaniem tego aktywa.

Opcje rzeczowe, analogiczne do opcji finansowych, charakteryzowane są przez następujące parametry podstawowe:

- a) koszt nabycia opcji,
- b) koszt realizacji opcji – np. wartość nakładów, jakie inwestor musi ponieść przy decyzji o realizacji opcji rzeczowej,
- c) wartość przepływów uzyskanych z projektu – uzyskana wartość przyszłych przepływów generowanych przez dany projekt, w wyniku decyzji o jego realizacji,
- d) czas pozostały do wygaśnięcia opcji rzeczowej,
- e) niepewność oczekiwanych wartości przepływów z projektu,
- f) stopa procentowa wolna od ryzyka.

3.1. Klasyfikacja podstawowych opcji rzeczowych

W polskiej literaturze fachowej utrwalił się podział zaproponowany przez L. Trigeorgisa, który wyróżnił następujące podstawowe opcje rzeczowe (Trigeorgis 1996; Pera 2012):

- a) opcja odroczenia realizacji projektu,
- b) opcja wzrostu,
- c) opcja rezygnacji z realizacji projektu,
- d) opcja zmiany skali działalności, w tym: opcja rozszerzenia, zmniejszenia, wstrzymania lub wznowienia produkcji,
- e) opcja zmiany trybu operacyjnego w zakresie stosowanych surowców, portfela produktów lub nawet stosowanych technologii,
- f) opcja etapowej realizacji inwestycji.

Do wyceny powyższych opcji zbudowano szereg modeli. Niemniej jednak ze względu na szeroki zakres definicji opcji rzeczowej, wiele nowych przypadków zostanie dopiero opisanych; dla takich przypadków zapewne zostaną sformułowane modele wyceny wartości.

4. Opcje rzeczowe jako narzędzie analityczne oceny efektywności finansowej przedsięwzięć w odniesieniu do metody NPV

Najważniejszą cechą rachunku opcyjnego jest uwzględnienie tkwiącej w otoczeniu niepewności jako szansy oraz możliwości aktywnego zarządzania projektem podczas jego trwania oraz kwantyfikacja tych wartości. W taki właśnie sposób rachunek opcyjny dopełnia klasyczne dyskontowe metody oceny przedsięwzięć inwestycyjnych, jeżeli jego zastosowanie jest celowe (rys. 1). Rachunek opcyjny uzupełnia tradycyjne metody oceny efektywności inwestycji o wartość elastyczności projektu, czyli o wartość opcji rzeczowych tkwiących w projektach oraz wartość wzajemnych relacji pomiędzy tymi opcjami, zgodnie z poniższą zależnością (Ziarkowski, 2004; Pera 2010):

$$\text{WARTOŚĆ INWESTYCJI} = \text{NPV} + \text{WARTOŚĆ ELASTYCZNOŚCI} \quad (1)$$

$$\text{ROV} = \text{NPV} + \text{ROVe} \quad (2)$$

gdzie:

- ROV – wartość opcji rzeczowej projektu (wartość strategiczna projektu),
- NPV – wartość zaktualizowana netto,
- ROVe – pieniężny ekwiwalent wartości elastyczności projektu.

5. Ocena projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu metodą opcji rzeczowych

W celu wyceny projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu, przeprowadzono analizę opłacalności inwestycji, dla następujących wariantów:

- a) Wariant I – rozważono wdrożenie operacji podsuszania wsadu w trzecim roku analizy bez przeprowadzenia dodatkowych prób przemysłowych, na podstawie obecnego stanu wiedzy – tradycyjny rachunek zdyskontowanych przepływów pieniężnych.
- b) Wariant II – rozważono wdrożenie operacji podsuszania wsadu w trzecim roku z przeprowadzeniem dodatkowych prób przemysłowych w ciągu trzech lat. Zakłada się, że projekt będzie realizowany (wykonanie opcji), jeżeli próby te przyniosą poznanie technologii pozwalającej na oczekiwaną (pełną) substytucję węgla ortokoksowych (typ 35) węglami gazowo-koksowymi (typ 34) w mieszance. Przy takim podejściu koszty ponoszone na badania są ceną nabycia opcji, która w rozważanym przypadku ma charakter

klasycznej europejskiej opcji kupna. Opcyjny szacunek opłacalności inwestycji przeprowadzono z wykorzystaniem równania Blacka-Scholesa i przez porównanie do wyceny metodą NPV wyceniono wartość elastyczności tak zdefiniowanego etapowego projektu badawczo-rozwojowego.

