ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Górnictwo z. 61 Nr kol. 406

Antoni Morawski

WARUNKI EFEKTYWNOŚCI AUTOMATYZACJI DOŁOWEGO TRANSPORTU KOŁOWEGO

Streszczenie. W referacie omówiono rolę dołowego transportu kołowego w procesie produkcyjnym kopalni, przeprowadzono analizę nakładów inwestycyjnych na automatyzację w warunkach dwóch skrajnie różnych technologii transportu, wskazano na źródło efektów ekonomicznych modernizacji transportu oraz sprecyzowano warunki efektywności automatyzacji dołowego transportu kołowego.

Wstęp

Transport urobku jest jednym z ważniejszych ogniw procesu produkcyjnego kopalń. Od jego sprawności zależy w dużym stopniu wielkość wydobycia, wydajność i koszt własny kopalni. Sprawnie działający transport jest szczególnie ważny w dobie intensywnej mechanizacji przodków eksploatacyjnych i towarzyszącego jej wzrostu koncentracji produkcji. Dążąc do usprawnienia transportu kołowego poszukuje się nowych jego rozwiązań lub podniesienia efektywności już istniejących poprzez automatyzację transportu i wprowadzanie zmian organizacyjnych.

Jakkolwiek celem niniejszego referatu jest omówienie warunków efektywności automatyzacji transportu kołowego, wydaje się niemożliwe dokonanie tego w oderwaniu od stosowanych w przemyśle węglowym technologii transportu.

Nie można było również pominąć omówienia efektów ekonomicznych związanych z modernizacją transportu.

Omówienie obydwu tych zagadnień pozwoliło wyciągnąć właściwe wnioski dotyczące warunków efektywności automatyzacji dołowego transportu kołowego.

1. Rola dołowego transportu kołowego w procesie produkcyjnym kopalni

Transport dołowy kopalni dzieli się na transport oddziałowy i transport główny.

Zadaniem transportu oddziałowego jest odstawa urobku z przodków wybierkowych do głównych wyrobisk transportowych, natomiast zadaniem transportu głównego jest odstawa urobku chodnikami głównymi od granic oddziałów do podszybia. Transport oddziałowy rozwiązywany jest za pomocą przenośników,

a transport główny za pomocą przenośników lub przewozu szynowego. W transporcie głównym naszych kopalń przeważa przewóz szynowy, a to ze względu na możliwość magazynowania urobku w wozach kopalnianych oraz ich przydatność do transportu materiałów i ludzi. Konieczność magazynowania urobku na styku transportu przodkowego i głównego oraz głównego i pionowego wynika z dużej nierównomierności spływu urobku z przodków, przy czym transport główny pełni usługową rolę w stosunku do pozostałych elementów procesu produkcyjnego kopalni.

Usługowa rola transportu głównego podyktowana jest koniecznością maksymalnego wykorzystania drogich maszyn i urządzeń zainstalowanych w przodkach wybierkowych oraz równie drogiego wyciągu pionowego.

W miarę wzrostu stopnia mechanizacji przodków wybierkowych wzrasta natężenie spływu urobku z przodków i rola transportu głównego staje się coraz trudniejsza, coraz większe są zadania transportowe.

Z tych zwiększonych zadań przestarzały transport kołowy nie jest w stanie się wywiązać.

2. Istota dotychczasowej tradycji technologii transportu kołowego i problemy związane z jego automatyzacją

Tradycyjny system dołowego transportu kołowego oparty jest na wozach małych i średnich o sztywnych skrzyniach. W systemie tym wozy kopalniane pełnią obok swej normalnej funkcji środka przewozowego funkcję zbiorników urobku. W tym celu organizowane są stacje wozów próżnych i ładownych w rejonie punktów załadowczych i na podszybiu. W punktach załadowczych urobek zsypywany jest bezpośrednio z taśmy do wozów.

Ze względu na długi czas napełniania wozów podstawianie próżnych wozów pod wysyp odbywa się za pomocą tzw. popychaków. Próżne składy wozów dostarczane są lokomotywami z podszybia do stacji wozów próżnych w punktach załadowczych, a składy pełne ze stacji wozów pełnych przy punktach załadowczych do stacji wozów pełnych na podszybiu.

