

RAJMUND HORST
JAN ZDZIEBKO

Mechanizacja oraz automatyzacja w procesach produkcyjnych Polskiej Grupy Górniczej S.A.

W Polskiej Grupie Górniczej S.A. w dalszym ciągu podejmowane są działania na rzecz mechanizacji i automatyzacji prac dążące do wzrostu efektywności produkcji oraz zmniejszenia obciążenia fizycznego górników. Mechanizacja prac obejmuje kolejne obszary, umożliwiając proces automatyzacji procesów eksploatacji podziemnej. W artykule przedstawiono wiodące obszary rozwiązań w zakresie mechanizacji i automatyzacji w obszarze transportu kopalnianego, mechanizacji robót udostępniających i pomocniczych, zdalnego sterowania przenośnikami taśmowymi oraz rozdzielniami głównymi. Artykuł zawiera również opis realizowanych prac sprzyjających procesom automatyzacji: działania w obszarze standaryzacji wyposażenia kompleksów ścianowych, monitoring ciśnienia sekcji obudów zmechanizowanych, łączność bezprzewodową, elektroniczną identyfikację majątku produkcyjnego, wizualizacje parametrów pracy maszyn i urządzeń.

Słowa kluczowe: *produkcja węgla kamiennego, maszyny górnicze, mechanizacja, automatyzacja*

1. WSTĘP

Coraz większe wyzwania, przed jakimi stają podmioty gospodarcze w górnictwie węgla kamiennego, spowodowały, że wymagane jest wsparcie techniczne pozwalające osiągnąć takie rozwiązania, które dają użytkownikowi gwarancję uzyskania założonych wskaźników techniczno-ekonomicznych. Optymalizacja kosztów produkcji jest jednym z kluczowych zadań stawianych przed osobami kierownictwa oraz dozoru ruchu kopalni węgla kamiennego. Ciągłe poszukiwanie najkorzystniejszego rozwiązania do osiągnięcia założonego celu wymaga od kierownictwa każdego szczebla stosowania skutecznych metod i środków działania. Mechanizacja, automatyzacja oraz informatyzacja procesu produkcyjnego pozwala zapewnić skuteczną realizację działań, które umożliwią uzyskanie zaplanowanych efektów organizacyjnych i ekonomicznych na etapie prowadzenia eksploatacji górniczej [1].

Systemy sterowania i monitoringu, zdolne do adaptacji i uczenia się, są coraz szerzej stosowane w praktyce przemysłowej. Techniki internetu rzeczy (IoT – *Internet of Things*) oraz komunikacji bezpośredniej maszyna do maszyny (M2M – *Machine to Machine*) coraz mocniej wpływają na strukturę i funkcjonalność systemów sterowania stosowanych w maszynach, kształtując przy tym ideę Przemysłu 4.0 (Industry 4.0). Systemy sterowania zgodne z IoT wykorzystują inteligentne sieci komunikacyjne, często o dużym stopniu komplikacji, łącząc poszczególne podzespoły, moduły, elementy wykonawcze i sensory [2].

Polska Grupa Górnicza S.A. prowadzi eksploatację w coraz trudniejszych warunkach górniczo-geologicznych, które wymagają stosowania nowych rozwiązań technicznych pozwalających zapewnić bezpieczeństwo pracowników przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności procesu wydobywania węgla.

Obserwując współczesny przemysł, można dostrzec jeszcze inny czynnik determinujący ukierunkowanie

przedsiębiorstw na zwiększenie stopnia automatyzacji i mechanizacji. Jest to wzrost kosztów osobowych pracowników, co wymusza efektywne wykorzystanie ich czasu pracy przez odciążanie w pracach niebezpiecznych, monottonnych i powtarzających się oraz w pracach prostych.

Wymusza to inwestowanie w naukę obsługi nowoczesnych maszyn i urządzeń oraz rozszerzenie kadr o pracowników posiadających wiedzę i umiejętności związane nie tylko z górnictwem, elektrotechniką i budową maszyn. Aktualnie pożądane kompetencje dotyczą takich dziedzin nauki, jak: elektronika, informatyka, automatyka, telekomunikacja, robotyka czy mechatronika [3].

