

Jacek KORSKI
Zabrze

SELEKTYWNE WYBIERANIE ODKRYWKOWE ZANIECZYSZCZONEGO POKŁADU WĘGLA MASZYNAMI FREZUJĄCYMI JAKO PRZYKŁAD UPRASZCZANIA PROCESU LOGISTYCZNEGO I KOSZTÓW

Streszczenie. W referacie przedstawiono możliwość wykorzystania analizy procesowo-logistycznej do usprawniania i projektowania procesu podstawowego w odkrywkowej kopalni węgla kamiennego. W wyniku analizy wynikowej usprawnienie procesu wydobywania węgla bardzo różniło się od pierwotnie rozpatrywanego rozwiązania, a jednocześnie pozwoliło obniżyć koszty działalności operacyjnej.

MARBLEAD COAL SEAM SELECTIVE EXTRACTION IN OPEN PIT AS EXAMPLE OF LOGISTIC PROCESS FACILILITATION AND COST DECREASING

Summary. In article is shown implementation of logistic-process analysis for possibility for designing and facilitation of mainstream proces in open cast coal mine. As a real result excavating process was facilitated and completly different than expected before. Basic decision for processing plan construction was changed and,operatinal costs decreasaed.

1. Wprowadzenie

Przedstawione poniżej studium jest przykładem zastosowania analizy procesowo-logistycznej do zmiany procesu podstawowego w jednej z odkrywkowych kopalń węgla w azjatyckiej części Rosji. W toku dyskusji nad koncepcją wyposażenia odkrywkowej kopalni węgla kamiennego w zakład wzbogacania poprzez rzeczową analizę procesu podstawowego i procesów pomocniczych autor, dokonując analizy procesowo-logistycznej, wskazał wady koncepcji w odniesieniu do miejscowych warunków. Następnie

zaproponowano inne znane rozwiązanie, charakteryzujące się znacznym uproszczeniem procesu podstawowego, i eliminację wielu operacji i procesów pomocniczych. Frezujące maszyny urabiające są w górnictwie światowym rozpowszechnione. W podziemnym górnictwie węgla kamiennego frezujące maszyny urabiające stanowią podstawowe wyposażenie wszystkich niemal zmechanizowanych systemów wybierania. W odkrywkowym górnictwie węgla kamiennego najbardziej rozpowszechniona jest triada urządzeń: wiertnica samojezdna - koparka linowa - koparka przedsiębierna. Z reguły samojezdne wiertnice wykorzystuje się do robót strzałowych związanych z rozluźnianiem nadkładu oraz (odrębnie) pokładu węgla. Koparki linowe wykorzystywane są głównie do zdejmowania nadkładu i, znacznie rzadziej, do ładowania urobionego techniką strzelniczą pokładu węgla. Najczęściej jednak do urabiania i ładowania urobku węglowego służą przedsięberne koparki o dużej mocy i pojemności łyżki (czerpaka), często maszyny konstruowane są celowo jako maszyny urabiająco – ładujące o mocniejszej konstrukcji w stosunku do standardowych koparek. Takie rozwiązania w przypadku jednorodnego, grubego pokładu węgla stanowią wraz z samochodami – wywrotkami o bardzo dużej ładowności sprawny i efektywny system technologiczny. Występowanie niejednorodnego pokładu węgla przerośniętego nieregularnie rozmieszczonymi warstwami zanieczyszczeń powoduje duże wahania jakości urobku węglowego w zależności od miejsca i sposobu pobierania węgla przez koparkę. Duża pojemność czerpaka koparki powoduje, że powstają w ten sposób duże „porcje” istotnie różniące się od siebie urobku. W przypadku dużych wymagań odbiorcy (odbiorców) może to być przyczyną reklamacji, strat i w ostateczności utraty klienta. Jako metodę rozwiązania problemu powszechnie stosuje się, podobnie jak w przypadku kopalń podziemnych, wzbogacanie urobku węglowego pomiędzy miejscem wydobywania a końcowym użytkownikiem (konsumentem) węgla. Proces wzbogacania, choć stanowi rozwiązanie problemu z tytułu lepszego zaspokojenia wymagań klienta, wiąże się z dodatkowymi kosztami, zwłaszcza logistycznymi.