Analizę przeprowadzono przy następujących założeniach:

- w obu wariantach nakłady inwestycyjne na przemysłową instalację podsuszania wsadu dla bloku dwóch baterii koksowniczych zostaną poniesione w trzecim roku,
- w wariantcie II założono, że badania zostaną przeprowadzone w 1 i 2 roku analizy,
- w obu wariantach przyjęto analizę opłacalności inwestycji dla okresu 5 lat – od 4–8 roku,
- ze względu na znane i znikome ryzyko, dyskontowanie nakładów na badania i inwestycje przeprowadzono stopą procentową wolną od ryzyka i wynoszącą 5%,
- przepływy z okresu eksploatacji inwestycji dyskontowano stopą procentową wyrażającą oczekiwaną stopę zwrotu inwestora i wynoszącą 15%,
- wszystkie wielkości finansowe wyrażono w umownych jednostkach pieniężnych.

Wariant I

Dla przedstawionego w rozdziale 1 projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu dla bloku dwóch baterii zasypowego systemu napełniania komór, dokonano oceny wartości zaktualizowanej netto tradycyjnymi metodami dyskontowymi. Przyjęto, że miarą sukcesu jest możliwość substytucji 20% węgla typu 35 przez węgle typu 34 (w odniesieniu do aktualnej mieszanki bazowej). Tradycyjny rachunek dyskontowy dla takiej sytuacji przedstawia tabela 2.

TABELA 2

Kalkulacja zaktualizowanej wartości netto dla wdrożenia operacji podsuszania wsadu dla zespołu 2 baterii koksowniczych przy założeniu pełnego sukcesu inwestycji (substytucja 20% T35)

TABLE 2

Net present value evaluation of the full success coal blend pre-drying operation implementation for set of 2 COBs (substitution of 20% coal 35 type)

Rok	Nakłady na projekt	CF	Czynnik aktualizacji		Wartość zaktualizowana
	[j.p.]	[j.p.]	5%	15%	[j.p.]
0			1,00		
1			0,95		
2			0,91		
3	-100		0,86		-86,0
4		81,56		0,57	46,6
5		81,56		0,50	40,6
6		81,56		0,43	35,3
7		81,56		0,38	30,7
8		81,56		0,33	26,7
Razem	-100	407,82		NPV	93,4

TABELA 3

Kalkulacja zaktualizowanej wartości netto dla wdrożenia operacji podsuszania wsadu dla zespołu 2 baterii koksowniczych przy założeniu niepowodzenia inwestycji (substytucja 5% T35)

TABLE 3

Net present value evaluation of the failed coal blend pre-drying operation implementation for set of 2 COBs (substitution of 5% coal 35 type)

Rok	Nakłady na projekt [j.p.]	CF [j.p.]	Czynnik aktualizacji		Wartość zaktualizowana [j.p.]
			5%	15%	
0			1,00		
1			0,95		
2			0,91		
3	-100		0,86		-86,0
4		17,71		0,57	10,1
5		17,71		0,50	8,8
6		17,71		0,43	7,7
7		17,71		0,38	6,7
8		17,71		0,33	5,8
Razem	-100	88,54		NPV	-47,4

TABELA 4

Oczekiwana wartość zaktualizowana netto operacji podsuszania wsadu dla zespołu 2 baterii koksowniczych

TABLE 4

Expected NPV of the coal blend pre-drying operation for set of 2 COBs

Rok	Nakłady na projekt [j.p.]	CF [j.p.]	Czynnik aktualizacji		Wartość zaktualizowana [j.p.]
			5%	15%	
0			1,00		
1			0,95		
2			0,91		
3	-100		0,86		-86,4
4		64,3		0,57	36,8
5		64,3		0,50	32,0
6		64,3		0,43	27,8
7		64,3		0,38	24,2
8		64,3		0,33	21,0
Razem	-100	321,6		NPV	55,4

Zgodnie z wynikami badań w CPM (tab. 1) sytuacja taka może wystąpić z prawdopodobieństwem wynoszącym 73%. Natomiast ryzyko, że nie zostanie osiągnięta substytucja na poziomie 20% wynosi 27%. Do obliczeń przyjęto, że w niekorzystnym przypadku możliwa będzie substytucja tylko 5% węgla typu 35 przez 34 w odniesieniu do mieszanki bazowej. Kalkulację efektywności finansowej dla takiego przypadku przedstawia tabela 3.

