ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2008
Seria: GÓRNICTWO z. 286 Nr kol. 1798

Aleksander LUTYŃSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

ROZWÓJ TECHNOLOGICZNY PRZERÓBKI MECHANICZNEJ WĘGLA

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały prace podzadania 4.4 projektu celowego forsight *„Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego"*. Dokonano krótkiego przeglądu istniejących technologii przeróbczych węgla kamiennego koksowego i energetycznego, oceny innowacyjności stosowanych obecnie technologii oraz nakreślono scenariusze rozwoju technologii do roku 2020, które uznano za innowacyjne. Poszczególnym zadaniom przyjętym w scenariuszach określono horyzonty czasowe ich realizacji. W artykule opisano również czynniki warunkujące rozwój technologii oraz kierunki badawcze stanowiące warunek rozwoju przyjętych technologii.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF HARD COAL MECHANICAL BENEFICIATION

Summary. The article presents work performed in the task 4.4 "Scenarios of Technological Development of mechanical coal beneficiation" of the foresight project. Brief literature survey of current methods of steam and coking coal beneficiation were described. Assessment of "innovativity" of current methods and scenarios of technology development till 2020 were analyzed. Each of the tasks assumed were associated to certain time horizons. In the article factors conditioning technology development and research paths that are needed to develop assumed technology were described.

1. Wprowadzenie

W czerwcu br. zakończono prace wykonywane w ramach projektu celowego typu foresight nt: *„Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego"*. Projekt ten wykonywało Konsorcjum Naukowe w składzie: Główny Instytut Górnictwa - jako koordynator, Akademia-Górniczo Hutnicza, Centrum Mechanizacji

Górnictwa KOMAG, Politechnika Śląska, Centrum Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa EMAG. Projekt zakłada w swoim celu nakreślenie scenariuszy technologicznego rozwoju górnictwa węgla kamiennego i jego funkcjonowania w perspektywie roku 2020.

Zagadnienia przeróbki węgla kamiennego rozpatrywane były we wszystkich pięciu merytorycznych zadaniach forsightu, który przewidywał różne scenariusze rozwoju górnictwa węgla kamiennego, co pokazano na rys. 1. Scenariusze rozwoju technologii przeróbki mechanicznej węgla nakreślone zostały w odniesieniu do aktualnego poziomu technologicznego funkcjonujących zakładów przeróbczych.

Rys. 1. Scenariusze rozwoju górnictwa kamiennego [8]
Fig. 1. Scenarios of technological development coal mining industry [8]

W pierwszym zadaniu projektu dokonano przeglądu technologii, w zdaniu trzecim oceniono innowacyjność stosowanych technologii, a w zadaniu czwartym, w oparciu o oceny z etapu trzeciego, nakreślono między innymi scenariusze rozwoju technologicznego przeróbki mechanicznej węgla kamiennego [3, 4, 5, 6] i przeprowadzono ankietyzację tych scenariuszy. W zadaniu piątym, na podstawie przeprowadzonych i przeanalizowanych ankiet, zweryfikowano proponowane warianty rozwoju technologicznego przeróbki.

Wykonana analiza technologii wykazała, że technologie te, a w konsekwencji i systemy maszynowe przeróbki węgla kamiennego, są dostosowane do charakterystyk wzbogacanego

odbiorców zarówno krajowych, jak i zagranicznych. Na ogół wyższe typy węgla kamiennego wzbogacane są w szerszym zakresie, z wykorzystaniem nowocześniejszych maszyn.

W zakładach przeróbczych węgli energetycznych można wyróżnić podstawowy system technologiczny, w którym w cieczy ciężkiej wzbogacana jest tylko klasa ziarnowa 200 – 20 mm (w foresighcie oznaczono go jako PME1), udoskonalony system technologiczny, w którym klasa ziarnowa 200 – 20 mm wzbogacana jest w cieczy ciężkiej, a klasa ziarnowa 20 – 0,1 mm w ośrodku wodnym (PME2) oraz zmodernizowany system technologiczny, w którym węgiel wzbogacany jest w pełnym zakresie uziarnienia: w cieczy ciężkiej klasa 200 - 20 mm, w ośrodku wodnym klasa 20 – 0,5 mm i w procesie flotacji klasa 0,5 – 0 mm (PME3).

W zadaniu trzecim projektu dokonano analizy poziomu innowacyjności technologii przeróbki [1].

