

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA PRĘDKOŚCI TRANSPORTU LUDZI KOLEJKAMI PODWIESZONYMI Z NAPĘDEM WŁASNYM

3.1 STAN PRAWNY W POLSCE

Zasady stosowania kolejek podwieszonych w podziemiach kopalń od lat 70-tych XX wieku zostały określone między innymi w następujących dokumentach:

- a) Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny, które zostały opracowane zgodnie z Zarządzeniem nr 38 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 10.10.1973 r. [1] i obowiązywały od 01.01.1974 r. W dokumencie tym, między innymi w § 791 określono, że szybkość jazdy kolejki przy transporcie materiałów i przewozie ludzi nie powinna przekraczać 2 m/s. Również w § 792.1 ustalono, że odległość pomiędzy najbardziej wysuniętą częścią kolejki lub transportowanego materiału, a obudową lub innymi urządzeniami powinna wynosić co najmniej 0,4 m, a w miejscu przeładunku co najmniej 0,8 m. W § 792.2 określono, że przy jeździe ludzi w miejscu wsiadania i wysiadania powinno być przejście o szerokości co najmniej 1,0 m licząc od obrysu kabiny przewozowej i o wysokości 1,8 m, natomiast w § 792.3 ustalono, że odległość od spągu do dolnej krawędzi kabiny osobowej kolejki lub pojemnika materiałowego powinna wynosić nie mniej niż 0,5 m. W § 795 określono, że sposób zawieszenia jezdni kolejki podwieszanej powinien być dostosowany do rodzaju obudowy.
- b) Wytyczne stosowania kolejek podwieszonych, Ministerstwo Górnictwa Departament Górniczy, Katowice, listopad 1978r. [2] zastąpiły „Tymczasowe wytyczne stosowania kolejek podwieszonych wydane przez Departament Górniczy MGİE w kwietniu 1971r. W wytycznych wprowadzono, że nachylenie wyrobiska, w którym zamierza się instalować kolejkę nie powinno przekraczać 45°, natomiast szybkość jazdy kolejki przy transporcie materiałów i przewozie ludzi nie powinna przekraczać 2 m/s.

Restrukturyzacja techniczna kopalń rozpoczęta w latach 90-tych XX wieku spowodowała, że od 2003 r. nastąpiły zmiany w zakresie stosowanych urządzeń transportowych, szczególnie związanych z wymianą kolejek spągowych i podwieszonych z napędami linowymi na kolejki z napędami własnymi. Uległy również nowelizacji przepisy w oparciu, o które prowadzony jest transport kolejkami. Między innymi, zgodnie z wymogami przepisów zawartych w art.113 ust.1 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981), w ruchu zakładu górniczego stosuje się wyroby, które:

- spełniają wymagania dotyczące oceny zgodności, lub

- spełniają wymagania techniczne, zostały dopuszczone do stosowania w zakładach górniczych oraz właściwie oznakowane, lub
- zostały określone w przepisach dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych oraz przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego, a także spełniają wymagania określone w tych przepisach.

Wymagania dotyczące oddawania do ruchu oraz bezpieczeństwa użytkowania układów transportu określono w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [3].

Zgodnie z normami prawnymi zawartymi w powyższym rozporządzeniu, urządzenia i układy przewozu ludzi w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45°, jako obiekty podstawowe zakładu górniczego wymagają pozwolenia wydanego przez właściwy organ na podstawie wniosku kierownika ruchu zakładu górniczego.

Zawarte w rozporządzeniu wymagania bezpieczeństwa użytkowania regulują między innymi zagadnienia dotyczące:

- utrzymania stanu technicznego oraz zasad eksploatacji i konserwacji zgodnie z ustaleniami dokumentacji techniczno-ruchowych,
- utrzymania wyrobisk i zabudowy układów w sposób gwarantujący zachowanie gabarytów ruchowych,
- obowiązków osób dozoru ruchu oraz pracowników obsługi w zakresie organizacji prowadzonych prac oraz kontroli środków transportu,
- wyposażenia w urządzenia sygnalizacji, łączności i zabezpieczenia ruchu,
- organizacji oraz warunków prowadzenia przewozu lub jazdy ludzi, gdzie w § 555.1. prędkość przewozu ludzi środkami transportu linowego i z napędem własnym nie może przekraczać 2 m/s, natomiast w § 553.1. odstęp między krawędziami środka transportowego, a obudową wyrobiska, ociosem lub odrzwiami oraz między dwoma mijającymi się środkami transportowymi powinien wynosić co najmniej 0,25 m jak również w § 553.3. odstęp między krawędziami najszerszego środka transportowego kolei podwieszanych i kolei spągowych a obudową wyrobiska, ociosem, odrzwiami lub maszynami i urządzeniami powinien wynosić co najmniej 0,4 m. W miejscach przeładunku odległość ta powinna wynosić co najmniej 0,8 m.

