

Andrzej Kopertowski, Marcin Kołodziejczak

Praktyczne aspekty wykorzystania funkcji śledzenia urobku na układach KTZ w systemie wydobywczym KWB Bełchatów



1. Opis funkcji śledzenia ilości i jakości urobku

Funkcja śledzenia ilości i jakości urobku w systemie wydobywczym jest nowoczesnym modulem obliczeniowym, wdrożonym w KWB Bełchatów. Jest podstawą do optymalizacji pracy układów KTZ. Moduł ten dostarcza także niezbędnych informacji dla procesu nawęglania elektrowni.

Projekt śledzenia urobku został opracowany w 2010 i wdrożony w 2011 roku w systemie wydobywczym KWB Bełchatów [2]. Od tego czasu śledzenie urobku jest systematycznie rozbudowywane i rozwijane o nowe funkcjonalności.

Jako dane wejściowe do systemu śledzenia wykorzystano:

- dane z bieżącej konfiguracji układów KTZ, długości przenośników, czasy rozruchów dla przenośników nie posiadających mierników prędkości, rodzaj i jakość wydobywanego urobku, parametry węgla: kaloryczność, zawartość popiołu i siarki,

Streszczenie:

Mechanizm – nazwany funkcją śledzenia urobku – dał podstawy do efektywnego zarządzania procesem wydobywania węgla i zdejmowania nadkładu. W oparciu o dane pomiarowe (wydajność koparek, prędkość przenośników, położenie punktów rozdzielczych) oraz dane konfiguracyjne, wprowadzane przez użytkownika, (parametry urobku, konfiguracja układu KTZ) stworzono mechanizm, który pozwala na określenie ilości i parametrów urobku na dowolnym elemencie układu KTZ. Mechanizm ten opiera się na śledzeniu generowanych próbek, niosących potrzebny zasób informacji. Próbkę tę przemieszczane są po przenośniku zgodnie z jego prędkością i upływem czasu. Na węzłach przesypowych są łączone i dzielone, przy zachowaniu informacji źródłowych. Wdrożona funkcja umożliwia bieżące i wyprzedzające śledzenie ilości i jakości węgla podawanego do elektrowni. Ostrzega ona również dyspozytorów o występujących zagrożeniach i utrudnieniach w ruchu przenośników taśmowych. Mechanizm śledzenia urobku, uzupełniony o dane zużycia energii elektrycznej, pozwala na optymalizację pracy układów KTZ, w aspekcie ich wypełnienia, zużycia i kosztów energii elektrycznej w fazie urabiania i transportu węgla oraz urabiania, transportu i zwalowania określonej ilości nadkładu.

- dane pomiarowe, odczytywane na bieżąco ze sterowników umieszczonych na poszczególnych elementach układów KTZ, informacje o stanie pracy i położeniu punktów rozdzielczych, prędkość taśmy, wydajność początkową zmierzoną na koparce, a następnie zweryfikowaną przez miernik na przenośniku kątowym.

Wdrożona funkcja śledzenia urobku polega na tworzeniu cyfrowych próbek, przemieszczających się po elementach układu KTZ. Próbkę tę, niosą niezbędne informacje, np. z której pochodzą koparki, jaki to jest rodzaj urobku, jeżeli jest to węgiel, to o jakich parametrach, itp. Dla wdrożonego systemu okres próbkowania wynosi 5 s, co przy prędkości przenośnika 6 m/s daje długość próbki 30 m. Dla przenośnika o długości np. 1000 m tworzone są 33 próbki, w każdej próbce przechowywane jest 6 parametrów.