Zgodnie z posiadaną wiedzą o prawdopodobieństwie powodzenia lub niepowodzenia inwestycji, obliczono średnio ważoną efektywność instalacji podsuszania wsadu (tab. 4).

Podsumowując wyniki analizy dla I wariantu, zakładającego wdrożenie instalacji podsuszania wsadu bez dodatkowych prób komorowych, uzyskiwana jest NPV projektu wynosząca 55,4 j.p. przy zainwestowaniu 100 j.p. w rozważanym horyzoncie czasu.

Wariant II

Zgodnie z założeniami wariantu II (a także zgodnie z planami przedsiębiorstwa) wdrożenie projektu podsuszania wsadu w skali przemysłowej dla bloku dwóch baterii koksowniczych systemu zasypowego w trzecim roku zostanie poprzedzone realizacją trwającego trzy lata (lata: 0, 1, 2) programu badawczego na obiektach przemysłowych. Kosztem realizacji tego projektu jest cena nabycia opcji zakupu. Opcja ta polega na uzyskaniu przez inwestora prawa do realizacji projektu, jeżeli wyniki badań będą pozytywne lub jego

TABELA 5

Wartość zaktualizowana netto realizacji projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu dla zespołu 2 baterii koksowniczych

TABLE 5

NPV of the pre-drying operation R&D project implementation for set of 2 COB

Rok	Nakłady na badania I_b	Nakłady inwestycyjne I_o	CF	Czynnik aktualizacji		Zaktualizowane nakłady na badania DI_b	Zaktualizowane nakłady inwestycyjne DI_o	DCF z realizacją projektu
	[j. p.]	[j. p.]		5%	15%	[j. p.]	[j. p.]	[j. p.]
0	-0,8			1,0		-0,80		
1	-0,8			0,95		-0,76		
2	-0,8			0,91		-0,73		
3		-100		0,86			-86,4	
4			81,56		0,57			46,6
5			81,56		0,50			40,6
6			81,56		0,43			35,3
7			81,56		0,38			30,7
8			81,56		0,33			26,7
Razem	-2,4	-100	407,82			-2,3	-86,4	179,8
							NPV	91,1

odrzućenia, gdy wyniki badań na konkretnych obiektach przemysłowych nie potwierdzą dotychczasowych ustaleń z badań opisanych w punkcie 2. Zgodnie z konwencją stosowania opcji rzeczowych, po zdefiniowaniu problemu i opcji tkwiących w projekcie dokonano oszacowania wartości projektu metodą zdyskontowanych przepływów pieniężnych (tab. 5). Oszacowanie to pozwoli na określenie wartości elastyczności projektu po jego wycenie metodą opcji rzeczowych.

Jak widać z przedstawionej kalkulacji NPV projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu wynosi 91,1 j.p. W porównaniu do wariantu pierwszego, który zakładał realizację projektu bez prowadzenia dodatkowych badań w skali komorowej, nastąpił znaczny przyrost wartości projektu – 55,4 j.p. do 91.1 j.p. (o 64,5%). Nadal jednak nie jest znana wartość elastyczności projektu, czyli wartość możliwości przerwania jego realizacji, jeżeli badania – o wartości bieżącej 2,4 j.p. – nie przyniosą pozytywnych rezultatów. W celu oszacowania pieniężnego ekwiwalentu tej elastyczności projektu (*ROVe*), niezbędne jest zastosowanie rachunku opcji rzeczowych. Jak już wspomniano, rozważany projekt badawczo-rozwojowy posiada cechy klasycznej europejskiej opcji kupna. Do oszacowania wartości opcji rzeczowej projektu wykorzystano równania Blacka i Scholesa, którzy za jego opracowanie otrzymali w 1997 roku nagrodę Nobla z dziedziny ekonomii (Ziarkowski 2004; Pera 2010; Saługa 2011):

$$C_0 = DCF \cdot N(d_1) - I_0 \cdot e^{-\ln(1+r)t} \cdot N(d_2) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{DCF}{I_0}\right) + (\ln(1+r) + 0,5 \cdot \delta^2) \cdot t}{\delta \cdot \sqrt{t}} \quad (4)$$

$$d_2 = d_1 - \delta \cdot \sqrt{t} \quad (5)$$

gdzie:

- C_0 – wartość opcji kupna,
- DCF – zdyskontowane przepływy pieniężne z realizacji inwestycji,
- I_0 – koszt realizacji opcji (nakłady inwestycyjne na projekt),
- t – czas do wygaśnięcia opcji,
- δ – zmienność projektu,
- r – stopa procentowa wolna od ryzyka.

