

Jan RYNIK

## MOŻLIWOŚĆ POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA PRACY W ŚCIANACH KOMBAJNOWYCH

**Streszczenie.** W pracy omówiono wady kombajnów wyposażonych w ciągniki łańcuchowe. Przedstawiono oryginalną konstrukcję bezciągnowego mechanizmu posuwu z przegubowym mocowaniem segmentów zębataki oraz dwie oryginalne konstrukcje ciągników łańcuchowych z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego. Wyprowadzono wnioski w zakresie poprawy bezpieczeństwa pracy w ścianach kombajnowych.

### 1. Wstęp

Wzrost bezpieczeństwa pracy załóg przodków zmechanizowanych wymaga stałego doskonalenia konstrukcji mechanizmów posuwu kombajnów węglowych. Powszeczenie stosowany łańcuchowy mechanizm posuwu nie odpowiada w pełni wymaganiom obecnej techniki górniczej. Swobodnie rozpięty wzdłuż wyrobiska ścianowego łańcuch pociągowy stanowi potencjalne zagrożenie dla załogi przodka. Szczególnie groźne dla załogi są drgania i wahania poprzeczne łańcucha (biczowanie) oraz pęknięcia ogniów wadliwie wykonanych lub zużytych. Zagrożenie to systematycznie wzrasta wraz ze wzrostem mocy silników napędowych oraz siły uciągu kombajnów i jest potęgowane wykrzywieniami czoła przodka, a zwłaszcza pofałdowaniami spągu wynikającymi z warunków załęgania pokładu. W tych trudnych warunkach górniczo-geologicznych napięty łańcuch przemieszcza się od czoła ściany i przechodzić może w stronę zawału, stwarzając duże zagrożenie dla załogi.

Ocenia się [1,6], że jedna trzecia wszystkich wypadków przy maszynach w ścianach kombajnowych jest spowodowana łańcuchem pociągowym. Jak to wynika z danych statystycznych, obserwuje się ostatnio nasilenie wypadków kat. I i ciężkich spowodowanych biczowaniem łańcucha pociągowego kombajnów ścianowych.

Umiejscowiona wzdłuż łańcucha pociągowego strefa potencjalnego zagrożenia wpływa również negatywnie na wydajność pracy załogi wyrobiska ścianowego. Zwiększona uwaga na niebezpieczeństwo ze strony łańcucha kombajnowego niekorzystnie odbija się na normalnej pracy zatrudnionych w przodku załóg. Obawa załogi przed tym zagrożeniem przyczynia się do określonej dekoncentracji i zmniejszenia uwagi na odcinku wykonywanej pracy oraz do zmniejszenia uwagi i czujności na inne zagrożenia w przodku ścianowym.

Swobodnie rozpięty wzdłuż ściąny łańcuch kombajnowy utrudnia też w istotny sposób roboty przodkowe, w szczególności np. przy wykrzywionym ozole ściąny powoduje samowylądowanie się przenośnika ścianowego w wyniku wpadania łańcucha pociągowego do rynien przenośnika oraz wpływa niekorzystnie na dynamikę pracy kombajnów [2]. Przy pofalowanym pokładzie i wykrzywionym ozole ściąny łańcuch pociągowy uderza i ociera się o elementy obudowy, wpływając niekorzystnie na trwałość, skuteczność i efektywność pracy obudów przodkowych.

Równolegle z pracami zmierzającymi do konstrukcji niezawodnych w działaniu bezpiecznych mechanizmów posuwu, celowe i niezbędne jest prowadzenie intensywnych prac nad udoskonaleniem konstrukcji powszechnie jeszcze stosowanych ciągników łańcuchowych, w szczególności w kierunku poprawy warunków pracy i bezpieczeństwa pracy załóg.

W pracy przedstawiono opracowane w Zespole Maszyn do Urabiania i Ładowania Instytutu Mechanizacji Górnictwa, według koncepcji autora bezpieczne dla załóg ściąn nowe konstrukcje ciągników kombajnowych.