Działania PGG S.A. mające na celu usprawnienie procesu produkcji poprzez mechanizację i automatyzację koncentrują się w następujących obszarach:

- mechanizacja:
 - transport kopalniany,
 - roboty udostępniające i przygotowawcze;
- budowa środowiska sprzyjającego automatyzacji procesów:
 - standaryzacja wyposażenia ścianowego,
 - monitorowane ciśnienie w sekcjach obudowy zmechanizowanej,
- Centrum Nadzoru Energomechanicznego:
 - wizualizacja i sterowanie procesami produkcyjnymi,
 - łączność bezprzewodowa;
- automatyzacja:
 - centralne sterowanie odstawa,
 - wizualizacja i sterowanie rozdzielniami.

2. OBSZARY MECHANIZACJI W PGG

2.1. Transport kopalniany

W ujęciu ogólnym transport to zespół czynności polegających na przemieszczaniu w czasie i przestrzeni dóbr z wykorzystaniem odpowiednich środków transportu. Optymalizacja transportu jest istotnym czynnikiem w procesie produkcyjnym kopalni, dlatego też do zadań menadżerów należy rozwiązanie takich problemów jak:

- optymalizacja tras przewozowych,
- minimalizacja kosztów transportu,
- dobór odpowiedniego rodzaju transportu,
- zapewnienie ciągłości procesu produkcyjnego, minimalizacja zakłóceń w procesie zaopatrzenia, terminowość i niezawodność dostaw materiałowych.

Transport kopalniany jest nierozzerwalnie związany z procesem eksploatacyjnym, mamy do czynienia ponadto z transportem materiałów, maszyn, urządzeń, urobku i przede wszystkim ludzi. Można go podzielić na trzy ogniwa:

- transport poziomy na powierzchni obejmujący załadunek niezbędnych materiałów oraz urządzeń w magazynach i ich przewóz do podszybia,
- transport pionowy (ciągnięcie) szybem wydobywczym,
- transport poziomy od podszybia na dole w kopalni do przodka eksploatacyjnego i w inne rejony współuczestniczące w eksploatacji złoże [4].

2.1.1. Transport maszyn, urządzeń i materiałów

W Polskiej Grupie Górniczej S.A. transport dołowy po głównych drogach przewozowych oraz do przodków, które mają zabudowane trasy realizowany jest za pośrednictwem kolejek podwieszanych, ponadto transport przyszybowy i oddziałowy wspierany jest przy wykorzystaniu ciągników manewrowych. Aktualnie Polska Grupa Górnicza S.A. użytkuje 54 ciągniki manewrowe przy 28 w roku 2017.

2.1.2. Transport załogi

Optymalizacja pracy ma ścisły związek z wdrożeniem szeregu usprawnień logistycznych w jego różnych aspektach wpływających na polepszenie efektywności procesu produkcji. Wiele z nich pozwala na zaoszczędzenie czasu oraz energii, którą niejednokrotnie pracownicy muszą wydatkować na dojście w odległe rejony. Dlatego też dokłada się starań, by modernizować przenośniki taśmowe w zakresie szybkiego transportu pracowników do odległych miejsc pracy i z powrotem.

Aktualnie w kopalniach PGG S.A. użytkowanych jest 28 przenośników przystosowanych do jazdy ludzi w porównaniu z 18 w roku 2019.

2.2. Roboty udostępniające i przygotowawcze

Wielkość robót przygotowawczo-udostępniających ma zasadniczy wpływ na zdolności wydobywcze poszczególnych kopalń węgla kamiennego. Zapewnienie odpowiedniego wyprzedzenia w prowadzonych robotach przodkowych jest istotnym czynnikiem w całym procesie produkcyjnym. Szczególne znaczenie

z punktu widzenia ekonomicznego, ale i techniczne- go ma prowadzenie robót udostępniających bez nad- miernego wyprzedzenia z dużym postępowaniem do- bowym, do czego niezbędne jest prowadzenie robót z wyko- rzystaniem kombajnów chodnikowych o optymalnej mocy dla danych przekrojów wyrobiska oraz parame- trów urabianych skał.

Obecnie w PGG S.A. drążenie wyrobisk korytarzo- wych realizowane jest w 85% przy wykorzystaniu kombajnów chodnikowych, a 15% – robót prowadzo- nych z użyciem środków strzałowych. Odpowiednio w 2017 roku było to 78% i 22%.

W zależności od wielkości obudowy chodnikowej, w jakiej ma być drążone wyrobisko, oraz od struktury geologicznej calizny, w jakiej będzie urabiał kombajn chodnikowy, w spółce wykorzystywane są cztery klasy kombajnów przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Udział procentowy poszczególnych klas kombajnów chodnikowych pracujących w PGG S.A.