2. Analiza procesowo-logistyczna jako narzędzie usprawniania procesów i racjonalizacji kosztów w kopalni

Potraktowanie kopalni węgla kamiennego, a w zasadzie każdej kopalni jako przedsięwzięcia transportowego, później transportowo-magazynowego ma dość bogatą literaturę [5,6,7]. Istotą takiego pojmowania kopalni jest założenie, że kopalnia to „magazyn”

kopaliny, a realizowane opróżnianie tego magazynu odbywa się w toku realizowanych procesów transportowych. Już takie założenie wskazuje na logistyczny charakter procesu w kopalni. Rozszerzeniem logistycznego pojmowania stało się podejście zaproponowane w metodzie procesowo-logistycznej. Metodę procesowo – logistyczną zaproponowano jako narzędzie racjonalizacji kosztów w głębinowej kopalni węgla kamiennego.

Do przodka należy dotransportować następujące materiały:

- I. Powietrze – niezbędne dla:
 - podtrzymania funkcji życiowych ludzi,
 - zapewnienia właściwego komfortu cieplnego (nie tylko w przodku, ale i na drogach transportu),
 - zapewnienia tlenu dla silników spalinowych,
 - rozcieńczania wydzielających się (nie tylko w przodku) gazów i pyłów szkodliwych i niebezpiecznych,
 - sprzężarek lokalnych.
- II. Wodę technologiczną:
 - do chłodzenia maszyn i urządzeń,
 - do profilaktyki przeciwpożarowej,
 - do likwidacji zapylenia,
 - dla wykonania mieszanin technologicznych (piany, zaprawy, emulgaty).
- III. Powietrze sprężone:
 - dla napędu niektórych maszyn i urządzeń,
 - dla lokalnych urządzeń do zwalczania zagrożeń gazowych (strumienice itp.),
 - w przypadkach szczególnych - oddychania ludzi.
- IV. Media hydrauliczne (najczęściej emulsje olejowo-wodne) do zasilania urządzeń i maszyn hydraulicznych.
- V. Coraz częściej dostarcza się do ścian wydobywczych obojętne gazy techniczne, jak azot, dwutlenek węgla do inertyzacji atmosfery w zrobach ścian zawałowych dla ograniczenia zagrożeń pożarowych i wybuchowych.
- VI. Przemysłowe rozumiane jako:
 - maszyny, urządzenia, ich części i elementy,
 - profilaktyka przeciwważeniowa (m.in. pył kamienny, gaśnice, piany, materiały budowlane itp.),
 - pędne, smary, oleje itp.,
 - obudowy wyrobisk,

- inne materiały do wykonywania i utrzymania nośników transportowych (m.in. rury, przewody elektryczne i hydrauliczne, szyny itp.).

VII. Podsadzkę (materiały do wypełnienia przestrzeni wybranej i likwidacji wyrobisk).

VIII. Ludzi.

Z przodka należy wytransportować:

I. Urobek rozumiany jako węgiel (wraz z zanieczyszczeniami lub skałą płonną).

II. Powietrze zużyte (podgrzane i zanieczyszczone gazami, pyłami i para wodną – po spełnieniu funkcji wymienionych wyżej).

III. Wodę z procesów technologicznych i wydzielającą się z górotworu.

IV. Materiały przemysłowe (definiowane jak poprzednio) do napraw i odzyskania dla ponownego wykorzystania w kopalni lub odsprzedaży.