2. Analiza poziomu innowacyjności technologii przeróbki węgla kamiennego

Do analizy tej przyjęto kryteria poziomu innowacyjności technologii, ustalone wspólnie dla wszystkich zadań foresightu. Poszczególnym kryteriom przypisano następujące wagi stanowiące ocenę ich istotności:

1. Kryterium obecnego poziomu technologicznego (technicznego) odnoszonego do innych zaawansowanych dziedzin techniki (materiały, automatyzacja, informatyka, organizacja, itp.) – waga: 0,25.
2. Kryterium skuteczności technologii odnoszone do warunków zewnętrznych – waga: 0,15.
3. Kryterium uniwersalności technologii odnoszone do techniki i warunków ich stosowania – waga: 0,10.
4. Kryterium minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko – waga: 0,25.
5. Kryterium bezpieczeństwa i higieny pracy – waga: 0,25.

Dla każdej technologii przeróbczej przyjęto skalę ocen preferencyjnych w zakresie od 0 do 3. Poszczególnym ocenom przypisano następujący stopień zaawansowania technologicznego: 0 – technologia nieprzydatna, 1 – technologia o ograniczonej przydatności, 2 – technologia przydatna, 3 – technologia bardzo przydatna.

Suma ocen cząstkowych wynikających z przyjętych kryteriów, którą stanowią iloczyny ocen preferencyjnych i wag odpowiadających poszczególnym kryteriom, pozwoliły na dokonanie wstępnej oceny poziomu innowacyjności danej technologii.

W realizacji zadania 3 ustalono trzy poziomy technologii: technologia zanikowa, technologia rozpowszechniona i technologia rozwojowa.

Dla technologii rozpowszechnionej i rozwojowej przyjęto także trzy poziomy natężenia stopnia innowacyjności: a – najniższy, b – średni, c – najwyższy.

Przeprowadzona analiza innowacyjności technologii w grupie roboczej konsorcjantów wykonujących zadanie 3 wskazała, że za technologie innowacyjne uznane zostały technologie wzbogacania w pełnym zakresie uziarnienia węgli energetycznych i koksowych. Proces wzbogacania charakteryzujący wszystkie typy węgli w technologiach PME3 i PMK1 przedstawiono w postaci schematu blokowego na rys. 2.

Dla tych technologii, w etapie czwartym projektu, opracowano karty scenariuszy rozwoju technologicznego [3] i [5] oraz szeroko opisano scenariusze tego rozwoju [4] i [6]. W kartach scharakteryzowano pokrótce stan obecny technologii w kraju i na świecie, przedstawiono ewolucję od stanu obecnego technologii wzbogacania węgla do przewidywanego stanu w roku 2020, scharakteryzowano czynniki warunkujące ten rozwój, odniesiono ten rozwój do zmodyfikowanych kryteriów oceny innowacyjności oraz sprecyzowano kierunki prac naukowo-badawczych koniecznych w realizacji projektowanego rozwoju.

<table>
<tr><td colspan="2">ODKAMIENIANIE UROBKU
PRZYGOTOWANIE NADAWY
200 – 20 (10) mm i 20 (10) – 0 mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">WZBOGACANIE W CIECZY CIĘŻKIEJ
200 – 20 (10) mm</td></tr>
<tr><td>WARIANT 1
2-produktowe</td><td>WARIANT 2
3-produktowe</td></tr>
<tr><td colspan="2">WZBOGACANIE W OŚRODKU WODNYM
20 (10) – 0,5 mm lub 20 (10) – 6 (3) mm</td></tr>
<tr><td>WARIANT 1
2-produktowe</td><td>WARIANT 2
3-produktowe</td></tr>
<tr><td colspan="2">FLOTACJA
< 0,5 mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">OBIEG WODNO-MUŁOWY</td></tr>
<tr><td colspan="2">ZAŁADUNEK</td></tr>
</table>

Rys. 2. Schemat blokowy charakteryzujący proces wzbogacania węgli w technologiach PME3 i PMK1
Fig. 2. Block diagram characterizing coal beneficiation process in PME3 and PMK1 technologies

Dokonany przegląd stanu technologii wzbogacania węgla energetycznego w górnictwie polskim wykazał, że polskie zakłady przeróbki mechanicznej charakteryzuje zróżnicowany

poziom rozwoju technologicznego. W niektórych zakładach poziom ten jest wysoki. Wzbogacanie węgla energetycznego w pełnym zakresie prowadzone jest w ośmiu na trzydzieści pięć zakładów przeróbki. Przewiduje się, że do 2020 r. wszystkie zakłady przeróbki będą wzbogacały węgiel energetyczny w pełnym zakresie, przy czym do 2012 roku będą to 24 zakłady.