Bezpośrednimi skutkami magazynowania urobku w wozach jest stosowanie nadmiernej liczby wozów w stosunku do zadań transportowych, konieczność rozbudowy sieci chodników przewozowych i rozjazdów torowych, duże zatłoczenie dróg przewozowych i związana z tym nierównomierność ruchu pociągów.

Najbardziej skomplikowanym węzłem komunikacyjnym w tradycyjnym transporcie kołowym jest podszybie i to zarówno szybu klatkowego jak i skipowego. Każde z nich charakteryzuje się małą przepustowością, a konieczność zapewnienia ciągłości pracy wyciągu zmusza do organizowania na podszybiu stacji wozów próżnych i pełnych.

O złożoności dróg przewozowych na podszybiu niech świadczy fakt, że liczba tras przewozowych lub tzw. przebiegów dochodzi do 60 i więcej.

Opisana technologia transportu ze względu na swą złożoność i brak ciągłości ruchu pociągów w punktach załadowczych i na podszybiu nie nadaje się do pełnej automatyzacji. Duże nakłady inwestycyjne na automatyzację zwrotnic przy zbyt powolnym ruchu pociągów przekreślają możliwość uzyskania efektów ekonomicznych. Jedynie względy bezpieczeństwa mogą uzasadniać automatyzację niektórych węzłów trakcyjnych.

3. Nowoczesna technologia transportu i jej wpływ na automatyzację

Nowoczesna technologia transportu opiera się na wozach samowyładowczych i zbiornikach urobku zwanych wyrównawczymi. Zbiorniki urobku budowane są na stykach transportu oddziałowego i głównego oraz głównego i pionowego. Pierwszy z nich nosi nazwę zbiornika polowego, a drugi - przyszybowego.

Zastosowanie zbiorników urobku polowych i przyszybowych pozwala na gruntowną zmianę dotychczasowej technologii transportu. Dzięki wyrównawczemu działaniu zbiorników liczbę pociągów można dobierać do średniej, a nie do szczytowej wydajności oddziałów wydobywczych.

Zbiorniki polowe umożliwiają budowę stacji załadowczych o wydajności 1500÷2000 t/h, co odpowiada załadowaniu 100 tonowego składu wozów w czasie 3÷4 minut. Dzięki dużej wydajności ładowania stacje wozów próżnych i pełnych w punktach załadowczych stają się niepotrzebne, a ładowanie składów odbywa się przy jednostajnym ruchu wozów pod załadownią bez odpinania lokomotywy. Popychaki jako zbyt powolne nie nadają się do tego celu. Nowoczesna stacja załadowcza może być zbudowana w chodniku przelotowym lub końcowym, a jej wydajność dobowa nawet przy jednotorowej linii przewozowej może dochodzić do 5000 ton i więcej.

Przy prawidłowym rozwiązaniu urządzeń załadowczych stacji jej automatyzacja nie stanowi problemu.

Zastosowanie zbiornika urobku na podszybiu i wozów samowyładowczych do przewozu urobku pozwala na rozładowywanie ich w ruchu. Należy zauważać, że stosowanie zbiornika urobku na podszybiu ma sens tylko wtedy, gdy wydajność urządzeń rozładowczych jest znacznie wyższa od wydajności wyciągu szybowego. Warunek ten jest łatwy do spełnienia tylko przy zastosowaniu wozów samowyładowczych i stąd wynika konieczność ich zastosowania w nowoczesnym transporcie.

Jak z powyższego opisu wynika w nowoczesnych systemach transportowych wozy spełniają tylko funkcję środka przewozowego, a do magazynowania urobku stosowane są zbiorniki.

Cechą charakterystyczną nowoczesnych rozwiązań transportowych jest równomierność ruchu pociągów. Wszystkie wozy na danym poziomie wydobywczym z wyjątkiem rezerwy znajdują się w ruchu. Uzyskiwana krążność wozów wynosi 10, 20 a nawet 30 cykli na dobę. Dzięki dużej wydajności nowoczesnych systemów transportowych maleje liczba wozów i lokomotyw niezbędnych do obsłużenia danego poziomu wydobywczego, zmniejsza się długość czynnych dróg

przewozowych, liczba punktów załadowczych i skrzyżowań. Przy dobrze utrzymanym podtorzu można rozwijać znacznie większe szybkości jazdy wskutek zmniejszonego zatłoczenia dróg przewozowych.