Przykładowy przebieg próbek na wybranym przenośniku przedstawiono na rysunku 1. W zależności od potrzeb można w odpowiednim kolorze wyświetlić dowolny parametr:

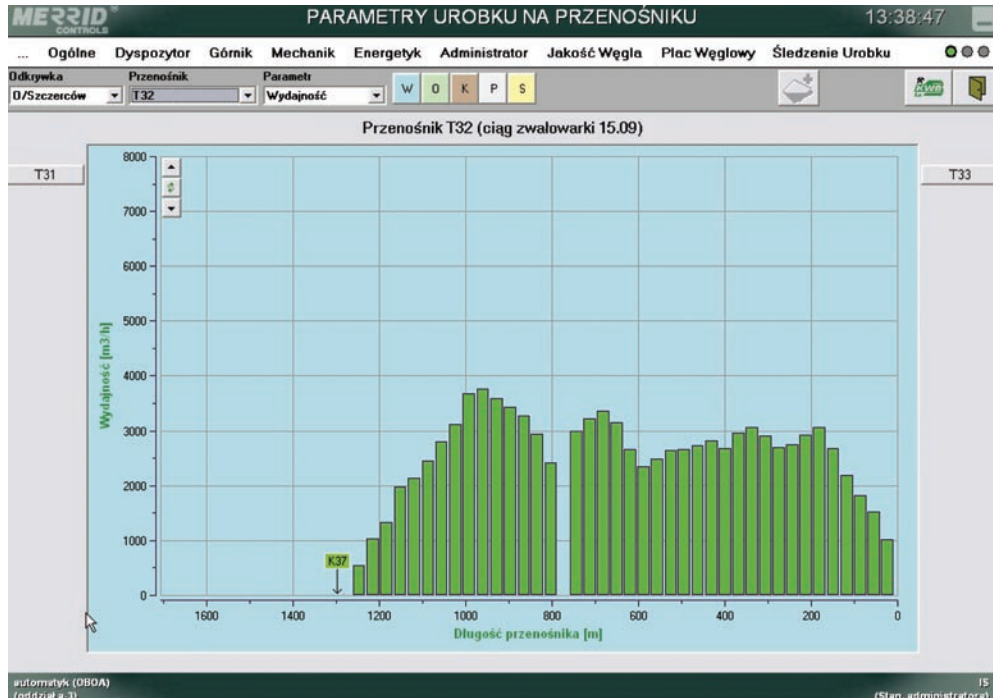
- wydajność [m^3/h]
- ilość urobku na przenośniku (załadowanie) [m^3]
- kaloryczność [kJ/kg]
- zawartość siarki [%]
- zawartość popiołu [%].

warko-zwałowarki) lub do elektrowni są usuwane z pamięci serwerów i zapisywane do bazy danych dla potrzeb raportowych. Położenie próbek jest powiązane z odległością punktu przesyłowego lub rozdzielczego do najbliższego węzła układu KTZ.

Funkcja śledzenia urobku została zwizualizowana i wyposażona w dodatkowe funkcjonalności. Tablicę synoptyczną śledzenia urobku, na której można na bieżąco śledzić sytuację na obiektach układu KTZ i wyświetlać potrzebne informacje, przedstawiono na rys. 2. System śledzenia posiada także znaczniki, tj. elementy, które generowane są automatycznie, np. początek i koniec urobku, zmiana parametrów urobku lub znaczniki wprowadzone indywidualnie na dowolnym metrze przenośnika. Można także śledzić przemieszczanie się znacznika i wykorzystać go np. jako przemieszczający się kamień czy nieodnaleziony złom.

2. Wykorzystanie funkcji śledzenia do bieżącego nadzoru pracy układów KTZ

Prowadzenie ruchu układów KTZ odbywa się w Centrum Kierowania Ruchem, przy wykorzystaniu tablicy synoptycznej o wymiarach 5 x 3 m. Wdrożona funkcja śledzenia umożliwiła dodatkowe wizualizacje na tej tablicy (Rys. 2):



Rys. 1. Parametr wydajności urobku na przenośniku.