Do obliczeń wykorzystano następujące wartości: DCF = 179,8 j.p., $I_0 = 100$ j.p., $t = 2$, $\delta = 64\%$ (na podstawie wyników prób w CPM) oraz $r = 5\%$.

Obliczone wartości wyniosły odpowiednio: $d_1 = 1,215$, $d_2 = 0,107$.

Z tablic dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego przyjęto: $N(d_1) = 0,888$ oraz $N(d_2) = 0,543$. Zatem wartość opcji zakupu wynosi: $C_0 = 112,8$ j.p.

Aby uzyskać wartość opcji rzeczowej ROV, trzeba od wartości opcji kupna odjąć koszt nabycia tej opcji, czyli zdyskontowaną wartość badań DI_b , zgodnie ze wzorem:

$$ROV = C_0 - DI_b \quad (6)$$

Wartość opcji rzeczowej projektu wynosi więc: $ROV = 112,8 - 2,3 = 110,5$ j.p.
Zgodnie ze wzorem (2) ustalono ostatecznie wartość elastyczności projektu:

$$ROV_e = ROV - NPV \quad (7)$$

Wyniosła ona $ROV_e = 19,4$ j.p.

Przeprowadzona analiza pokazuje, że elastyczność projektu badawczo-rozwojowego wdrożenia instalacji podsuszania wsadu ma znaczną wartość wynoszącą 19,4 j.p., co stanowi aż 21,1% NPV określonego tradycyjnymi metodami dyskontowymi. Jednocześnie uzyskana wartość elastyczności projektu inwestycyjnego poprzez zakup opcji na realizację projektu inwestycyjnego, czyli przez podjęcie decyzji o przeprowadzeniu badań wpływu podsuszania w skali przemysłowej, znacznie przewyższa koszt nabycia takiej możliwości przez inwestora. Przy wydatkowaniu 2,3 j.p. na zakup opcji inwestor uzyskuje elastyczność zarządzania wartą 19,1 j.p. Przeprowadzona analiza rzeczywistego przypadku projektu badawczo-rozwojowego w koksowni dowodzi, że możliwe jest piętne wyrażenie wartości intuicyjnie podejmowanej decyzji, jaką była decyzja o realizacji badań w skali przemysłowej.

Podsumowanie

W warunkach wysokiej niepewności otoczenia przedsiębiorstwa niezbędne jest ostrożne podejście do realizacji projektów innowacyjnych. Jedynie poprawnym i koniecznym do realizacji sposobem zarządzania ryzykiem jest jego prawidłowa kwantyfikacja i uwzględnianie opcji tkwiących w podejmowanych działaniach. Przeprowadzona analiza zrealizowanego projektu badawczo-rozwojowego prezentuje, jak można w praktyce zastosować rachunek opcyjny do oszacowania ryzyka. Decyzja o przeprowadzeniu dodatkowych badań zwiększa NPV projektu z 55,4 j.p. do 91,1 j.p. przy koszcie badań wynoszących 2,4 j.p. Koszty badań stanowią cenę nabycia opcji kupna tegoż projektu. Ponosząc takie nakłady inwestor uzyskuje prawo do realizacji bądź zaniechania projektu wdrożenia operacji podsuszania wsadu. Jeżeli wyniki prób komorowych będą niekorzystne, nie będą ponoszone żadne nakłady inwestycyjne. Zastosowany rachunek opcji rzeczowych pozwolił na wyznaczenie uzyskiwanej w ten sposób elastyczności decyzyjnej na 19,4 j.p., co stanowi aż 21,1% NPV projektu ocenianego tradycyjną metodą dyskontową i jednocześnie wartość tak uzyskanej elastyczności jest prawie 8,5 razy wyższa niż kwota poniesiona na jej uzyskanie.

Przedstawiony przykład dowodzi, że możliwe i zasadne jest stosowanie rachunku opcji rzeczowych do oceny przedsięwzięć inwestycyjnych w koksownictwie, zwłaszcza gdy charakteryzują się one złożonością i niepewnością. Jednocześnie niezbędne jest prowadzenie dalszych prac nad wdrożeniem rachunku opcyjnego do bardziej skomplikowanych zagadnień inwestycyjnych.