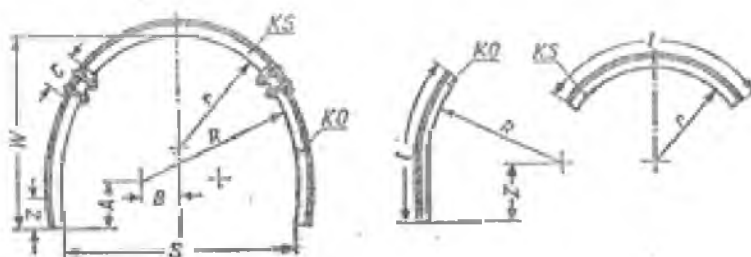
Ponadto obowiązują:

- Dyrektywa 2006/42/WE – Bezpieczeństwo maszyn, wprowadzone Rozporządzeniem Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dn. 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. nr 199, poz. 1228),
- Dyrektywa 94/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 23 marca 1994 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstwa Państw Członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem wprowadzona Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. nr 263, poz. 2203),
- Dyrektywa 97/23/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 29 maja 1997 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstwa Państw Członkowskich dotyczących urządzeń

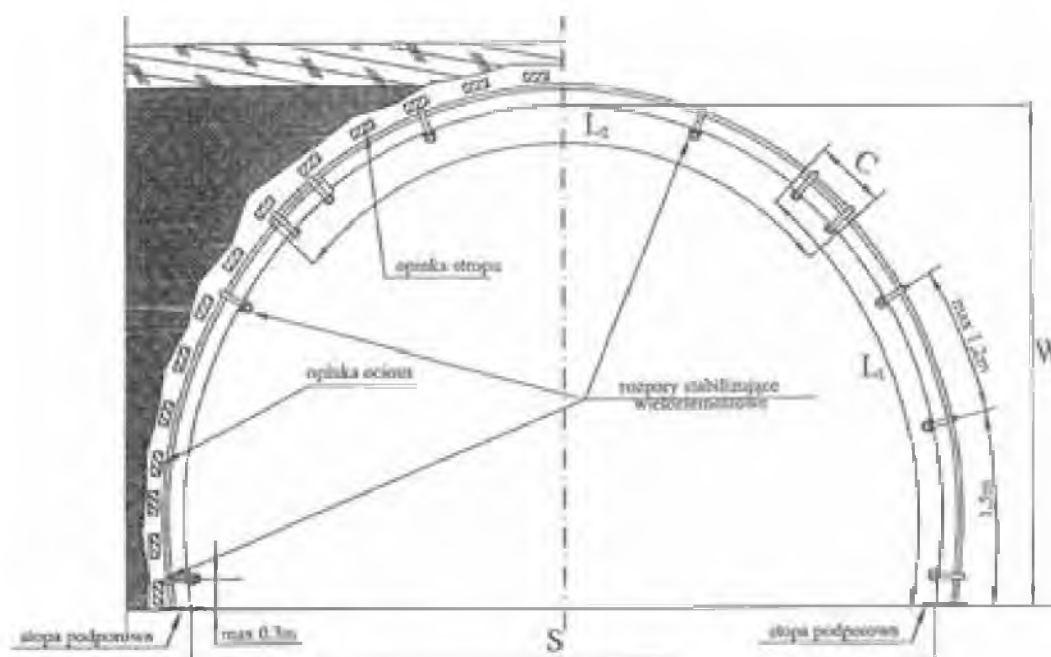
ciśnieniowych wprowadzona Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów ciśnieniowych (Dz. U. nr 263, poz. 2200),

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 sierpnia 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla silników spalinowych w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych przez te silniki (Dz. U. Nr 202 poz. 1681).
- Normy PN, PN-EN, materiałowe i przedmiotowe dla części zastosowanych do budowy kolejki.

Zawarte w aktach normatywnych wymagania bezpieczeństwa użytkowania środków transportu w podziemiach kopalń wymusiły na producentach ciągników oraz ich użytkownikach ograniczenie prędkości przewozu ludzi do 2 m/s środkami transportu linowego i z napędem własnym, jak również na użytkownikach wykonanie i utrzymanie wyrobisk oraz zabudowy układów transportowych w sposób gwarantujący zachowanie gabarytów ruchowych. Do zabudowy wyrobisk stosowano różne typy obudowy. Najczęściej stosowano obudowę stalową łukową podatną o profilu KS, KO18 lub KO21 i wielkości odrzwi 7. Szerokość wyrobiska wynosiła 4200 mm, a wysokość 3100 mm, natomiast przekrój poręczny w świetle obudowy wynosił 10,1 m². Na rys. 3.1 przedstawiono przykładowo schemat obudowy ŁP.



Rys. 3.1 Schemat obudowy ŁP [6]



Rys. 3.2 Obudowa łukowa podatna ŁP trzyelementowa [4]

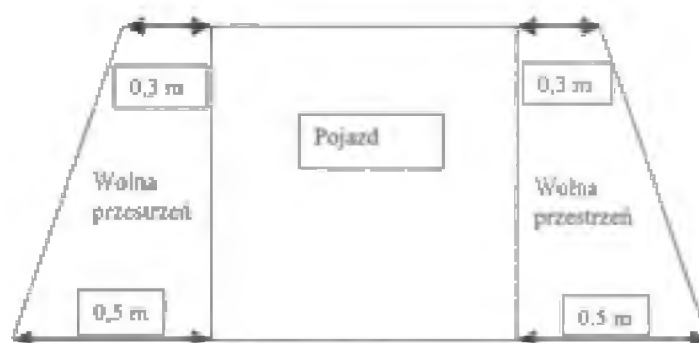
Wraz z upływem czasu oraz ze względu na zwiększające się wymagania przetransportowania jak największej liczby ładunków zwiększeniu ulega przekrój poprzeczny wyrobisk transportowych. W chwili obecnej obudowa łukowa podatna LP wykonywana jest o profilu V w rozmiarze 9. Szerokość wyrobiska wynosi 5000 mm, a wysokość 3500 mm. Wymiary te zapewniają przekrój poprzeczny wyrobiska wynoszący 14,3 m². Na rys. 3.2 przedstawiono przykładowo obudowę łukową podatną LP trzelementową.

3.2 STAN PRAWNY ZA GRANICĄ

Analizę funkcjonowania wybranych zagadnień transportu kolejkami podwieszonymi z napędem własnym przeprowadzono w oparciu o akty prawne w Niemczech [4] i Rosji [5]. Szczególną uwagę zwrócono na przepisy regulujące prędkość przewozu ludzi środkami transportu z napędem własnym i warunki jego prowadzenia.