Nowe próbki tworzone są głównie na koparkach, gdzie zostają im przypisane informacje wydobywcze (rodzaj urobku, wydajność, parametry węgla). Próbkę tę są dalej przemieszczane na przenośnikach taśmowych w zależności od bieżącej konfiguracji i prędkości. Mogą być łączone i rozdzielone w oparciu o punkty rozdzielcze. Próbkę, które dotarły do zwałowarki, ŁZKS-u (łado-

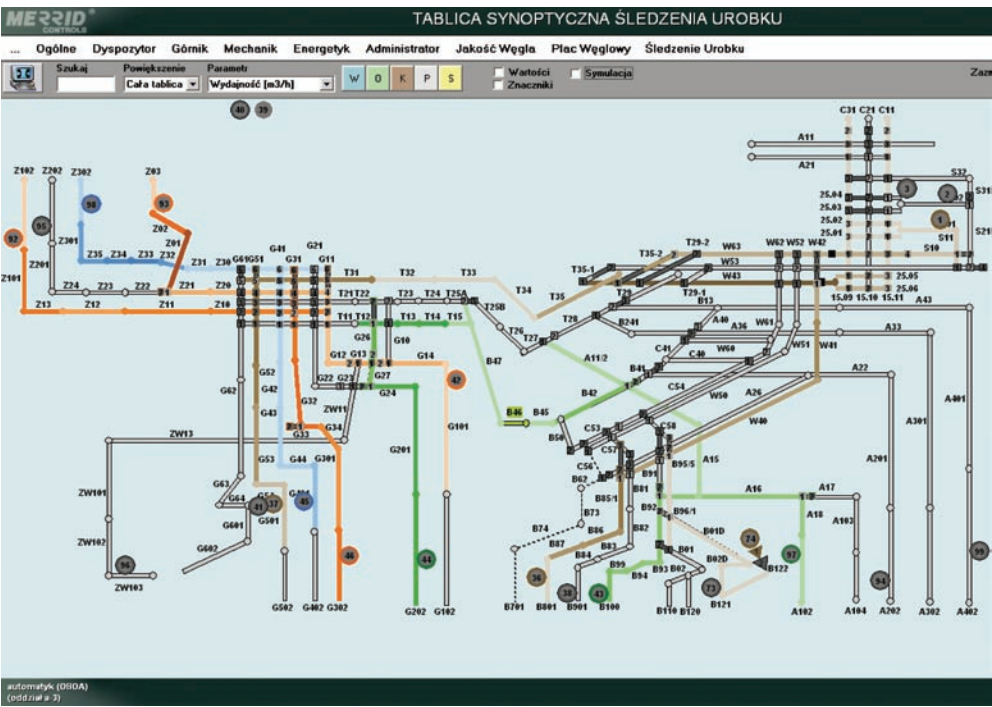
- pokazywanie na poszczególnych przenośnikach rodzaju urobku z rozróżnieniem nakładu i węgla (ważne jest zobrazowanie zbliżającego się urobku do węzła rozdzielczego, na którym należy wykonać rewersję, wcześniej czynność tą wykonywał obserwator w terenie),

3. Śledzenie urobku jako podstawa obliczeń oraz wizualizacji jakości i ilości węgla podawanego do elektrowni

Funkcja śledzenia urobku dała podstawy do obliczeń ilości i jakości węgla podawanego do elektrowni. Jako dane wejściowe przyjęto dane zgłoszone przez koparkę na podstawie: planu pracy, popiołomierza na koparce, kontrolnych wyników badań laboratoryjnych i oceny wizualnej przodo-
wego. System śledzi drogę,

jaką transportowany jest węgiel, w punktach rozdzielczych próbki są łączone lub dzielone, a parametry (kaloryczność, zawartość siarki i popiołu) obliczane jako średnia ważona w odniesieniu do ilości pochodzącej z pomiaru wydajności.