V. Ludzi.

VI. Odpady (skałą płonną w przypadku wydzielenia ich w przodku).

Pod szczegółowej analizie stwierdzono, że, z wyjątkiem niewielu operacji o charakterze technologicznym (w odniesieniu do urobku węglowego - urabianie, kruszenie-rozdrabnianie), większość działań ma charakter logistyczny. Istotą działań w procesie logistycznym jest przemieszczanie, rozdział lub łączenie oraz magazynowanie, lub składowanie substancji materialnej. Dla przykładu, z zakresu procesów przeróbczych wzbogacanie lub sortowanie (klasyfikacja) to w istocie rozdział strumienia materii wg pewnych własności fizykalnych. Rozszerzając przedstawioną wcześniej istotę metody procesowo, logistycznej w zarządzaniu kosztami w kopalni węgla kamiennego polega ona na takim planowaniu, organizowaniu dominujących w kopalni działań i procesów logistycznych, aby:

- wyeliminować niecelowe procesy i działania;
- dobierać wydolność (np. zdolność transportową, magazynową) procesów i działań tak, by nie następowało przeciążenie nośnika transportowego i jednocześnie nie występowało niewykorzystanie części jego potencjału;
- harmonizować celowe procesy i działania logistyczne tak, by wydolność nośników transportowych i pojemność magazynowa nie była wyłączana czasowo wskutek krzyżowania się procesów i działań logistycznych;
- dobierać tak działania i procesy logistyczne, by zapewnić wysoką naprawialność wszystkich obiektów i urządzeń, a tym samym procesów i działań.

W odkrywkowej kopalni węgla kamiennego wiele z wymienionych wyżej operacji i działań logistycznych w ramach procesu podstawowego lub procesów pomocniczych stosować nie trzeba. Pojawiają się jednak inne działania o charakterze logistycznym, jak np.

zdejmowanie i przemieszczanie nadkładu. Zastosowanie analizy procesowo - logistycznej dla usprawnienia procesu podstawowego i racjonalizacji kosztów w odkrywkowej kopalni węgla kamiennego może być rozszerzeniem zastosowań metody procesowo-logistycznej.

Koszty zasobów konsumowanych przez działania powinny być przypisane obiektom kosztowym w proporcji do jednostek działań skonsumowanych przez te obiekty



Rys. 1. Podstawowe założenie metody zarządzania kosztami działań (ABC)
Fig. 1. Main idea of Activity Based Costs

Pokazana na rysunku 1 podstawowa idea metody ABC zarządzania kosztami działań najczytelniej wyjaśnia założenie, że eliminacja zbędnych działań pozwala na obniżenie kosztów całego procesu.

3. Aplikacja analizy procesowo-logistycznej w odkrywkowej kopalni węgla kamiennego

Przedstawione poniżej studium przypadku jako przykład zastosowania metody procesowo-logistycznej był wynikiem dyskusji nad celowością budowy zakładu wzbogacania węgla kamiennego dla jednej z syberyjskich, odkrywkowych kopalń węgla kamiennego. Inwestycja ta zapewnić miała stabilizację jakości węgla handlowego i zmniejszenie ilości składanych przez odbiorców reklamacji. Dostępne były środki na realizację inwestycji i trwały analizy szczegółowych rozwiązań technicznych. Oprócz analizy procesowo-logistycznej zastosowano także systemowe podejście do rozwiązywania problemu – projektowania (tzw. model Nadlera). Do poszukiwania docelowego rozwiązania problemu zastosowano podejście, wynikające z założeń metody zarządzania kosztami działań (ABC- *Activity Based Costs*).

3.1. Stan istniejący

Przedmiotem rozważań była odkrywkowa kopalnia węgla kamiennego w środkowej Syberii. Położona w znacznym oddaleniu od infrastruktury miejskiej czy technicznej. W kopalni tej klasyczną techniką odkrywkową eksploatowany był gruby, poziomo zalegający pokład węgla kamiennego. Pokład poprzerastany był licznymi warstwami łupków. Wykorzystanie koparki przedsiębiernej do urabiania/ładowania węgla powodowało problemy z utrzymaniem jakości węgla handlowego. Występowanie niejednorodnego pokładu węgla przerośniętego nieregularnie rozmieszczonymi warstwami zanieczyszczeń powoduje duże wahania jakości urobku węglowego w zależności od miejsca i sposobu pobierania węgla przez koparkę. Duża pojemność czerpaka koparki powoduje, że powstają w ten sposób duże „porcje” istotnie różniące się od siebie urobku. W przypadku dużych wymagań odbiorcy (odbiorców) może to być przyczyną reklamacji, strat i w ostateczności utraty klienta.