3.2.1 Wytyczne Okręgowego Urzędu Arnsberg w Niemczech

Z przepisów zawartych w wytycznych Okręgowego Urzędu Arnsberg, Dział Górnictwo i Energia w NRW, dla podwieszanej kolejki (KSP) z napędem akumulatorowym oraz spalinowym w zakładach podziemnych kopalń węgla kamiennego z 14.12.2005 (Wytyczne dla jednoszynowej podwieszanej kolejki) wynika, że prędkość przewozu środkami transportu linowego i z napędem własnym nie może przekroczyć 3,0 m/s. Natomiast zwiększenie prędkości jazdy ciągników i kolejek powyżej 2,0 m/s wymusza poszerzenia skrajni do wielkości gabarytów przedstawionych na rys. 3.3 [4].



Rys. 3.3 Profil przestrzeni dla prędkości jazdy > 2,0 m/s [4]

3.2.2 Dokumenty normatywne Federalnego Górniczego i Przemysłowego Dozoru Rosji

Stan bezpieczeństwa urządzeń transportowych w górnictwie węglowym oparto o „Dokumenty normatywne dotyczące bezpieczeństwa, dopuszczeniowej i nadzorczej działalności w przemyśle górniczym” [5]. Organami nadzoru jest Federalny Górniczy i Przemysłowy Dozór Rosji (Gostechnadzor Rosji).

Z dokumentów normatywnych [5] (punkt 5.18) wynika, że prędkość jazdy zestawem kolejek spalinowych podwieszonych powinna być mniejsza niż 2,0 m/s. Transport ładunków długich i wielkogabarytowych powinien być wykonywany przy prędkości nie większej niż 1 m/s. Zestaw kolejki podwieszanej powinien być załadowany w taki sposób, aby między znajdującymi się na sąsiadujących wózkach z ładunkami zachowana była odległość zapewniająca przejazd zestawu na zakrętach i pofałdowaniach trasy, ale nie mniej niż 0,3m.

Przy tym na całej długości trasy kolejki skrajnia między górną częścią przewożonego ładunku i dolną częścią trasy podwieszanej powinna wynosić nie mniej niż 50 mm.

3.3 STRUKTURA TRANSPORTU W WYROBISKACH

Istotnym elementem w stosowanych systemach transportu jest analiza trendów zachodzących zmian co do długości tras jak i środków transportowych, za pomocą których jest prowadzony. Przedmiotem analizy były:

- długość tras kolejek podwieszonych z napędem własnym w latach 2000-2006,
- długość tras transportu oraz liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45°,
- struktura wyrobisk w eksploatacji podpoziomowej w latach 2007-2012,
- zestawienie długości tras transportu dla wybranych kopalń,
- procentowy udział w długości tras związany z nachyleniem dla wybranych kopalń.

3.3.1 Długość tras kolejek podwieszonych z napędem własnym w latach 2000-2006, długość tras transportu i liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45°

Analizę rozpoczęto od scharakteryzowania długości tras kolejek podwieszonych z napędem własnym w latach 2000-2006, co przedstawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Długość tras kolejek podwieszonych z napędem własnym w latach 2000-2006

Lp.	Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	Długość trasy transportu kolejkami podwieszonymi z napędem własnym [km]	152	204	228	235	246	371	424,9
2	Liczba kopalń [szt.]	42	42	41	39	35	33	33
3	Średnia długość trasy kolejki podwieszanej z napędem własnym przypadająca na kopalnię [km]	3,6	4,9	5,6	6,0	7,0	11,2	12,9
4	Długość tras transportu ogółem [km]	2217	2074	1997,2	1933	1868	1801,2	1745,5
5	Procentowy udział kolejek podwieszonych z napędem własnym w długości tras ogółem	6,8	9,8	11,4	12,2	13,2	20,6	24,3

Długości tras transportu i liczby kolejek podwieszonych z napędem własnym w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45° przedstawiono w tabeli 3.2.

Na podstawie danych zawartych w tabelach 3.1 i 3.2 można stwierdzić, że:

- długość tras ogółem uległa zmniejszeniu z 2217 km w 2000 r. do 1753,4 km w 2012 r. tj. o 20,9%. Liczba kopalń w tym czasie zmniejszyła się z 42 do 31 tj. o 24,4%. Stąd wniosek, że wraz z likwidacją kopalń długość tras transportowych ulega zmniejszeniu,
- długość tras kolejek podwieszonych z napędem własnym ulega systematycznie wydłużeniu ze 152 km w 2000 r. do 826,4 km w 2012 r. tj. 5,5 razy. Stąd wniosek, że długość tras dynamicznie wzrasta bez względu na zmniejszającą się liczbę kopalń,
- średnia długość trasy kolejki podwieszanej z napędem własnym przypadającej na jedną

kopalnię wzrosła z 3,6 km w 2000 r. do 26,6 km w 2012 r. tj. 7,4 razy. Na tej podstawie można stwierdzić, że długość tras dla tego środka transportu ulega dynamicznemu wzrostowi,

- procentowy udział długości tras kolejek podwieszonych z napędem własnym w stosunku do długości tras ogółem uległ zwiększeniu z 6,8% w 2000 r. do 47,1% w 2012 r. tj. 6,9 razy.