Nakłady na automatyzację w nowoczesnych systemach transportowych są nieporównywalnie niższe niż w systemach dotychczas stosowanych. Ponadto nowoczesna technologia transportu stwarza nowe, niespotykane dotychczas warunki dla rozwoju automatyzacji. Ruch bezzałogowy pociągów, trudny do rozwiązania w tradycyjnych systemach transportowych, daje się łatwo zrealizować w nowoczesnym transporcie.

4. Efekty ekonomiczne automatyzacji i modernizacji dołowego transportu kołowego

W dotychczasowych rozwiązaniach transportowych pod pojęciem automatyzacji transportu kryją się następujące jej fragmenty:

- sterowanie pojedynczych zwrotnic z lokomotywy w ruchu,
- sygnalizacja semaforowa zajętości dróg przewozowych,
- sterowanie zwrotnic z lokomotywy w ruchu w węzłach trakcyjnych połączone z blokadą przebiegów kolizyjnych i sygnalizacją semaforową,
- automatyzacja obiegu wozów i lokomotyw na podszybiu.

Ten ostatni fragment automatyzacji w tradycyjnych systemach transportowych jest najbardziej złożony i wymaga dużych nakładów finansowych, a niektóre jego elementy trudne są do zautomatyzowania. Dlatego też najczęściej automatyzuje się na podszybiu kolejki łańcuchowe i wywroty, przy czym spinanie i rozpinanie pozostaje nadal ręczne, natomiast zwrotnice i semafory wyposaża się w układy centralnego sterowania z dyspozytorni przewozowej. Jeżeli chodzi o podszybia klatkowe, te w ogóle nie nadają się do automatyzacji.

Inaczej przedstawia się sprawa automatyzacji podszybia w nowoczesnych rozwiązaniach transportowych ze zbiornikami urobku i wozami samowyładowczymi. Obieg wozów na podszybiu sprowadza się tu do jednej pętli, a proces rozładowania wozów odbywa się samoczynnie na zasadzie współpracy mechanizmów wozu samowyładowczego z rampą rozładowczą.

Dla umożliwienia kierowcom lokomotyw nadzorowania procesu ładowania wozów w punktach załadowczych i rozładowywania na podszybiu wskazane jest zastosowanie układów zdalnego sterowania lokomotyw.

Ogólnie rzecz biorąc automatyzacja transportu kołowego przyczynia się do:

- skrócenia czasu przejazdu pociągów przez węzły trakcyjne,
- zmniejszenia liczby zatrzymań i rozruchów pociągów,
- zwiększenia stopnia bezpieczeństwa pracy.

Efekty automatyzacji transportu są tym większe, im technologia transportu jest prostsza i bardziej do automatyzacji przystosowana. W tradycyjnych rozwiązaniach transportowych nakłady inwestycyjne na automatyzację mogą być tak duże, że automatyzacja się nie opłaci.

Dla uwydatnienia wpływu technologii transportu na koszty automatyzacji oraz wszechstronnej przewagi jaką ma nowoczesny transport kołowy nad tradycyjnym sporządzono tablicę parametrów porównawczych dla dwóch skrajnie różnych technologii transportu.

Jak wynika z tablicy nakłady inwestycyjne na automatyzację w nowoczesnym transporcie są około dziesięć razy mniejsze niż w tradycyjnym. Niższy jest również koszt eksploatacji urządzeń automatyki. Zastosowanie nowoczesnej technologii transportu pozwala ponadto na przejście do wyższych form automatyzacji i wprowadzenia bezzałogowego ruchu pociągów. Nowoczesna technologia może być zastosowana w nowych lub modernizowanych poziomach wydobywczych.