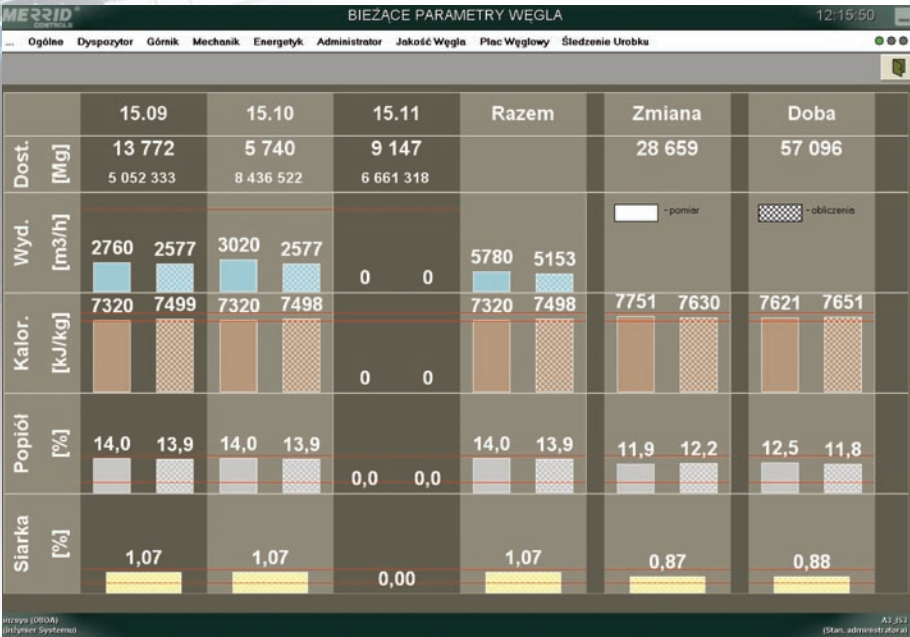
Można na bieżąco śledzić jakość węgla na poszczególnych przenośnikach wykorzystując wizualizację przedstawioną na rys. 1 lub 2. Bardzo ważnym elementem jest też wynik końcowy dostaw węgla i jego parametry zaprezentowane na rysunku 3.



Rys. 2. Tablica synoptyczna śledzenia urobku.

- zobrazowanie załadowania poszczególnych przenośników przy pomocy intensywności kolorów (na tablicy synoptycznej widać, czy przenośnik jest pusty lub w jakim stopniu załadowany; intensywnością kolorów można zobrazować także inne parametry jak wydajność przenośnika na stacji napędowej lub jakość węgla).

Po zatrzymaniu poszczególnych przenośników obraz na tablicy pokazuje, czy zostały one zatrzymane na pusto, czy pod nadkładem lub węglem.



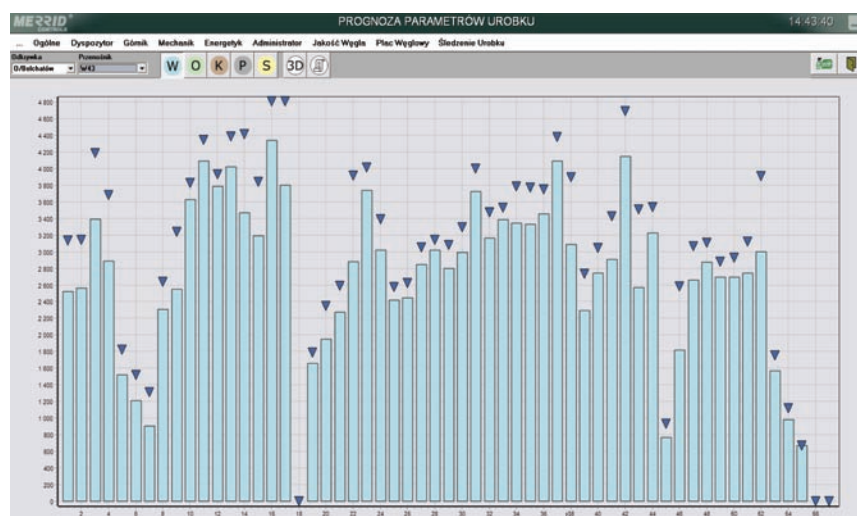
Rys. 3. Bieżące parametry węgla.