Tabela 3.2 Długość tras transportu oraz liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45°

Lp.	Lata	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Długość tras ogółem [km]	1697,4	1677,4	1833,1	1792,0	2029,5	1753,4
2	Długość tras kolejek podwieszonych z napędem własnym [km]	540,5	632,5	691,1	688	904,9	826,4
3	Procentowy udział pozycji 2 w 1 [%]	31,8	37,7	37,7	38,4	44,6	47,1
4	Liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym [szt.]	211	246	286	322	394	471
5	Średnia długość trasy przypadająca na jedną kolejkę podwieszoną z napędem własnym [km]	2,6	2,6	2,4	2,1	2,3	1,8
6	Liczba kopalń [szt.]	32	32	31	32	31	31
7	Średnia długość trasy przypadająca na kolejki podwieszone z napędem własnym na kopalnię [km]	16,9	19,8	22,3	21,5	29,2	26,6
8	Liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym przypadająca na kopalnię [szt.]	6,6	7,7	9,2	10,1	12,7	15,2

Można stwierdzić, że długość tras kolejek z napędem własnym ulega istotnemu zwiększeniu:

- liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym uległa zmianie z 211 szt. w 2007 r. do 471 szt. w 2012 r. tj. wzrosła 2,2 razy,
- średnio liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym przypadająca na jedną kopalnię wzrosła z 6,6 szt. w 2007 r. do 15,6 szt. w 2012 r. tj. 2,4 razy.

Na podstawie danych zawartych w tabelach 3.1 i 3.2 można stwierdzić, że następuje dynamiczny rozwój transportu kolejkami podwieszonymi z napędem własnym, zwłaszcza w latach 2000-2012. Ponadto, można uznać, że trend ten utrzymuje się. Po przeanalizowaniu długości tras i liczby pracujących środków transportu należy ocenić w jakich warunkach transport ten jest realizowany.

3.3.2 Analiza długości tras transportu kolejkami podwieszonymi z napędem własnym dla 10 wybranych kopalń

Analizę długości tras transportu przeprowadzono na podstawie danych z 10 wybranych kopalń KW SA., KHW SA., JSW SA.

Długość tras transportu podzielono ze względu na kąt nachylenia wyrobiska na:

- poziome i o nachyleniu do 4°,
- pochyłe o nachyleniu od 5-30°.

Dla ww. kopalń w tabeli 3.3 zestawiono długości tras transportu ze względu na nachylenie. Natomiast w tabeli 3.4 przedstawiono procentowy udział tras o nachyleniu do 4° i z przedziału od 5-30°.

Tabela 3.3 Zestawienie długości tras transportu dla analizowanych kopalń

Lp.	Kopalnia	Długość tras ogółem [km]	Długość tras o nachyleniu do 4° [km]	Długość tras o nachyleniu od 5-30° [km]
1	1	29,3	7,7	21,6
2	2	25,0	8,0	17,0
3	3	26,0	8,0	18,0
4	4	28,0	9,0	19,0
5	5	85,0	19,0	66,0
6	6	45,0	35,0	10,0
7	7	50,0	37,2	12,8
8	8	24,0	8,0	16,0
9	9	27,0	12,0	15,0
10	10	10,0	6,0	4,0
11	Razem	349,3	149,9	199,4

Tabela 3.4 Procentowy udział w długości tras związany z nachyleniem dla wybranych kopalń

Lp.	Kopalnia	Długość tras ogółem [%]	Długość tras o nachyleniu do 4° [%]	Długość tras o nachyleniu od 5-30° [%]
1	1	100,0	26,3	73,7
2	2	100,0	32,0	68,0
3	3	100,0	30,7	69,3
4	4	100,0	32,1	67,9
5	5	100,0	22,4	77,6
6	6	100,0	77,8	22,2
7	7	100,0	74,4	25,6
8	8	100,0	33,3	66,7
9	9	100,0	44,4	55,6
10	10	100,0	60,0	40,0
11	Średnia	100,0	43,3	56,7

Na podstawie danych z tabeli 3.3 można sformułować następujące wnioski:

- długość tras o nachyleniu do 4° zmienia się od 6,0 km (kopalnia 10) do 37,2 km (kopalnia 7), świadczy to o modelu udostępnienia złoża i liczbie wyrobisk nachylonych do 4°. Długość tras transportu zawiera się w przedziale od 6,0-37,2 km, a średnia długość tras transportu przypadającą na 1 kopalnię wynosi 15 km.
- długość tras o nachyleniu od 5-30° zmienia się od 4,0 km (kopalnia 10) do 66,0 km (kopalnia 5), co świadczy o tym, że tylko w ¼ wyrobisk (kopalnia 6) transport prowadzony jest po trasach o nachyleniu powyżej 4° (czyli w przedziale 5-30°), natomiast w ¾ wyrobisk (kopalnia 5) prowadzony jest transport o nachyleniu powyżej 4°. Dla pozostałych kopalń długość trasy o nachyleniu od 5-30° osiąga wartości od 4,0-66,0 km. Średnio długość tras o nachyleniu od 5-30° wynosi 20,0 km.
- średnio długość transportu przypadająca na kopalnię wynosi 35,0 km, długość ta jest zróżnicowana i zawiera się w przedziale od 10,0 km (kopalnia 10) do 85,0 km (kopalnia 5).

Na podstawie danych z tabeli 4 można sformułować następujące wnioski:

- długość wyrobisk o nachyleniu do 4° zmienia się od 22,4% (kopalnia 5) do 77,8% (kopalnia 6). Transport dla kopalni 6 prowadzony jest prawie w 78% w wyrobiskach o nachyleniu do 4° , natomiast dla 10 kopalń wartość średnia wynosi 43%.
- długość wyrobisk o nachyleniu od $5-30^\circ$ zmienia się od 22,4% (kopalnia 6) do 77,6% (kopalnia 5), co świadczy o tym, że tylko w $\frac{1}{4}$ wyrobisk kopalni 6 transport prowadzony jest po trasach o nachyleniu powyżej 4° , natomiast w $\frac{3}{4}$ wyrobisk prowadzony jest transport o nachyleniu powyżej 4° , natomiast dla 10 kopalń w 57% wyrobisk transport jest realizowany po trasach o nachyleniu od $5-30^\circ$.