Praca wykonana w ramach projektu kluczowego nr POIG.01.01.02-24-017/08 „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki” dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

LITERATURA

- Antocarov V., Copland T., 2001 – Real options a practitioner's guide. Texere, New York.
- Cirano I., Lasserre P., 2004 – A real options approach to technological portfolio diversification. Universitet of Quebec and Montreal, Canada.
- Czaplicki A., 2007 – Poduszanie wsadu przed koksowaniem. Karbo.
- Karcz i in. 2006 – Karcz A., Kwaśniewski K., Strugała A., 2006 – Analiza wpływu wybranych czynników makro i mikroenergetycznych na ocenę strategii rozwoju koksowni. *Polityka Energetyczna*, t. 9, z. spec., s. 107–117.
- Karcz i in. 2007 – Karcz A., Kwaśniewski K., Strugała A., 2007 – Ocena ryzyka przedsięwzięć innowacyjnych w koksownictwie. *Karbo*, vol. 52, wyd. specjalne, s. 14–21.
- Karcz A., Strugała A., 2008 – Zwiększenie szans wykorzystania krajowej bazy węgla koksowych poprzez działania technologiczne w zakresie przygotowania mieszanek wsadowych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 24, Kraków.
- Kobylańska M., Kudełko J., 2005 – Opcje realne w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w geologii i górnictwie. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 21, z. spec.
- Latocha i in. 2011 – Latocha W., Kaczmarek W., Strugała A., Żarczyński P., 2011 – Rozszerzenie bazy węglowej polskiego koksownictwa poprzez wdrożenie wstępnego poduszania wsadu oraz zastosowanie węgla importowanych. *Polityka Energetyczna*, t. 14, z. 2; IGSMiE PAN, Kraków.
- Mizerka J., 2005 – Opcje rzeczywiste w finansowej ocenie efektywności inwestycji. Wyd. AE w Poznaniu, ISBN 83-7417-111-1.
- Obłój K., 2007 – Strategia organizacji (Strategy of organization). PWE, Warszawa, ISBN 83-208-1633-5.
- Pera K., 2010 – Zintegrowana ocena efektywności finansowej projektu inwestycyjnego. Wyd. AE w Katowicach, Katowice, ISBN 978-83-7246-422-7.
- Poultney R.M., Willmers R.R., 2000 – Assessment of coal pre-treatment systems. The Coke oven Managers' year-book.
- Reguła R., 2005 – Analiza możliwości poduszania wsadu w warunkach ZK Zdzeszowice i wynikających stąd efektów. Praca dyplomowa niepublikowana, AGH Kraków.
- Saługa P., 2011 – Elastyczność decyzyjna w procesach wyceny projektów geologiczno-górnictwowych. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, ISBN 978-83-60195-24-6.
- Trigeorgis L., 1996 – Real options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. The MIT Press Cambridge, London, ISBN 0-262-20102-X.
- Wakuri i in. 1985 – Wakuri S., Hosokawa K., Ohno M., Nakagawa K., Takanohashi Y., Ohnishi T., Kushioka K., Konno Y., 1985 – New Moisture Control System of Doal for Coking. Chiba Institute of Technology in Narashino, The Iron and Steel Institute of Japan.
- Ziarkowski R., 2004 – Opcje rzeczowe oraz ich zastosowanie w formułowaniu i ocenie projektów inwestycyjnych. Wyd. AE w Katowicach, Katowice, ISBN 82-7246-301-8.
- Żarczyński P., 2008 – Metodyka wyceny i możliwości aplikacji opcji rzeczowych w przemyśle koksowniczym. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 24, z. 33, IGSMiE PAN, Kraków.

Żarczyński P., 2011 – Ocena efektywności operacji podsuszania wsadu do procesu koksowania. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2011, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Grupa Naukowa Pro Futuro, Kraków, ISBN 978-83-88519-12-3.