Wartości obliczeniowe to dane z systemu śledzenia, a wartości pomiarowe to wyniki uzyskane z urządzeń pomiarowych wag i popiołomierzy z przenośników dostarczających węgiel do elektrowni. Zestawienie tych wartości obliczeniowych i pomiarowych obok siebie, określenie granic dopuszczalnych minimum i maksimum oraz sygnalizacja kolorem czerwonym przekroczeń daje pełen obraz nawęglania elektrowni.

W dalszym etapie porównań i raportowania można prezentowane wyniki obliczeniowe i pomiarowe porównać z rzeczywistymi, tj. laboratoryjnymi z próbek pobranych bezpośrednio ze zbiorników przykotłowych w elektrowni.

4. Prognoza parametrów urobku w węźle

Funkcja śledzenia urobku, daje także możliwość uzyskania informacji z określonym wyprzedzeniem (uzależnionym od czasu dotarcia próbki do punktu docelowego lub węzła) o sytuacji w danym punkcie kontrolnym (możemy wyprzedzająco zasygnalizować takie wielkości jak: ilość urobku na przenośniku, wydajność oraz parametry węgla) [2], co pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Prognoza parametrów urobku.

Funkcjonalność ta jest szczególnie przydatna dla prognozy parametrów węgla do elektrowni. Dyspozytor posiada więc nowoczesne narzędzie, ułatwiające podjęcie decyzji odnośnie zmiany wydajności koparki lub skierowania dodatkowego strumienia węgla z ŁZKS-u w oparciu o dokonaną symulację.

5. Monitorowanie ograniczeń wydajności

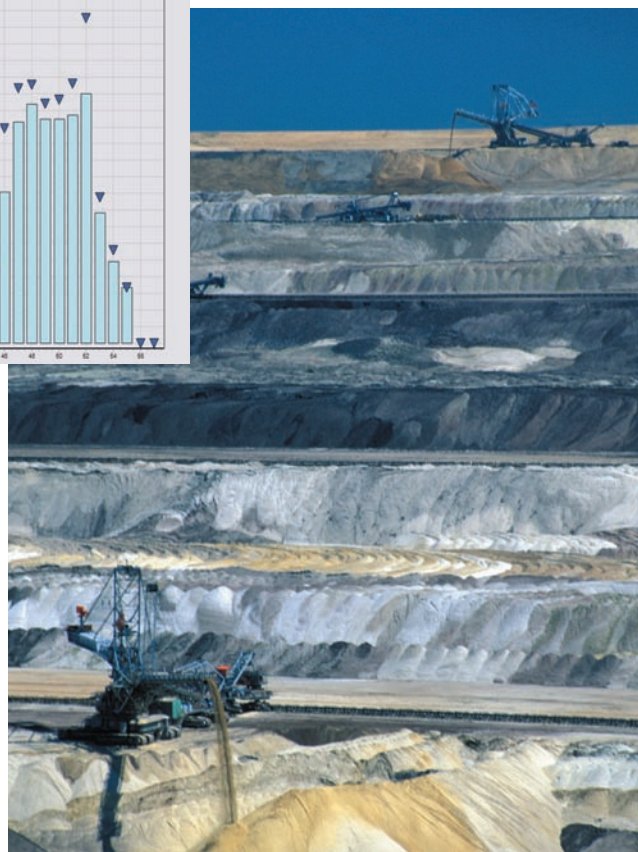
Dane wypracowane przez system śledzenia są wykorzystywane również do monitorowania ograniczeń wydajności. Wyświetlany jest przenośnik, dla którego – na podstawie obli-