Klasa kombajnu wg PGG	Moc silnika w głowicy urabiającej [kW]	Udział procentowy [%]
A	min. 100	41
B	min. 130	33
C	min. 150	16
D	min. 200	10

Podczas drążenia wyrobisk korytarzowych techni- ką strzelniczą, gdzie wymagane jest usunięcie frag- mentów skały płonnej i węgla z ociosów oraz stropu, stosowane są spągoładowarki. Są maszynami samo- bieżnymi opartymi na podwoziu gąsienicowym o na- pędzie elektrohydraulicznym, w którym wszystkie funkcje sterownicze realizowane są na drodze hydrau- licznej. Obecnie PGG S.A. użytkuje 49 spągoładowa- rek w robotach udostępniających i pomocniczych.

Istotnym elementem zapewniającym ciągłość pro- cesu produkcyjnego kopalni jest utrzymanie już ist- niejących wyrobisk korytarzowych w stanie technicz- nym zapewniającym wymagane gabaryty, które zagwarantują odpowiedni przepływ powietrza oraz komunikację dla transportu urobku i materiałów. Prace te wykonywane są przez spągoładowarkipow- szechnie stosowanaw polskim górnictwie węglowym. Służą do pobierki spągu, prac załadowniczych w chod- nikach i do podciągania materiałów w różnych miej- scach infrastruktury kopalnianej [5].

Wraz z postępowaniem producenci dostarczają bardziej zaawansowanych rozwiązań w zakresie prowadzenia robót przodkowych, stosując w nich napędy kołowe. PGG S.A. użytkuje dwie maszyny górniczena podwo- ziu kołowym z napędem spalinowym pod nazwą handlową ROBOKOP. Mobilny wóz wielofunkcyj- ny wykorzystywany jest w przodkach korytarzowych niewyposażonych w instalacje elektryczne lub pneu- matyczne między innymi do transportu materiału i urobku.

3. BUDOWA ŚRODOWISKA SPRZYJAJĄCEGO AUTOMATYZACJI PROCESÓW

3.1. Standaryzacja wyposażenia kompleksów ścianowych

Polska Grupa Górnicza S.A. za pośrednictwem Zakładu Remontowo-Produkcyjnego, należącego do spółki, wdraża proces standaryzacji obudów zmecha- nizowanych oraz przenośników ścianowych i podścia- nowych.

3.1.1. Standaryzacja obudów zmechanizowanych

Proces standaryzacji obudów ścianowych realizo- wany jest w szczególności w odniesieniu do konstruk- cji podzespołów obudowy oraz hydrauliki siłowej.

Zakład Remontowo-Produkcyjny PGG S.A. na podstawie analizy zapotrzebowania kopalni na obudo- wy ścianowe opracował trzy główne zakresy geome- tryczne ich pracy:

- 1,2–2,4 m,
- 1,5–3,5 m,
- 1,9–4,1 m.

Powyższy podział zakresu obudów zabezpiecza w 90% potrzeby spółki.

3.1.2. Standaryzacja obudów zmechanizowanych

Proces standaryzacji przenośników ścianowych i podścianowych realizowany jest w odniesieniu do konstrukcji rynien przenośników zgrzeblowych.

Na podstawie analizy stanu majątkowego oraz do- stępne rozwiązania techniczne określono po dwa standardy przenośników zgrzeblowych ścianowych i podścianowych oraz parametry geometryczne rynny w nich stosowanej.

Przenośniki zgrzeblowe ścianowe:

- klasa 800,
- klasa 1000.

3.2. Monitorowanie ciśnień w sekcjach obudowy zmechanizowanej

Pogarszające się warunki eksploatacyjne są czynnikiem utrudniającym wykorzystanie maszyn i urządzeń w kompleksach ścianowych w układzie pełnej automatyzacji. Wymusza to poszukiwania rozwiązań, które zagwarantują uzyskanie założonych wskaźników wydobycia przy utrzymaniu maksymalnego bezpieczeństwa załogi i efektywnego wykorzystania maszyn podczas eksploatacji. Dla zapewnienia wymaganego bezpieczeństwa w procesie eksploatacji niezbędne jest zabezpieczenie nowo wybranych przestrzeni oraz zapewnienie prawidłowego podparcia stropu w wyrobiskach ścianowych. Spełnienie tych wymagań realizowane jest w PGG S.A. dzięki zastosowaniu obudowy zmechanizowanej z systemem monitorowania ciśnienia.