Generalnie można przyjąć, że transport jest realizowany w większości wyrobisk o nachyleniu od $5-30^\circ$.

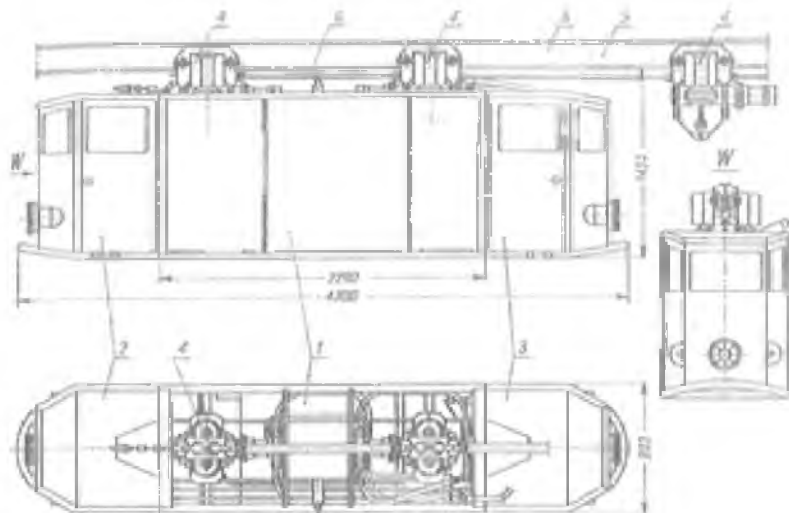
3.4 MOŻLIWOŚCI TECHNICZNE CIĄGNIKÓW W ZAKRESIE PRĘDKOŚCI PRZEJAZDU

Z przeprowadzonej analizy możliwości technicznych ciągników w zakresie prędkości przejazdu wynika, że istnieje możliwość zwiększenia prędkości przewozu ludźmi środkami transportu z napędem własnym. Między innymi dla porównania przedstawiono wybrane parametry ciągnika spalinowego Skop (rys. 3.4) [6] i ciągnika kolejki podwieszanej czarnej spalinowej typu KPCS-148 (rys. 3.5) [7].

Kolejka Skop (rys. 3.4) służyła do transportu materiałów, elementów maszyn oraz przewozu ludzi.

Podstawowe parametry napędu:

- moc silnika – ok. 22 kW,
- największa siła pociągowa przy ciśnieniu nominalnym – 12 kN,
- prędkość jazdy – do 2,5 m/s.



Rys. 3.4 Spalinowy ciągnik samojezdny Skop [3]

**1 – przedział silnikowy, 2 – kabina przednia, 3 – kabina tylna,
4 – zespół nośno-pociągowy, 5 – tor jezdny – dwuteownik 140, 6 – łącznik**

Na rysunku 3.5 przedstawiono ciągnik kolejki podwieszanej czarnej spalinowej typu KPCS-148.



Rys. 3.5 Ciągnik KPCS-148 [7]

Podstawowe parametry napędu:

- ciągnik jest napędzany silnikiem spalinowym o mocy 148 kW,
- znamionowa siła uciągu dla 4 napędów – 80 kN.

Przeprowadzono obliczenia sprawdzające możliwości transportu załogi kabinami 8 osobowymi w liczbie 4, 5 i 8 dla jednego, dwóch i trzech wozów napędowych. Przykładowe wyniki obliczeń przeprowadzone dla dwóch wozów napędowych zestawiono w tabeli nr 3.5, 3.6 oraz 3.7.

Tabela 3.5 Maksymalna prędkość przewozu ludzi dla 4 kabin 8-osobowych

Dwa wozy napędowe (siła uciągu 40 kN)						
Liczba kabin 8-osobowych			4	szt.		
masa ładunku			4760	kg		
masa całkowita			13260	kg		
Lp.	Nachylenie α	Maksymalna masa brutto zestawu dla danego nachylenia i siły uciągu	Wymagana siła uciągu dla danej konfiguracji i nachylenia	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z wydajności układu hydraulicznego	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z mocy silnika	Maksymalna prędkość z jaką może poruszać się skonfigurowany zestaw
1		t	N	m/s	m/s	m/s
2	0	101,9	5203,2	3,9	14,2	3,9
3	1	71,0	7472,7	3,9	9,9	3,9
4	2	54,5	9739,8	3,9	7,6	3,9
5	3	44,2	12004,0	3,9	6,2	3,9
6	4	37,2	14264,5	3,9	5,2	3,9

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że istnieje techniczna możliwość osiągnięcia przy istniejących ciągnikach prędkości jazdy nawet 4,0 m/s. Ze względu na maksymalną prędkość możliwą do osiągnięcia wyliczoną z mocy silnika ciągnika można zauważyć, że dopiero przy nachyleniach trasy transportu powyżej 10° prędkość z jaką może poruszać się skonfigurowany zestaw należy poniżej 2,0 m/s.