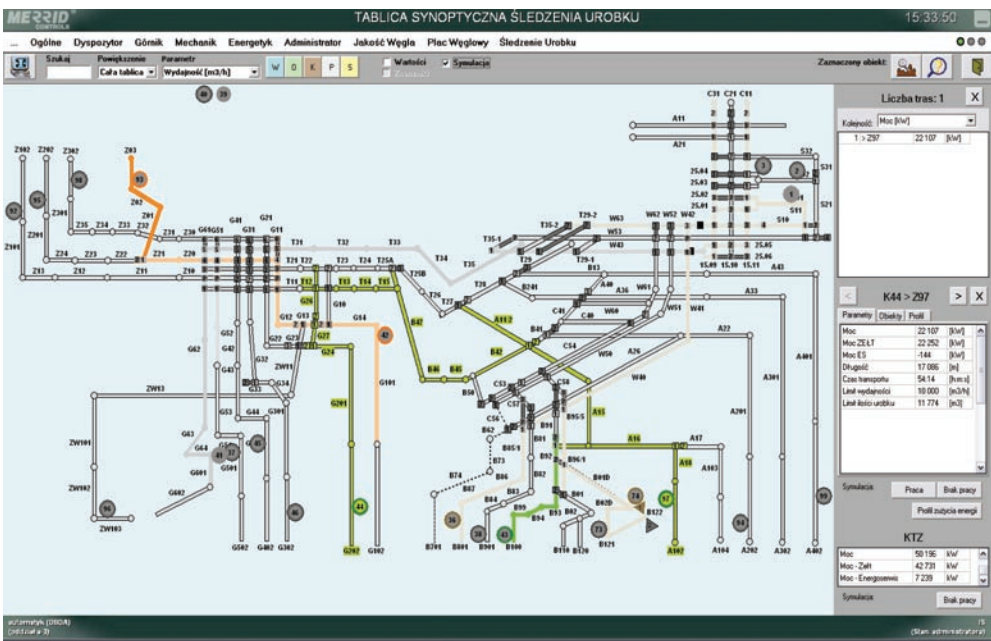
czeń – szacowany jest czas do potencjalnego przesypu. Na dużej tablicy synoptycznej jest wyświetlane ostrzeżenie w postaci dymku w punkcie potencjalnego zagrożenia, przesypu. Funkcjonalność ta może być dalej wykorzystana dla sterowania przenośnikami taśmowymi, np. w przypadku braku reakcji dyspozytora na potencjalne zagrożenie system wygeneruje sygnał do zatrzymania zagrożonego przenośnika i wyświetli odpowiedni komunikat [2].

6. Optymalizacja pracy układu KTZ w powiązaniu z ich energochłonnością

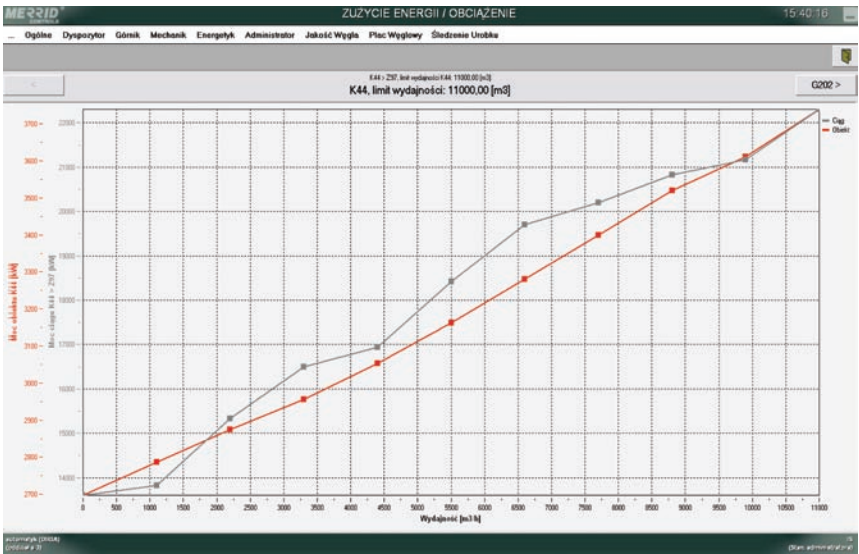
W roku 2012 został opracowany, a w latach 2014-15 wdrożony „Projekt optymalizacji pracy układów KTZ wykorzystujący funkcję śledzenia urobku” [3]. Stworzone specjalistyczne oprogramowanie analizuje wydajność układów KTZ w powiązaniu ze zużyciem energii elektrycznej. Do każdej próbki generowanej przez system śledzenia urobku dołączona jest informacja o zużyciu energii elektrycznej koniecznej do wydobycia określonej masy próbki, jej transportu na zwałowisko lub do elektrowni.