3. Prognoza i czynniki warunkujące rozwój technologii przeróbki węgla kamiennego

Ogólnie oczekiwany rozwój w technologiach przeróbki węgla energetycznego i zmiany warunków pracy w zakładach do 2020 r. przedstawić można w sposób następujący:

A. W zakresie technologii przeróbczych:

1. modernizacja zakładów przeróbki pracujących w technologii PME2 (16 zakładów) do poziomu zakładów pracujących w technologii PME3,
2. modernizacja zakładów przeróbki pracujących w technologii PME1 (11 zakładów) do poziomu zakładów pracujących w technologii PME3,
3. lokalizacja stanowisk odkamieniania urobku na dole kopalni (przewidywana w 20 zakładach),
4. pełna automatyzacja sekcji technologicznych,
5. automatyzacja kompletnych procesów przeróbczych,
6. modernizacja sekcji technologicznych, metod i środków do poziomu technicznego, uważanego obecnie za najwyższy w polskich i zagranicznych zakładach przeróbki,
7. modernizacja procesów technologicznych, maszyn i urządzeń pod kątem poprawy warunków i środowiska pracy (ograniczenie emisji hałasu, wibracji, pylenia itp.).

B. W zakresie środowiska i warunków pracy w zakładach przeróbki:

1. zmniejszenie poziomu hałasu na stanowiskach pracy,
2. eliminacja zagrożeń pyłowych i gazowych.

W skali czasowej oczekiwane zmiany w zakresie technologii przeróbki węgla warunków pracy i przedstawić można w postaci harmonogramu jak w tabeli 1.

Czynniki warunkujące rozwój technologiczny scharakteryzowano w kartach scenariuszy w sposób następujący:

a) nakłady finansowe

Jest to czynnik podstawowy warunkujący rozwój technologii przeróbczych. Nakładów finansowych wymagają bowiem zabiegi projektowe, zakup maszyn i urządzeń oraz same badania nad nowymi i udoskonalonymi rozwiązaniami.

Tabela 1

Harmonogram rozwoju technologii przeróbki węgla energetycznego i zmian warunków pracy w zakładach przeróbki

Zadania	Lata												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.1													
A.2													
A.3													
A.4													
A.5													
A.6													
A.7													
B.1													
B.2													

b) warunki lokalizacji

Istotnym czynnikiem warunkującym rozwój opisywanej technologii wzbogacania węgla w pełnym zakresie uziarnienia są warunki lokalizacji. Szereg bowiem zakładów przeróbczych zlokalizowanych jest w wielopiętrowych budynkach, które zbudowane zostały na miarę potrzeb i wymogów technologii lat minionych.

Jak wykazał dokonany przegląd stanu technologii, wzbogacanie węgla koksowego w pełnym zakresie prowadzone jest we wszystkich zakładach przeróbki. Poziom technologii uznano za wysoki. W dokonanych prognozach przewiduje się do roku 2020 zdecydowaną poprawę automatyzacji procesów przeróbki oraz zdecydowaną poprawę poziomu kontroli i monitoringu w poszczególnych sekcjach technologicznych, a także systemu dyspozytorskiego sterowania i monitorowania pracy zakładu.

Ogólnie rozwój w technologiach przeróbki węgla koksowego i zmiany warunków pracy w zakładach przeróbczych do 2020 r. przedstawić można w sposób następujący:

A. W zakresie technologii przeróbczych:

1. lokalizacja stanowisk odkamieniania urobku na dole kopalni,

2. modernizacja stanowisk technologicznych – przechodzenia od sterowania ręcznego ze wspomaganiem układów stycznikowych oraz przekaźnikowych do zdalnego sterowania za pomocą specjalizowanych sterowników cyfrowych za pośrednictwem jednej sieci teletransmisji cyfrowej,
3. pełna automatyzacja sekcji technologicznych,
4. kompleksowa automatyzacja procesów przeróbczych,
5. modernizacja sekcji technologicznych, metod i środków do poziomu technicznego, uważanego obecnie za najwyższy w polskich i zagranicznych zakładach przeróbki,
6. modernizacja procesów technologicznych, maszyn i urządzeń pod kątem poprawy warunków i środowiska pracy (ograniczenie emisji hałasu, wibracji, pylenia itp.).

B. W zakresie środowiska i warunków pracy w zakładach przeróbki:

1. zmniejszenie poziomu hałasu na stanowiskach pracy,
2. eliminacja zagrożeń pyłowych i gazowych,

W skali czasowej oczekiwane zmiany w zakresie technologii przeróbki węgla i warunków pracy przedstawić można w postaci harmonogramu jak w tabeli 2.

Za główny czynnik warunkujący rozwój technologii w kartach scenariuszy uznano nakłady finansowe.