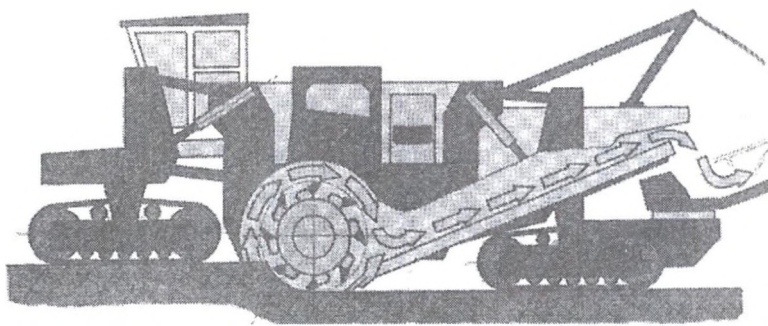
3.2. Pierwotna koncepcja rozwiązania problemu

Jako metodę rozwiązania problemu powszechnie stosuje się, podobnie jak w przypadku kopalń podziemnych, wzbogacanie urobku węglowego pomiędzy miejscem wydobycia a końcowym użytkownikiem (konsumentem) węgla. Proces wzbogacania, choć stanowi rozwiązanie problemu z tytułu lepszego zaspokojenia wymagań klienta, wiąże się z dodatkowymi kosztami, zwłaszcza logistycznymi. Analiza nakładów na budowę i przyszłych kosztów eksploatacji wskazywała wstępnie na opłacalność rozwiązania. Szacowany przyrost kosztów jednostkowych oceniano na 3,0-3,5 U\$. Wielkość ta pozwalała na zachowanie opłacalności przedsięwzięcia, mimo jej obniżenia. W toku analizy procesu w tym rozwiązaniu zwrócono uwagę, że uruchomienie zakładu przerobczego wiąże się z szeregiem dodatkowych działań i operacji logistycznych w procesie podstawowym (m.in.: transport i rozładunek urobku w zakładzie przerobczym, procesy przerobcze: klasyfikacja, wzbogacanie, odwadnianie; załadunek i transport odpadów, załadunek węgla handlowego). Do obsługi, nawet całkowicie zautomatyzowanego, zakładu potrzebni byli nowi pracownicy. Dokonując weryfikacji analizy, zwrócono uwagę na czynniki niezawodności procesu i jego zakłócenia. W warunkach syberyjskich zakres temperatur pracy szacować można jako +40 – -60°C. W celu utrzymania sprawności procesu wzbogacania na mokro i sprawności obiegu wodno-mułowego potrzebne jest utrzymywanie temperatur dodatnich. Oznacza to w praktyce konieczność umieszczenia wszystkich instalacji w budynkach i budowę ciepłowni. Proces przerobczy i funkcjonowanie ludzi wymaga także zasilania w energię elektryczną, oznacza to

konieczność wykonania siłowni. Istotnym problemem w szerokim zakresie temperatur jest zapewnienie sprawnego zasilania w wodę do celów przemysłowych i komunalnych. Pomijając nawet koszty dodatkowych procesów czy działań, oznaczało to wzrost stopnia złożoności całego systemu i procesu, a tym samym większą wrażliwość na czynniki zakłócające i spadek niezawodności procesu.

3.3. Rozwiązanie docelowe jako wynik analizy procesowo-logistycznej i projektowania systemowego

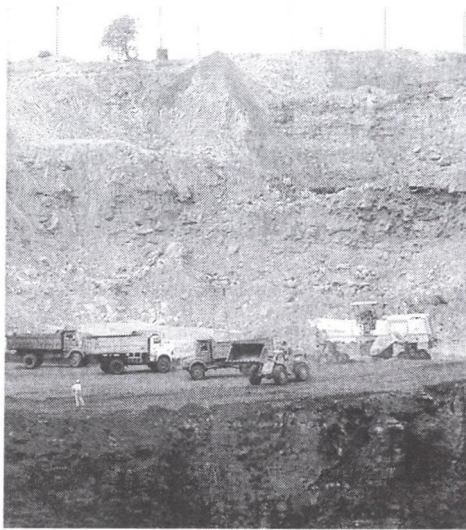
Jako alternatywne rozwiązanie zaproponowano frezujące maszyny urabiające z napędem spalinowym niemieckiej firmy Wirtgen.