Efektywność modernizacji transportu zgodnie z tablicą porównawczą wynika z możliwości:

- zmniejszenia w skrajnym przypadku liczby wozów do 1/100 dotychczasowego stanu,
- liczby lokomotyw do ok. $\frac{1}{5}$ dotychczasowego stanu,
- zaoszczędzenia około 400 ton stali w przeliczeniu na 1000 ton wydobycia dobowego przy okazji wymiany wozów,
- wyeliminowania z użycia kolejek łańcuchowych i wywrotów,
- na sumę około 1 mln zł w przeliczeniu na 1000 ton wydobycia dobowego,
- uproszczenie dróg przewozowych,
- zmniejszenia pracochłonności w transporcie,
- wyeliminowania decydującej roli czynników przypadkowych w transporcie,
- zwiększenia zdolności przepustowej przewozu kołowego o kilka tysięcy ton/dobę.

Modernizcaja transportu wymaga również nakładów finansowych na pokrycie kosztów:

- budowy zbiorników urobku w wysokości około 1 mln zł/1000 ton wydobycia,
- zakupu wozów samowyładowczych i lokomotyw w wysokości ok. 1 mln zł/1000 ton wydobycia/dobę,
- zmian promieni krzywizn niektórych wyrobisk,
- przekucia torów,
- przystosowania podszybia do nowej technologii transportu.

Trzy ostatnie pozycje kosztów są znaczne i mogą się wahać od kilkudziesięciu do kilkuset milionów złotych. Mimo tak dużych nakładów inwestycyjnych modernizacja może być przedsięwzięciem bardzo opłacalnym, jeżeli pociąga za sobą wzrost wydobycia węgla. Uzasadnia się to dużym, bo sięgającym 320 mln zł/1000 ton wydobycia dobowego, kosztem budowy nowych kopalń.

Tablica parametrów porównawczych dwóch skrajnie różnych systemów transportowych

Lp.	Wyszczególnienie	Tradycyjny system transportowy, wozy małe, magazynowanie urobku w wozach	System transportowy oparty na wozach samowyładowczych i zbiornikach urobku	U w a g i
[1]	Liczba stosowanych zwrotnic na jednym poziomie wydobywczym	50 i więcej	5-10	
[2]	Koszt automatyzacji zwrotnic w najprostszym wydaniu	2,5 mln zł	250-500 tys. zł	Przyjęto koszt automatyzacji jednej zwrotnicy w wysokości 50 tys. zł
[3]	Koszt konserwacji aparatury	700 tys. zł/rok	70-140 tys. zł/rok	Zgodnie z wynikami badań Zakładu Ekonomiki ZKMPW przyjęto koszt konserwacji jednej zautomatyz. zwrotnicy w wys. 14.000 zł/r
[4]	Celowość automatyzacji	Pełna automatyzacja transportu niecelowa ze wzgl. na duże nakłady inwestyc. Częściowa-uzasadniona tylko względami bhp	Pełna automatyzacja jest celowa i wskazana ze względu na małe nakłady inwestycyjne i większe prędkości jazdy pociągów	
[5]	Uzyskiwana krążność wozów w cyklach na dobę	1,5-2	10-30	Na podstawie konkretnych przykładów
[6]	Liczba wozów niezbędnych do przewozu 1000 ton urobku/dobę	$\frac{1000}{1,5 \cdot 0,7} = 950$ szt.	$\frac{1000}{20 \cdot 5,0} = 10$ szt.	
[7]	Koszt zakupu wozów na każdy 1000 ton dobowego wydobycia	950 . 4000 = 3,8 mln zł	10 .33.400 = 334 tys. zł	Aktualne ceny wozów: - mały 0,7 t - 4000 zł - 5 tonowy samowyładowczy - 33.400 zł
[8]	Odpisy amortyzacyjne	3 . 8 . 0,1 = 380 tys. zł	334 . 01 = 33.400 zł	
[9]	Stosunek ciężaru wozu do pojemności wozu	0,66 - dla wozów małych 0,4 - " " średnich 0,33 - " " dużych	0,62 dla 5 tonowego wozu samowyładowczego	Z katalogu wyrobów Montana
[10]	Łączny ciężar wozów do przewozu 1000 t/d	950 . 0,66 . 0,7 = 440 ton	10.0.62.5 = 31 ton	
[11]	Długość chodników zajmowanych przez wozy dla 1000 t/d	350 . 1,5 m = 1425 m	10 . 4,7 m = 47 m	
[12]	Liczba niezbędnych lokomotyw 1000 t/d	3-4	0,5	Na podstawie konkretnych rozwiązań
[13]	Liczba kierowców 1000 t/d	7,5-10	1,25	Przyjęto dla I zmiany 100% dla II zmiany 100% III zmiany 50%
[14]	Koszt urządzeń rozładowczych w przelicz. 1000 t/d	około 0,5 mln zł	około 10 tys. zł	
[15]	Koszt kolejek łańcuchowych 1000 t/d	około 200 tys. zł	nie stosowane	
[16]	Nakłady inwestycyjne na budowę nowych kopalń w przeliczeniu na 1000 ton wydobycia dobowego	320 mln zł dla węgla energetycznego 640 mln zł dla węgla koksującego		