W kopalniach PGG S.A. użytkowane są 22 systemy monitorowania ciśnienia w przestrzeniach podtłokowych stojaków obudowy zmechanizowanej w wersji pasywnej i aktywnej.

System pasywny umożliwia wizualizację ciśnienia w stojakach obudowy zmechanizowanej i na podstawie tych danych prezentowana jest forma graficzna i tabelaryczna zmiany ciśnienia w pojedynczych sekcjach.

System aktywny umożliwia podobnie jak pasywny pełną wizualizację ciśnienia w stojakach sekcji oraz pozwala na automatyczne dobijanie ciśnienia do założonej wartości.

3.3. Centra nadzoru energomechanicznego. Wizualizacja i sterowanie procesami produkcyjnymi

Prawidłowa praca maszyn i urządzeń wymaga centralnego nadzoru, co realizowane jest w PGG S.A. przez dyspozytornie energomechaniczne na monitorach oraz wielkoformatowych tablicach synoptycznych, na których informacje są przedstawiane w sposób graficzny w postaci umownych piktogramów, jednostkowych symboli w większości podświetlanych oraz wyświetlaczy cyfrowych.

Monitorowanie przebiegu procesu produkcyjnego w kopalni jest jednym z ważniejszych sposobów uzyskiwania informacji o zdarzeniach występujących w tym procesie. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w odniesieniu do maszyn i urządzeń pracujących w trybie zadanym lub zautomatyzowanym, dla których bardzo ważne jest monitorowanie, rejestracja i późniejsze odtwarzanie rzeczywistych parametrów procesu produkcyjnego. Dane te mogą być uzyskiwane bezpośrednio z urządzeń pomiarowych, aparatury kontrolnej, urządzeń sterujących lub z pomiarów wykonywanych przez wyspecjalizowane służby kopalniane. Informacje z monitorowania procesów produkcyjnych przetwarzane są i archiwizowane bezpośrednio w miejscu ich pozyskania. Część z nich jest też archiwizowana w programach dziedzicznych systemu SZYK 2 oraz w hurtowni danych nadzorowanej przez Zakład Informatyki i Telekomunikacji PGG S.A.

3.4. Łączność bezprzewodowa

Eksploatacja poszczególnych pokładów węgla sięga coraz głębiej, a obszary wydobywcze zlokalizowane są w coraz większej odległości od szybów. Tak zaistniałe warunki powodują konieczność szukania i stosowania w kopalniach nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie łączności i komunikacji. Stosowane do tej pory rodzaje łączności, w tym między innymi w kopalnianej kolei podziemnej – łączność trolejfonowa, wykorzystująca przewód ślizgowy trakcji elektrycznej, łączność w szybie wykorzystująca linię wyciągową lub też przewodowe systemy stosowane w ratownictwie górniczym są systematycznie zastępowane nowocześniejszymi systemami bezprzewodowymi.

W systemach transportu podziemnego łączność pomiędzy operatorami środków transportu a dysponentem jest kluczowa do zapewniania efektywnego transportu oraz bezpieczeństwa ludzi znajdujących się na drogach. Podczas prowadzenia akcji ratowniczej konieczne jest zapewnienie świadomości sytuacyjnej osób kierujących akcją na poszczególnych szczeblach, a zastępami ratowniczymi – tu również niezawodny system łączności jest gwarantem skuteczności i bezpieczeństwa.

Dostępne na świecie nowe rozwiązania w zakresie łączności bezprzewodowej zwiększają poziom bezpieczeństwa, a dodatkowo ułatwiają i przyspieszają pracę załóg górniczych, zwiększając tym samym ich

efektywność. Kopalnie PGG S.A. posiadają łącznie blisko 113 km długości/zasięgu dołowych oraz szybowych systemów łączności bezprzewodowej opartych na kablu promieniującym lub antenach wraz z punktami dostępowymi (89 km w roku 2019). Duży nacisk na wysoki stopień niezawodności projektowanych urządzeń spowodował, że obecnie produkowane urządzenia charakteryzują się dużą trwałością i odpornością na działanie warunków zewnętrznych.