Rys. 2. Schemat ideowy frezującej maszyny Wirtgena do urabiania [1]
Fig. 2. Wirtgens's surface miner- idea

Frezujące maszyny urabiające są w górnictwie światowym rozpowszechnione. W podziemnym górnictwie węgla kamiennego frezujące maszyny urabiające stanowią podstawowe wyposażenie wszystkich niemal zmechanizowanych systemów wybierania. W odkrywkowym górnictwie węgla kamiennego najbardziej rozpowszechniona jest triada standardowych urządzeń: wiertnica samojezdna - koparka linowa - koparka przedsiębierna. Z reguły samojezdne wiertnice wykorzystuje się do robót strzałowych, związanych z rozluźnianiem nadkładu oraz (odrębnie) pokładu węgla. Koparki linowe wykorzystywane są głównie do zdejmowania nadkładu i, znacznie rzadziej, do ładowania urobionego techniką strzelniczą pokładu węgla. Najczęściej jednak do urabiania i ładowania urobku węglowego służą przedsiębierne koparki o dużej mocy i pojemności łyżki (czerpaka), często maszyny konstruowane są celowo jako maszyny urabiająco - ładujące o mocniejszej konstrukcji w stosunku do standartowych koparek. Takie rozwiązania w przypadku jednorodnego, grubego pokładu węgla stanowią wraz z samochodami - wywrotkami o bardzo dużej ładowności sprawny i efektywny system technologiczny. Frezujące maszyny urabiające dla

górnictwa odkrywkowego oferuje obecnie na rynku wiele firm. Jednak firma Wirtgen dysponuje gotowymi rozwiązaniami, efektywnie sprawdzonymi w innych (tropiki) warunkach klimatycznych. Od końca lat 90. systemy urabiające tej firmy stosowane są w odkrywkowych kopalniach węgla kamiennego w Indiach, gdzie uzyskują bardzo dobre wyniki produkcyjne przy dużej prostocie procesu. Zapożyczone z budownictwa drogowego rozwiązania maszyn urabiających pozwalają na dokładną regulację głębokości urabiania, a więc dokładne i płynne dobieranie jej do grubości warstwy dobrego jakościowo węgla lub warstwy przerostów czy innych zanieczyszczeń. Urobiony węgiel jest wywożony, urobiona warstwa materiału niehandlowego jest składowana w obrębie odkrywki. Obniża to w istotny sposób, w stosunku do koncepcji; odkrywka - zakład przeróbczy, liczbę niezbędnych do wykonania operacji w podstawowym procesie i eliminuje wiele zbędnych w tej sytuacji procesów pomocniczych.



Rys. 3. Zastosowanie maszyny frezującej Wirtgena do czystego wybierania w jednej z indyjskich kopalń odkrywkowych [2]

Fig. 3. Wirtgen's surface miner in indian open mine

Zastosowanie frezujących maszyn urabiająco - ładujących w warunkach syberyjskich wymaga dostosowania tych maszyn do miejscowych warunków klimatycznych (większy niż w Indiach zakres temperatur roboczych- możliwość spadku temperatury do -50°C). W tablicy 1 przedstawiono standardowe maszyny urabiające firmy Wirtgen z podstawowymi parametrami technicznymi. Autonomiczność maszyn napędzanych silnikami spalinowymi (wysokoprężnymi) pozwala na rezygnację z utrzymywania skomplikowanej infrastruktury.