Zmodernizowane kryteria innowacyjności technologii wyszczególnione i opisane w kartach scenariuszy rozwoju technologicznego przeróbki mechanicznej węgla kamiennego to: bezpieczeństwo, ochrona środowiska naturalnego, zrównoważony rozwój, skuteczność technologii, jej efektywność i zapotrzebowanie na produkt. W kartach opisano odniesienie proponowanych technologii do tych właśnie kryteriów.

Tabela 2

Harmonogram rozwoju technologii przeróbki węgla koksowego i zmian warunków pracy w zakładach przeróbki

Zadania	Lata												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A.1													
A.2													
A.3													
A.4													
A.5													
A.6													
B.1													
B.2													

4. Odniesienie do kryteriów ogólnych i szczegółowych

Innowacyjne i rozwojowe technologie przeróbcze ocenione zostały w świetle kryteriów przedstawionych w rozdziale 2.

- ***Poziom technologiczny***

Uznano, że ocenę poziomu technologicznego technologii należy wykonać dla każdego z modernizowanych zakładów osobno.

- ***Skuteczność***

Wprowadzenie jednolitego systemu dyspozytorskiego zbudowanego w oparciu o systemy cyfrowe pracujące na systemach teletransmisji cyfrowej znacznie zwiększa skuteczność zarządzania zakładem przeróbczym, szerokopasmowa telewizja przemysłowa oraz systemy nadzoru i kontroli są podstawowymi elementami pozwalającymi na scentralizowane i jednoznaczne podejmowanie decyzji.

- ***Uniwersalność***

Przewidywane rozwiązania technologii PME3 i PMK1 wykazują istotne cechy uniwersalności, co jest niezwykle istotne w zrównoważonym rozwoju przez stosowanie najnowszych technik i technologii we wszystkich zakresach budowy układu technologicznego. Dotyczy to w pierwszej kolejności sterowania procesami.

- ***Ochrona środowiska***

Technologia wzbogacania węgla w pełnym zakresie uziarnienia powoduje, że jakość miału węglowego kierowanego do energetyki zawodowej przy wartości opałowej w granicach 23 GJ/t oraz średniej procentowej zawartości siarki całkowitej < 0,8% wpływa na zmniejszoną emisję CO_2 i SO_2 do atmosfery.

Ponadto proponowane rozwiązanie wstępnego wzbogacania w podziemiach kopalni (odkamieniania urobku) sprawia, że znaczna część kamienia byłaby lokowana w podziemnych wyrobiskach górniczych.

- ***Bezpieczeństwo***

Dzięki zastosowanym systemom zabezpieczeń, sterowania i zasilania zastosowanym w technologii PME3 i PMK1 zapewniony zostanie najwyższy stopień bezpieczeństwa. Wysoki stopień automatyzacji eliminował będzie pracowników obsługi ze stref zagrożeń.

Wprowadzane modernizacje maszyn i urządzeń, których celem jest ograniczenie poziomu hałasu emitowanego na stanowiskach roboczych, zapewnią wysoki komfort pracy pracownikom obsługi. Innym zagadnieniem jest bezpieczeństwo realizacji zadań produkcyjnych. Wysoki poziom techniczny maszyn i urządzeń stosowanych w technologiach

PME3 i PMK1, wysoki poziom automatyzacji procesów i ich diagnostyki gwarantuje bezpieczną pracę.

Zmiany wprowadzane w systemach dyspozytorskich (związanych z prowadzeniem ruchu zakładu przeróbczego) powodują wyeliminowanie załogi ze stanowisk pracy narażonych na szczególne zagrożenie zdrowia, a co za tym idzie – również powoduje podniesienie poziomu bezpieczeństwa.

Kolejnym krokiem na drodze do nakreślenia scenariuszy rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego było opracowanie ankiety służącej do badań metodą delficką. Ankieta przekazana była do szerokiego grona respondentów. W opisywanej ankiecie sformułowane zostały również kierunki prac badawczych koniecznych do podjęcia bądź konsekwentnego kontynuowania. Kierunki tych prac warunkują bowiem przyjęty rozwój technologii przeróbki mechanicznej węgla. Wytypowani respondenci dokonali, między innymi, oceny ważności i istotności podejmowanych kierunków badawczych oraz zakreślili horyzont czasowy ich realizacji. Ankietę przeprowadzono w etapie czwartym i piątym. Wyniki ankiety posłużyły do opracowania ostatecznej wersji wariantów rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego, a w tym i rozwoju technologii przeróbczych. Opisano to w opracowaniu [7].