4. OBSZARY AUTOMATYZACJI W PGG S.A.

4.1. Centralne sterowanie odstawą

W ostatnich latach kontynuowane jest odchodzenie od układów sterowania rozproszonego przenośników taśmowych na rzecz systemów do centralnego zarządzania odstawą urobku. Nowoczesne układy monitorowania i sterowania pracą kopalni w zdecydowanej liczbie przypadków uwzględniają pracę przenośników pod względem płynności odstawy urobku oraz ich rozruchu i hamowania. Aktualnie kopalnie spółki użytkują ponad 100 przenośników taśmowych wykorzystujących zdalne/centralne sterowanie (66 przenośników w 2019 roku).

4.2. Wizualizacja i sterowanie rozdzielniami

W PGG S.A. w dalszym ciągu wdrażane jest zdalne sterowanie rozdzielniami, które przynosi pożądane efekty. Jedynym ograniczeniem w tym zakresie są koszty realizacji.

Aktualnie użytkowanych jest ponad 49 rozdzielni ze zdalnym sterowaniem.

5. WNIOSKI

Polska Grupa Górnicza S.A. dzięki mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych w połączeniu z przetwarzaniem, wymianą i archiwizacją danych staje się przedsiębiorstwem wykorzystującym sprawdzone nowoczesne rozwiązania.

Należy stwierdzić, że zwiększanie poziomu automatyzacji i mechanizacji w produkcji węgla kamiennego jest warunkiem koniecznym do zachowania konkurencyjności eksploatacji podziemnej.

Za kluczowe czynniki determinujące automatyzację można uznać zapewnianie wzrostu efektywności produkcji oraz otoczenie prowadzenia eksploatacji podziemnej – uwarunkowania środowiskowe zagrożeń naturalnych, ograniczenia prawne adaptacji urządzeń z innych branż. Duże znaczenie mają zachodzące współcześnie zmiany kadrowe. Zmniejszający się zasób potencjału ludzkiego, szczególnie związanego z górnictwem i znającym jego specyfikę oraz znaczny wzrost udziału kosztów pracy, generuje większy nacisk na implementację nowych rozwiązań, ale zarazem nastęrcza trudności związanych z zatrudnianiem odpowiednio wykwalifikowanych pracowników.

Dodatkowo specyfika kopalń i zagrożeń warunkuje celowe i indywidualne podejście do rozwiązań mogących mieć zastosowanie w górnictwie, co może utrudniać, a z pewnością również spowalniać proces modernizacji szeroko pojętego parku maszynowego w kopalniach węgla kamiennego.

Według jednej z wiodących firm konsultingowych rynek zautomatyzowanych technologii rośnie w tempie ponad 40% rocznie i do 2027 roku ma osiągnąć wartość ponad 25 miliardów dolarów. PGG S.A. dąży do wykorzystywania potencjału automatyzacji. Zauważalne jest jednak, że tempo powstawania sprawdzonych nowoczesnych górniczych rozwiązań przemysłowych jest niewystarczające. To niewątpliwie ogromne wyzwanie dla jednostek naukowo-badawczych oraz menadżerów odpowiedzialnych za usprawnianie procesów produkcyjnych i logistycznych w branży górniczej.

Literatura

- [1] Kicki J., Jarosz J., Sobczyk E., Saługa P., Dyczko A. (red. nauk.): *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2005*. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2005 (Sympozja i Konferencje nr 64).
- [2] Stankiewicz K., Jasiulek D., Jagoda J., Jura J.: *Rozproszone systemy sterowania maszyn i urządzeń górniczych*. *Maszyny Górnicze* 2016, 3: 54–66.
- [3] Gierlotka S.: *Rozwój elektryfikacji kopalń węgla kamiennego*. *Hereditas Minariorum* 2016, 3: 225–236.
- [4] Fuksa D., Wilkosz A.: *Organizacja transportu poziomego w systemie logistycznym kopalni węgla kamiennego*. *Logistyka* 2015, 4: 8850–8855.
- [5] Konsek R., Deja P.: *Nowe rozwiązanie układu zasilającego sterującego górniczej maszyny mobilnej*. *Maszyny Górnicze* 2018, 4: 67–77.

mgr inż. RAJMUND HORST

mgr inż. JAN ZDZIEBKO

Polska Grupa Górnicza S.A.

ul. Powstańców 30, 40-039 Katowice

j.zdziebko@pgg.pl