Tablica 1

Przegląd maszyn frezujących firmy Wirtgen dla górnictwa odkrywkowego
[WWW.wirtgen.de]

Typ maszyny	Szerokość urabiania (m)	Maks. głębokość urabiania (mm)	Moc silnika (kW)	Masa służbowa (kg)
2200 SM	2,20m	0 -300	671	47 730
2500 SM	2,50m	0 - 600	783	100 500
3700 SM	3,70m	0 - 600	1194	176 000
4200 SM	4,20m	0 - 800	1194	191 400
SF 2600	2,60m	0 - 200	240	29 000

Przyjęte rozwiązanie pod względem nakładów inwestycyjnych było tańsze, było także tańsze pod względem kosztów eksploatacji. Koszt w całym cyklu życia takiego produktu wskazywał także na większą opłacalność rozwiązania. Istotnym czynnikiem było także niezwiększanie zatrudnienia o personel związany z obsługą i zabezpieczeniem ruchu zakładu przerobczego i wyeliminowanie nakładów na zbędną infrastrukturę techniczną. Procesy zasilania i zabezpieczenia procesu nie uległy istotnej zmianie. Pojawiła się tylko dodatkowa operacja załadunku – przemieszczania i składowania urobionej warstwy skały płonnej.

4. Wnioski

W toku analizy procesowo - logistycznej wskazano rozwiązanie bardziej efektywne ekonomicznie i prostsze z technicznego punktu widzenia. Prostota rozwiązania przyczynia się także do zwiększenia niezawodności procesu podstawowego i zmniejszenia liczby procesów pomocniczych. Zarówno wzrost niezawodności procesu, jak i będąca podstawowym celem poprawa jakości oraz stabilne parametry produktu – węgla dodatkowo przyczynią się do zmniejszenia kosztów utraconych korzyści. W oparciu o przedstawioną analizę sformułowano następujące wnioski:

- 1) Będąca częścią metody procesowo-logistycznej analiza procesowo - logistyczna wykazała swoją przydatność do racjonalizacji procesu podstawowego w innej niż głębinowa kopalni węgla kamiennego.
- 2) Dążenie do upraszczania i zwiększania niezawodności procesu podstawowego w każdej kopalni powinno skutkować obniżeniem kosztów procesu.

- 3) Przy formułowaniu celów rozbudowy czy modernizacji kopalni węgla kamiennego wynikowe rozwiązania zależą od sposobu sformułowania problemu i oceny stanu istniejącego.
- 4) Zastosowanie frezujących maszyn urabiających zapożyczonych z technologii stosowanych w drogownictwie pozwala w istotny sposób ograniczyć koszty pozyskiwania produktu- węgla handlowego z niektórych odkrywkowych kopalń węgla kamiennego. Podstawowym źródłem obniżenia kosztów przez zastosowanie przedstawionej technologii jest eliminacja zbędnych z punktu widzenia klienta procesów i działań logistycznych w kopalni odkrywkowej.

LITERATURA

1. Bęben A.: Maszyny i urządzenia do wybranych technologii urabiania surowców skalnych. „Śląsk” Sp. z o.o., Katowice 1998.
2. Chadwick J.: Teutonic technology. Coal Magazine, June 2005.
3. Dziunikowski K., Stranz B.: Technika wydobywania węgla. W: Poradnik Górnika T. 2. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1975.
4. Hartman L.H., Mutmanský J.M.: Introductory mining engineering (second edition). John Wiley & sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2002.
5. Korski J.: Logistyka produkcji a koszty produkcji w kopalni węgla kamiennego. Szkoła Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie 2000. Ustroń 13-15 września 2000.
6. Korski J.: Wdrażanie metody procesowo-logistycznej w zarządzaniu kosztami w kopalni węgla kamiennego. Praca doktorska, Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej. Gliwice, luty 2006 r.
7. Lisowski A.: Podstawy ekonomicznej efektywności podziemnej eksploatacji złóż. Wydawnictwo GIG, Wydawnictwo PWN, Katowice – Warszawa 2001.
8. Strony internetowe: WWW.wirtgen.de (stan z 20.04.2006).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Franciszek Plewa