MINIMALIZACJA RYZYKA WDRAŻANIA NOWYCH TECHNOLOGII W PRZEMYSŁE KOKSOWNICZYM PRZEZ ETAPOWĄ REALIZACJĘ ZŁOŻONEGO PROJEKTU BADAWCZO-ROZWOJOWEGO JAKO OPCJI RZECZOWEJ

Słowa kluczowe

Przemysł koksowniczy, opcje rzeczowe, zarządzanie strategiczne, decyzje strategiczne, optymalizacja wykorzystania ograniczonych zasobów, projekt badawczo-naukowy, rozwój technologiczny

Streszczenie

Spowolnienie gospodarcze w Europie i świecie w szczególny sposób oddziałuje na tradycyjne branże przemysłu. Polskie koksownie od kilku lat systematycznie modernizowały swój potencjał produkcyjny i nadal prowadzą i planują działalność rozwojową. W obecnych warunkach strategia koksowni powinna być ukierunkowana z jednej strony na unikanie zbędnego ryzyka, a więc wdrażanie znanych technologii. Jednocześnie inwestycje w nowe i innowacyjne technologie jako niosące w sobie dużą zmienność powinny być postrzegane jako szansa. W warunkach znacznej niepewności niezbędna jest jednak zmiana podejścia do oceny przedsięwzięć inwestycyjnych. Tradycyjny rachunek dyskontowy ze względu na swój statyczny charakter – nie uwzględniający zmienności i opcji tkwiących w projektach oraz wielości momentów decyzyjnych – może okazać się już niewystarczający. Pomocnym narzędziem dla decydentów jest w takich warunkach rachunek opcji rzeczowych. W artykule przedstawiono dotychczasowe wyniki projektu badawczo-rozwojowego polegającego na wdrożeniu operacji podsuszania wsadu realizowanego przez Koksownię Zdzeszowice i ICHPW w Zabrze. Omówiono uzyskane wyniki i związane z nimi ryzyka. Przedstawiono dalsze zamierzenia rozwoju tego projektu, zakładające budowę przemysłowej instalacji badawczej do badania wpływu podsuszania na proces koksowania. Scharakteryzowano przesłanki zastosowania rachunku opcji rzeczowych do oceny przedsięwzięć inwestycyjnych charakteryzujących się dużą niepewnością rezultatów. Przedstawiono genezę i podział opcji rzeczowych oraz warunki ich stosowania w porównaniu do tradycyjnych dyskontowych metod oceny projektów. Omówiono genezę i parametry charakterystyczne opcji rzeczowych. W następnej części dokonano wyceny przedsięwzięcia badawczo-rozwojowego wdrożenia operacji podsuszania wsadu dla zespołu dwóch baterii koksowniczych metodą NPV oraz metodą opcji rzeczowych. Do oceny wartości opcji rzeczowej tego projektu, będącego klasyczną europejską opcją kupna, wykorzystano równanie Blacka-Scholesa. Dokonano porównania uzyskanych wyników i ustalono wartość elastyczności tkwiącą w analizowanym projekcie badawczo-rozwojowym.

THE RISK MINIMALIZATION OF INTRODUCING NEW TECHNOLOGIES IN COKE MAKING INDUSTRY THROUGH STAGE IMPLEMENTATION OF THE COMPOSED R&D PROJECT AS A REAL OPTION

Key words

Coke industry, real options, strategic management, strategic investment decisions, limited resources optimal allocation, R&D project, technological development

Abstract

The economic downturn in Europe and in the world, has affected the traditional branches of industry in a particular way. Development plans of domestic coke plants in terms of main production assets for the next years have been presented. Taking into account the current market situation, the coke plants strategy should aim at risk

minimization through application of already known technologies. On the other hand, investments in scope of new and innovative technologies which are connected with a high level of variability, should be seen as an opportunity. Thus, evaluation of investment projects should be done in a different way than so far. The traditional discount analysis, because of its static nature, does not take into account variability and options included in projects with many decision moments – it can prove to be not sufficient. A tool which helps the decision makers in such situations, is the real options analysis. The article presents the findings of the research-development project on coal blend pre-drying implementation, realized by Zdzeszowice Coke Plant and ICHPW in Zabrze. The results achieved so far, as well as the concerns resulting from the project, have been discussed in this article. Further project development plans, aiming at the construction of a semi industrial research installation for analysing the impact of pre-drying on the coke making process have been presented. The article describes premises for the application of real options analysis as a tool to evaluate projects, the results of which are uncertain. The origin and structure of real options as well as the conditions of their application compared to traditional, discount based project evaluation methods, have been presented. The origin and characteristic parameters of real options have been discussed. In the next part, by applying the NPV and real options method, the research-development undertaking of coal blend pre-drying implementation on two coke batteries, has been evaluated. In order to assess the real option's value of the project, which is a classic European call option, the Black-Scholes formula has been used. The achieved results have been compared as well as the flexibility rate of the analyzed research-development project has been defined.