W próbce zawarta jest także informacja o koparce źródłowej, obliczane są koszty energii elektrycznej dla wydobycia i transportu węgla do elektrowni lub placu uśredniania, a nadkładu na zwałowisko.





Rys. 5. Symulacja zużycia energii.



Rys. 6. Profil zużycia energii.

Jeżeli na pracującym przenośniku nie jest podany urobek, to w systemie śledzenia tworzone są próbki o zerowej objętości, zawierające jedynie informacje o zużyciu energii elektrycznej. Dzięki temu można dokładnie wyliczyć zużycie energii na przenośnikach bez urobku i koszt energetyczny pracy na pusto.

- Tablica synoptyczna zużycia energii elektrycznej.

Dla oceny pracy poszczególnych elementów układów KTZ oraz symulowania alternatywnych dróg transportu opracowano aktywną tablicę synoptyczną. Można tutaj na bieżąco odczytywać moce, długości ciągów, czas transportu w zależności od wybranej trasy i założonej wydajności. System w pierwszym kroku pokazuje aktualne wielkości, a w następ-

nym wyświetla możliwość położenia i daje dowolny wybór dla odstawy urobku.

Prognoza mocy zostanie wyliczona na podstawie danych historycznych z pracy poszczególnych przenośników. Na rysunku 5 przedstawiono zasymulowane połączenie K-44 z Z-97 przy wydajności 10.000 m³/h, dla którego tabelarycznie system wyliczył i zaprezentował parametry.

- Wykres zużycie energii a obciążenie [3].

Po uruchomieniu tablicy synoptycznej zużycia energii, a następnie profilu zużycia, przechodzimy do wykresu wybranego obiektu, gdzie w porównaniu z całym ciągiem, przedstawiono zużycie energii w zależności od wydajności (rys. 6). Klawi-

WSKAZÓWKI URUCHAMIANIA:

- ☒ 1. SPRAWDŹ CZY NA CIĄGU NIE MA WODY, ŚNIEGU, ZAŁADOWANEGO SPRZĘTEM UROBKU.
- ☒ 2. SPRAWDŹ GOTOWOŚĆ PRZENOŚNIKÓW Z101, Z13, Z12, Z11, Z10, G41, G42, G43, G44, G45, G401
- ☒ 3. USTAW "URUCHAMIANIE ODWROTNE" DLA PRZENOŚNIKÓW G42, G43, G44, G45, G401
- ☐ 4. USTAW "URUCHAMIANIE GRUPOWE" DLA PRZENOŚNIKÓW Z101, Z13, Z12, Z11, Z10, G41
- ☐ 5. URUCHOM ODWROTNIE
WYŚLŹ ROZKAZ "START" ZE STACYJKI PRZENOŚNIKA G401
(PRZENOŚNIKI G401, G45, G44, G43, G42 ZOSTANĄ KOLEJNO URUCHOMIONE)
- ☐ 6. URUCHOM GRUPOWO
WYŚLŹ ROZKAZ "START" ZE STACYJKI PRZENOŚNIKA Z101 (DO 10 MINUTY)
(PRZENOŚNIKI Z101, Z13, Z12, Z11, Z10, G41 ZOSTANĄ KOLEJNO URUCHOMIONE)

Rys. 7. Asystent uruchamiania ciągów.