Tabela 3.6 Maksymalna prędkość przewozu ludzi dla 5 kabin 8-osobowych

Dwa wozy napędowe (siła uciągu 40 kN)						
Liczba kabin 8-osobowych			5	szt.		
masa ładunku			5950	kg		
masa całkowita			14450	kg		
Lp.	Nachylenie α	Maksymalna masa brutto zestawu dla danego nachylenia i siły uciągu	Wymagana siła uciągu dla danej konfiguracji i nachylenia	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z wydajności układu hydraulicznego	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z mocy silnika	Maksymalna prędkość z jaką może poruszać się skonfigurowany zestaw
1		t	N	m/s	m/s	m/s
2	0	101,9	5670,2	3,9	13,1	3,9
3	1	71,0	8143,3	3,9	9,1	3,9
4	2	54,5	10613,9	3,9	7,0	3,9
5	3	44,2	13081,3	3,9	5,7	3,9
6	4	37,2	15544,7	3,9	4,8	3,9

Tabela 3.7 Maksymalna prędkość przewozu ludzi dla 8 kabin 8-osobowych

Dwa wozy napędowe (siła uciągu 40 kN)						
Liczba kabin 8-osobowych			8	szt.		
masa ładunku			9520	kg		
masa całkowita			18020	kg		
Lp.	Nachylenie α	Maksymalna masa brutto zestawu dla danego nachylenia i siły uciągu	Wymagana siła uciągu dla danej konfiguracji i nachylenia	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z wydajności układu hydraulicznego	Maksymalna prędkość możliwa do osiągnięcia wyliczona z mocy silnika	Maksymalna prędkość z jaką może poruszać się skonfigurowany zestaw
1		t	N	m/s	m/s	m/s
2	0	101,9	7071,0	3,9	10,5	3,9
3	1	71,0	10155,1	3,9	7,3	3,9
4	2	54,5	13236,1	3,9	5,6	3,9
5	3	44,2	16313,1	3,9	4,5	3,9
6	4	37,2	19385,1	3,9	3,8	3,8
7	5	32,1	22451,2	3,9	3,3	3,3
8	6	28,3	25510,5	3,9	2,9	2,9
9	7	25,2	28561,9	3,9	2,6	2,6
10	8	22,8	31604,7	3,9	2,3	2,3
11	9	20,8	34637,9	3,9	2,1	2,1
12	10	19,1	37660,5	3,9	2,0	2,0
13	11	17,7	40671,6	3,9	1,8	1,8
14	12	16,5	43670,4	3,9	1,7	1,7
15	13	15,4	46655,8	3,9	1,6	1,6
16	14	14,5	49627,0	3,9	1,5	1,5
17	15	13,7	52583,2	3,9	1,4	1,4

3.5 ANALIZA KORZYŚCI UZYSKANYCH ZE ZWIĘKSZENIA PRĘDKOŚCI PRZEJAZDU ZAŁOGI

Znaczący wpływ na poziom bezpieczeństwa w podziemnych zakładach górniczych

mają coraz bardziej oddalone od szybów zjazdowych przodki i ściany. Sytuacja taka powoduje wydłużenie czasu dojścia, podczas którego mogą występować trudne warunki spowodowane zmiennymi nachyleniami wyrobisk oraz panującą wilgotnością i temperaturą.

Autorzy uważają, że załogę należy transportować kolejkami dlatego, że podczas dojścia i zejścia ze stanowiska pracy zużywa znaczną część energii, która winna być wykorzystana w procesie produkcyjnym. Ponadto pracownik, który jest transportowany do pracy jest bardziej efektywny. Pracownikowi należy zapewnić odpowiedni komfort pracy, aby nie był zmęczony dojściem do stanowiska pracy. Im pracownik jest mniej zmęczony, tym bardziej jest wydajny na stanowisku pracy. Zapewniając pracownikowi transport kolejką stwarzamy mu warunki zwiększenia efektywnego wykorzystaniu czasu pracy w ciągu zmiany. Wprowadzenie przewozu załogi w rejon miejsca pracy wpływa również korzystnie na podniesienie poziomu bezpieczeństwa załogi wynikającego z wyeliminowania przebywania pracowników na drogach transportu.

3.5.1 Transport załogi kolejkami podwieszonymi

Według informacji zawartej w [8] w styczniu 2012 r. eksploatowano:

- 279 ścian i drążonych wyrobisk chodnikowych do których transportowano załogę,
- 125 ścian i drążonych wyrobisk chodnikowych do których nie transportowano załogi.

Bez względu na sposób przemieszczania się załogi do stanowisk pracy dokonano podziału ile czasu potrzebują pracownicy, aby znaleźć się w nich.

Czas dotarcia do miejsc pracy zawiera się przedziałach:

- do 60 min.,
- 60-90 min.,
- powyżej 90 min.

W pierwszym przedziale czasu załoga docierała do 208 ścian i drążonych przodków, w drugim – 64 a w trzecim – 7. Gdy załogi nie transportowano wartość w pierwszym przedziale czasu było 116 ścian, w drugim – 7, a w trzecim – 2. Istotnym elementem jest długość tras przypadająca na poszczególne środki transportu.

Według informacji zawartej w [8] w styczniu 2012 r. wykorzystywano do jazdy ludzi następujące urządzenia transportowe o długości:

- kolejki podwieszane spalinowe – 68 szt. na długości 113,24 km,
- kolejki spągowe spalinowe – 10 szt. na długości 7,1 km,
- kolejki spągowe linowe – 14 szt. na długości 16,24 km.,
- przenośniki taśmowe – 9 szt. na długości 7,48 km,
- inne – 2 szt. na długości 0,96 km.

Łączna długość tras wynosiła 145,02 km.

W publikacji [8] podano przykładowe długości trasy i czasy dojazdu dla:

- LW „Bogdanka” – 4,1 km/35min. tj. z prędkością 1,95 m/s,
- LW „Bogdanka” – 6,0 km/1godz. tj. z prędkością 1,66 m/s,
- JSW SA. KWK „Budryk” – 3,76 km/80 min. tj. z prędkością 0,78 m/s,
- KW SA. Oddział KWK „Bielszowice” – 3,4 km/50min. tj. z prędkością 1,13 m/s.