Wyniki ankiety przeprowadzonej w ostatnim, piątym etapie prac foresightu, odniesione do kierunków prac badawczych w zakresie technologii przeróbki węgla, przedstawiono [8].

5. Podsumowanie

Respondenci uznali, że pięć najistotniejszych kierunków badawczych technologii przeróbczych , których kolejność przedstawia hierarchię ważności, to:

1. Opracowanie programów likwidacji zagrożeń BHP występujących w zakładach przeróbki węgla oraz programów ograniczających ich szkodliwe oddziaływanie na środowisko naturalne (hałas, wibracje, emisja CO_2 i SO_2) z okresem realizacji do 2015 r.
2. Opracowanie nowoczesnego systemu monitorowania i automatycznej regulacji parametrów ilościowo-jakościowych wzbogacanego węgla kamiennego z okresem realizacji do 2015 r.
3. Opracowanie efektywnej technologii klarowania z flokulacją i odwadniania mechanicznego z pominięciem osadników zewnętrznych oraz regeneracji całości wód

technologicznych – ponownego użycia ich do procesów przeróbczych z okresem realizacji do 2020 r.

4. Opracowanie nowych metod, procesów i środków chemicznych dla intensyfikacji odwadniania węgli drobnych i najdrobniejszych oraz odczynników dla głębokiej flotacji mułów celem uzyskania koncentratów flotacyjnych o wysokiej koncentracji części stałych z okresem realizacji do 2020 r.
5. Opracowanie nowych rozwiązań węzła klasyfikacji wstępnej opartych na jednostopniowym przesiewaniu całości urobku węglowego z okresem realizacji do 2015 r.

Ankieta wykazała znaczące różnice w ocenach kierunków badawczych poszczególnych grup respondentów.

BIBLIOGRAFIA

1. Lutyński A., Osoba M.: Problemy mechanicznej przeróbki węgla kamiennego w perspektywie roku 2020. Materiały Konferencji KOMTECH nt.: Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. Szczyrk, 13-15 listopada 2007. s. 119-128.
2. Tumidajski T., Gawenda t., Sarmak D., Sikora T., Cuber J., Osoba M., Lenartowicz M., Aleksa H., Dyduch F., Probierz K., Blaschke S., Lutyński A., Drenda J., Błaszczyński S., Suponik T.: Scenariusze rozwoju technologicznego przeróbki mechanicznej węgla kamiennego. Sprawozdanie z zadania 4.4. CMG KOMAG. Gliwice 2007. Praca niepublikowana.
3. Aleksa H. (GIG), Tumidajski T., Gawenda T. (AGH), Osoba M., Lenartowicz M. KOMAG), Blaschke W., Lutyński A. (Pol. Śl.), Sikora T. (EMAG). Karta scenariuszy rozwoju technologicznego. Przeróbka węgli energetycznych (PME3). Opracowanie etapu 4.4. Foresight „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego". CMG KOMAG. Gliwice 2007. Praca niepublikowana.
4. Aleksa H. (GIG), Tumidajski T., Gawenda T. (AGH), Osoba M., Lenartowicz M. KOMAG), Blaschke W., Lutyński A. (Pol. Śl.), Sikora T. (EMAG). Scenariusz rozwoju technologii przeróbki mechanicznej węgla kamiennego energetycznego w pełnym zakresie uziarnienia – PME3 Opracowanie etapu 4.4. Foresight „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego". CMG KOMAG. Gliwice 2007. Praca niepublikowana.
5. Aleksa H. (GIG), Tumidajski T., Gawenda T. (AGH), Osoba M., Lenartowicz M. KOMAG), Blaschke W., Lutyński A. (Pol. Śl.), Sikora T. (EMAG). Karta scenariuszy rozwoju technologicznego. Przeróbka węgli koksowych (PMK1). Opracowanie etapu 4.4. Foresight „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego" . CMG KOMAG. Gliwice 2007. Praca niepublikowana.
6. Aleksa H. (GIG), Tumidajski T., Gawenda T. (AGH), Osoba M., Lenartowicz M. KOMAG), Blaschke W., Lutyński A. (Pol. Śl.), Sikora T. (EMAG). Scenariusz rozwoju technologii przeróbki mechanicznej węgla kamiennego koksowego w pełnym zakresie uziarnienia – PMK1 Opracowanie etapu 4.4. Foresight „Scenariusze rozwoju

technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego". CMG KOMAG. Gliwice 2007. Praca niepublikowana.
7. Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego. Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 2008.
8. Drenda J., Probierz K.: Ocena scenariuszy rozwoju technologicznego w polskim górnictwie węgla kamiennego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. 6/449. CEiAG EMAG 2008

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Lech Gładysiewicz