Tabela 1. Podstawowe dane charakteryzujące wielkość i energochłonność układów KTZ w KWB Bełchatów.

Rok	Wskaźnik energochłonności układów KTZ [KWh/m³]	Łączna długość przenośników taśmowych [km]	Łączna wysokość podawania urobku [m]
2010	5,23	126	564
2011	5,60	135	595
2012	5,36	138	616
2013	5,36	147	607
2014	5,14	148	605
2015	5,38	157	653

0,7 mln złotych. Wdrożone funkcje optymalizacyjne pozwalają na ekonomiczne sterowanie pracą tych układów. Przy rosnącej długości przenośników taśmowych i wysokości podnoszenia urobku (obliczonej dla obu Pól „Bełchatów” i „Szczerców” od najniższego punktu wyrobiska do najwyższego zwałowiska) wskaźnik energochłonności w ostatnich latach ma tendencję spadkową, poza rokiem 2015, w którym

sze nawigacji po lewej lub prawej stronie pozwalają na przeglądanie wykresów z poszczególnych obiektów.

- Asystent uruchamiania ciągów KTZ – wskazówki.

W celu ułatwienia pracy dyspozytorów po wybraniu trasy można uruchomić tzw. asystenta, który podpowie odpowiednie kroki, aby zrealizować symulację. Rys. 7 przedstawia wskazówki. Operacje 1, 2, 3 zostały wykonane, a operacje 4, 5, 6 należy wykonać. Uruchamianie przenośników w rozruchu odwrotnym czy grupowym to funkcjonalność wdrożona w KWB Bełchatów i wykorzystywana do ich sterowania[1].

zdecydowanie wzrosła wysokość transportowanego urobku. Zestawienie przedstawiono w tabeli 1.

Zaprezentowane praktyczne wykorzystanie funkcji śledzenia urobku, jest ciągle usprawniane i rozbudowywane. Aktualnie budowany jest moduł raportowy, pozwalający przy pomocy zdefiniowanych wskaźników ocenić efektywność pracy układów KTZ w danej chwili, w ciągu zmiany i doby.

Andrzej Kopertowski
Wiceprezes Zarządu PGE GiEK S.A. Bełchatów

Marcin Kołodziejczak
Projektant oprogramowania – Merrid Controls Sp. z o.o. Łódź

7. Podsumowanie

Nowoczesne moduły obliczeniowe, wdrożone w KWB Bełchatów jako funkcja śledzenia ilości i jakości urobku w systemie wydobywczym, są podstawą do optymalizacji pracy układu KTZ. Moduły te dostarczają także niezbędne informacje dla procesu nawęglania elektrowni.

Proces wydobywania węgla czy zdejmowania nadkładu jest procesem energochłonnym. Dzielne zużycie energii elektrycznej może wynosić dla układów KTZ do 3 GWh, a koszt energii do

Literatura:

[1] Marcin Kołodziejczak, Leszek Hertel – Sposób sterowania rozruchem ciągu przenośników, minimalizujący czas pracy przenośników nieobciążonych. Górnictwo i Geoinżynieria Rok 35. Zeszyt 3/1.
[2] Merrid Controls Sp z o.o. – Rozbudowa Systemu Wydobywczego. Dokumentacja projektowa w zakresie funkcji śledzenia ilości i jakości urobku.
[3] Merrid Controls Sp z o.o. – Rozbudowa Systemu Wydobywczego. Projekt optymalizacji pracy układów KTZ wykorzystujący funkcje śledzenia urobku.