Na przykładzie 4 wyrobisk z kopalń wynika, że średnia prędkość transportowania wynosiła 1,38 m/s.

3.5.2 Uzyskane efekty ze zwiększenia prędkości przejazdu załogi

Na podstawie danych wynika, że średnia długość trasy kolejki podwieszanej z napędem własnym wynosi 1665 m. Dla tej długości trasy przeprowadzono przykładowe obliczenia.

1. Kolejka poruszając się z prędkością $V = 2,0$ m/s pokonuje trasę w czasie 832,5 s. tj. 14 min.

2. Kolejka poruszając się z prędkością $V = 2,5$ m/s pokonuje trasę w czasie 666 s. tj. 11 min.

W ciągu zmiany dwukrotnie pokonuje trasę z prędkością 2,5 m/s zyskując 6 min. W systemie 4-ro zmianowym zyskuje się 24 min/ dobę. W przypadku osiągniętych prędkości poniżej 2,0 m/s różnica w odniesieniu do 2,5 m/s będzie posiadała wyższą wartość.

W związku z tym, że na L W „Bogdanka” załoga jest transportowana na stanowisko pracy kolejkami podwieszonymi na odległość 4,1 i 6,0 km przeprowadzono również obliczenia efektu zwiększenia prędkości transportu do 2,5 m/s. Z danych wynika, że na trasie o długości 4,1 km uzyskano czas przejazdu 35 min, natomiast zwiększając prędkość do 2,5 m/s skracamy czas przejazdu do 27 min zyskując 16 min na zmianę, co daje nam 64 min na dobę. Analogiczne obliczenia przeprowadzono dla długości trasy 6,0 km, uzyskując skrócenie czasu przejazdu na dobę o 2 godz. 40 min.

Czas pracy na dole wynosi 7,5 godz. tj. 450 min. Od czasu tego odejmujemy czas zjazdu i wyjazdu załogi tj. 40 min., a więc do dyspozycji pozostaje 410 min. Czas przemieszczania się załogi wyrobiskami wynosi 80 min. w obie strony, do dyspozycji pozostaje więc 330 min. Następną czynnością jest podział załogi, który trwa 15 min. Pracownik ma 15 min na kontrolę stanowiska pracy i czynności związane z uruchomieniem urządzenia. Tak więc tzw. czas dyspozycyjny wynosi dla ściany lub przodka chodnikowego około 300 min.

Przykładowo zwiększając czas dyspozycyjny o 40 min na zmianę, w ciągu doby w układzie czterozmianowym zwiększamy czas dyspozycyjny o 160 min. uzyskując wymierny efekt ekonomiczny.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz zauważono, że na przestrzeni 40 lat w wyniku restrukturyzacji kopalń, wprowadzono innowacyjne maszyny, nowe technologie i obudowy wyrobisk chodnikowych o zwiększonej wytrzymałości i odporności, jak również nowe rozwiązania w systemach transportu. Stwierdzono również, że zwiększył się przekrój porzecznym wyrobiska, jak również zwiększyła się liczba i długość wyrobisk związanych z udostępnieniem złoża. Wzrosła odległość stanowiska pracy od szybu, przez co wydłużył się czas dojścia załogi i jednocześnie skrócił się czas dyspozycyjny. Zauważono również, że zwiększyła się liczba kolejek podwieszonych z napędem własnym, co w konsekwencji spowodowało zwiększenie liczby przewożonych pracowników. Natomiast jedynym parametrem, który nie uległ zmianie na przestrzeni 40 lat jest prędkość jazdy ludzi. Po dogłębnej analizie dokumentów źródłowych autorzy opracowania nie ustalili genezy ograniczenia prędkości jazdy ludzi do 2,0 m/s.

Rezultatem podjętego przez autorów opracowania jest wskazanie możliwości zwiększenia czasu dyspozycyjnego załóg przez zwiększenie prędkości transportu ludzi kolejkami podwieszonymi z napędem własnym.

WNIOSKI

1. Z przeprowadzonej analizy dokumentów źródłowych [1, 2, 3] wynika, że maksymalna prędkość przewozu ludzi kolejkami podwieszonymi na poziomie 2,0 m/s została wprowadzona przepisami w roku 1973 r. [1].
2. W latach 1990 do 2013 w polskich kopalniach węgla kamiennego nastąpił dynamiczny rozwój transportu z wykorzystaniem szynowych kolejek podwieszonych z napędem własnym (spalinowym), charakteryzujący się wzrostem liczby stosowanych lokomotyw, jak również możliwości trakcyjnych samych ciągników, tj. nominalnej siły uciągu z 40 kN do 160 kN i prędkości jazdy z 2,0 m/s do 2,5 m/s.
3. Na podstawie analizy danych z kopalń wynika, że wydłużają się drogi dojścia załogi do stanowiska pracy, wobec czego w celu zwiększenia efektywności prowadzenia transportu z wykorzystaniem szynowych kolejek podwieszonych, uzasadnionym jest zwiększenie prędkości przewozu ludzi.
4. Analiza wykazała, że zwiększenie prędkości przewozu ludzi spowoduje zwiększenie czasu dyspozycyjnego na stanowiskach pracy, co wiąże się ze wzrostem wydajności oraz bezpieczeństwa załogi.
5. Zwiększenie prędkości wymaga zwiększenia odległości (skrajni) od zespołu transportowego w wyrobiskach, na odcinkach których prowadzony będzie przewóz ludzi z prędkością powyżej 2 m/s [3].
6. Zwiększenie prędkości przewozu ludzi z wykorzystaniem szynowych kolejek podwieszonych powyżej 2,5 m/s wymaga przeprowadzenia między innymi szczegółowej analizy (badań) wpływu zwiększenia prędkości jazdy zespołu transportowego na obciążenie trasy kolejki, obudowy wyrobiska oraz występujących opóźnień w czasie awaryjnego hamowania ciągnika itd.
7. Realizacja zwiększenia prędkości przewozu ludzi do 2,5 m/s wynika z możliwości zastosowania wózków hamulcowych o zmienionych nastawach oraz zadziałania mechanizmu odśrodkowego.
8. Należy podnieść poziom szkolenia operatorów kolejek podwieszonych poprzez wykorzystanie najnowocześniejszych środków szkoleniowych w postaci symulatora oraz środków audio video.
9. Rezultatem podjętego przez autorów opracowania jest wskazanie możliwości zwiększenia czasu dyspozycyjnego załóg przez zwiększenie prędkości transportu ludzi kolejkami podwieszonymi z napędem własnym.
10. Zwiększając czas dyspozycyjny o 40 min na zmianę, w ciągu doby w układzie czterozmianowym zwiększamy czas dyspozycyjny o 160 min. uzyskując wymierny efekt ekonomiczny.