Modernizacja transportu kołowego winna być w każdym wypadku poprzedzona dokładną analizą ekonomiczną. W pewnych okolicznościach może okazać się celowe przeprowadzenie częściowej modernizacji transportu poprzez stopniowe wprowadzanie nowoczesnych załadowni w miarę wykruszania się starych. Ta częściowa modernizacja pozwoli na zrezygnowanie z zastosowania popychaków do podstawiania wozów pod załadownie, zmniejszenie liczby rozjazdów w rejonie załadowni, zmniejszenie o około 50% liczby wozów oraz podniesienie ogólnej sprawności transportu. Częściowa modernizacja transportu jest szczególnie korzystna dla tych poziomów wydobywczych, na których stosowane są stosunkowo duże wozy, a wydajność wywrotów przy określonej wydajności wyciągu pionowego jest wystarczająca.

Wnioski

Z przeprowadzonych rozważań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. W istniejących kopalniach P.W. stosowane są dwie zasadniczo różne technologie transportu kołowego:
   - tradycyjna, oparta na wozach małych i średnich o sztywnych skrzyniach,
   - nowoczesna, oparta na dużych wozach samowyładowczych i zbiornikach urobku.
2. Tradycyjne rozwiązania transportowe charakteryzują się złożonością dróg przewozowych, brakiem ciągłości ruchu pociągów, dużym zatłoczeniem tras przewozowych i bardzo często złym stanem technicznym dróg przewozowych.
3. Nowoczesne rozwiązania transportowe dzięki zastosowaniu wozów samowyładowczych i zbiorników urobku są wysoko wydajne, charakteryzują się prostymi rozwiązaniami dróg przewozowych na podszybiu i w punktach załadowczych.
4. Automatyzacja tradycyjnego transportu kołowego jest nieefektywna tak jak nieefektywny jest sam transport, wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, przewyższających niejednokrotnie możliwości finansowe kopalni.
5. Kompleksowa automatyzacja transportu winna być poprzedzona wszechstronną analizą ekonomiczną efektywności automatyzacji, przy czym w analizie zawsze należy rozważyć celowość uprzedniej modernizacji transportu.
6. Modernizacja transportu kołowego jest przedsięwzięciem wysoce efektywnym, stwarza warunki dla efektywnego zastosowania automatyzacji i pozwala na wprowadzenie wyższych form automatyzacji.
7. Nieodzownym warunkiem automatyzacji poza wymienionymi jest zastosowanie niezawodnej aparatury.

LITERATURA

[1] Chwieduk R.: Warunki efektywnego zastosowania automatyzacji w przemyśle. PWE, W-wa 1970.

[2] Haight Frank A.: Mathematical theories of traffic flow. Academic Press -New York-London 1963.

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДЗЕМНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

В докладе обсуждается роль подземного рельсового транспорта в производственном процессе шахты, проводится анализ капиталовложения на автоматизацию в условиях применения двух по крайней мере разных технологических решениях транспорта, указываются источники економической эффективности модернизации транспорта, а также определяются условиях эффективности автоматизации рельсового транспорта.

CONDITIONS OF EFFICIENCY OF THE UNDERGROUND HAULAGE AUTOMATION

S u m m a r y

The role of the underground rail transport in the production process of the cole mine is discussed.

The analyses of the invest expenditure for the automation of two different schemes of the transport technology is performed.

The sourses of the economical effects of the transport modernization are indicated and the conditions of the underground rail transport automation are specified.