LITERATURA

1. Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny, które zostały opracowane zgodnie z Zarządzeniem nr 38 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 10.10.1973 r.
2. Wytyczne stosowania kolejek podwieszonych, Ministerstwo Górnictwa Departament Górniczy, Katowice, listopad 1978 r.

3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciw-pożarowego w podziemnych zakładach górniczych.
4. Wytyczne Okręgowego Urzędu Arnsberg, Dział Górnictwo i Energia w NRW, dla podwieszanej kolejki (KSP) z napędem akumulatorowym oraz spalinowym w zakładach podziemnych kopalń węgla kamiennego z 14.12. 2005 (Wytyczne dla jednoszynowej podwieszanej kolejki).
5. Federalny górniczy i przemysłowy dozór Rosji, Seria 05 Dokumenty normatywne dotyczące bezpieczeństwa, dopuszczeniowej i nadzorczej działalności w przemyśle górniczym, Wydanie 12, Bezpieczeństwo urządzeń transportowych w górnictwie węglowym, zbiór dokumentów, Moskwa 2004
6. Poradnik górnika tom 3, transport, Katowice 1974.
7. Instrukcja Obsługi – DTR, Ciągnik podwieszony typu KPZS-148, Instrukcja oryginalna, Świerklany, styczeń 2010, praca niepublikowana.
8. Perenc B.: Bezpieczeństwo transportu w wyrobiskach kopalń węgla kamiennego, XIV Konferencja, Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie organizowana przez WUG, SITG, GIG, Wisła 17-18 kwietnia 2012 r. wersja elektroniczna nr pliku 002.
9. Koczwarą J., Kmita P.: Bezpieczeństwo pracy w aspekcie stosowania urządzeń transportowych w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny, III Międzynarodowa Konferencja nt. „Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie”, Ustroń 20-22 listopada 2007 r.

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA PRĘDKOŚCI TRANSPORTU LUDZI KOLEJKAMI PODWIESZONYMI Z NAPĘDEM WŁASNYM

Streszczenie: *W artykule przedstawiono stan prawny w Polsce i za granicą dotyczący transportu kolejkami. Przedstawiono analizę trendów w strukturze transportu w wyrobiskach oraz strukturę wyrobisk transportowych. Przeprowadzono analizę długości tras transportu kolejkami podwieszonymi, obecnie osiągnięte prędkości transportowania ludzi, jak również możliwości techniczne ciągników w zakresie prędkości przejazdu. Przedstawiono efekty uzyskane ze zwiększenia prędkości transportu ludzi kolejkami podwieszonymi z napędem własnym.*

Słowa kluczowe: *Kolejki podwieszane z napędem własnym, możliwości zwiększenia prędkości transportu ludzi, efekty uzyskane ze zwiększenia prędkości transportu ludzi.*

POSSIBILITY FOR INCREASING THE SPEED OF PERSONNEL TRANSPORT USING SUSPENDED MONORAILS WITH SELF DRIVE

Abstract: *Legal circumstances in Poland and abroad concerning monorail transport were shown in this article. It presents also an analysis of trends in transport structure, analysis of transport roads, length of suspended monorails tracks, currently achieved speed in personnel transport and haulages technical possibilities in range of transport speed. The achieved effects in increasing the speed of personnel transport using suspended monorails with self drive were presented in this article as well.*

Key words: *Suspended monorails with self drive, possibility of increasing personnel speed transport, achieved effects of increasing personnel transport speed.*

mgr inż. Tomasz BUDNIOK, dr inż. Wojciech ZASADNI

Becker-Warkop Sp. z o. o.

ul. Przemysłowa 11, 44-266 Świerklany

tel. +4832 4329903, fax. +48 32 4329901

e-mail: w.zasadni@becker-mining.com.pl

dr inż. Jan KANIA

Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii

Instytut Mechanizacji Górnictwa

ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice

e-mail: jan.kania@polsl.pl

mgr inż. Henryk MROWIEC

Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o. o. Łęczyny

ul. Łęczynska 8, 43-143 Łęczyny

dr inż. Józef RUSINEK, mgr inż. Krzysztof SZYMICZEK, mgr inż. Gerard CHLUBA

Becker-Warkop Sp. z o. o.

e-mail: j.rusinek@interia.pl; k.szymiczek@becker-mining.com.pl; marketing@becker-mining.com.pl