## 2. Analiza środków stosowanych do ograniczenia skutków drgań poprzecznych (biczowanie) łańcucha

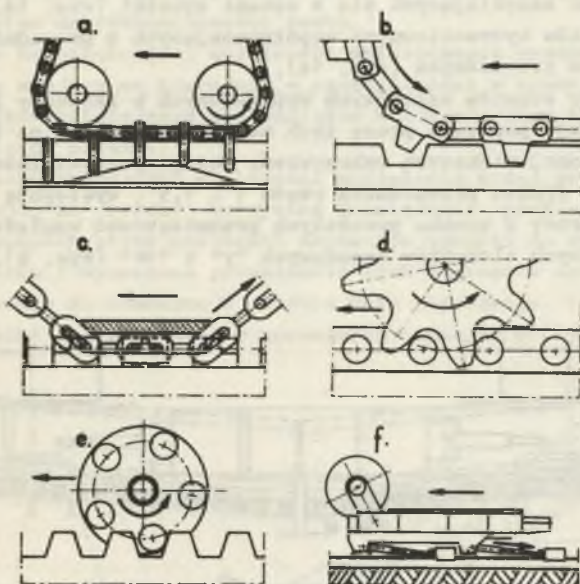
Dla uniknięcia nadmiernego biczowania łańcucha stosowane są różnorodne uchwyty i podtrzymki łańcucha do przytrzymywania łańcucha w punktach zamocowania rozmieszczonych wzdłuż ściąny co 20 - 30 m. Urządzenia te są mocowane do trasy przenośnika najczęściej do zastawek. Obejmy uchwyty są zakładane i zdejmowane ręcznie w miarę przemieszczenia się maszyny urabiającej.

Wprowadzenie wzdłuż trasy kombajnu uchwytów łańcucha wymaga:

- wzmocnionych punktów zamocowania do trasy, mogących skutecznie przenieść dość znaczne siły pochodzące ze składowej siły uciągu. Siły te na pofalowanych odcinkach trasy osiągnąć mogą np. wartość rzędu 26-36% siły uciągu łańcucha przy odchyleniach kierunków działania siły uciągu od  $15^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  względem głównego kierunku działania siły,
- ścisłego przestrzegania właściwej organizacji pracy i przepisów bezpieczeństwa w ściąnie celem uniknięcia kolizji nadjeżdżającego kombajnu lub pętli układaka przewodów z uchwytem łańcucha oraz bezpiecznego zakładania i usuwania obejm uchwytów.

Ze względu na małą skuteczność w działaniu dotychczasowe konstrukcje uchwytów mocujących są stosowane w małym zakresie. Analiza i obserwacja pracy łańcuchowych układów ciągnięcia wyposażonych w uchwyty łańcucha wykazuje, że stosowane uchwyty nie eliminują biczowania łańcucha, lecz ograniczają tylko zasięg i amplitudę drgań poprzecznych. Amplitudy tych drgań na podtrzymywanych odcinkach 20 - 30 m, znajdujących się między dwoma uchwytami, osiągnąć mogą wartości rzędu 1-1,5 m przy nagłych zmianach na-

pięć w łańcuchu. Zmniejszenie intensywności biozowania na drodze ewentualnego zageęszczenia uchwytów (zmniejszenia odległości między uchwytami) utrudnia w dużej mierze normalną pracę kombajnu z powodu zwiększonych przestoju potrzebnych do zdejmowania i zakładania obejm uchwytów. Czynności związane z zakładaniem i zdejmowaniem obejm przy unieruchomionym kombajnie i poluzowanym łańcuchu pociągowym są kłopotliwe i następują duże trudności ruchowe.



Rys. 1. Organy napędowe znanych konstrukcji bezolejnowych mechanizmów posuwu

Prowadzone w IMG od 1976 r. intensywne badania nad udoskonaleniem ciągników kombajnowych skupiono głównie nad opracowaniem:

- konstrukcji niezawodnego w działaniu bezolejnowego mechanizmu posuwu,
- konstrukcji bezpiecznych dla załogi ciągników łańcuchowych.

W wyniku przeprowadzenia kompleksowych badań zrealizowano w IMG:

- oryginalną konstrukcję bezolejnowego mechanizmu posuwu,
- dwie oryginalne konstrukcje ciągników łańcuchowych z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego.

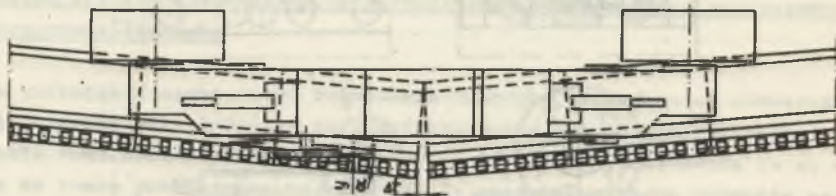
### 3. Bezolejnowy mechanizm posuwu konstrukcji Instytutu Mechanizacji Górnictwa

Celem wyeliminowania wad ciągników łańcuchowych wiele instytutów naukowo-badawczych oraz biur projektowych prowadzi od szeregu lat intensywne

prace nad konstrukcją bezciągnowych mechanizmów posuwu. Poddawane aktualnie badaniom za granicą bezciągnowe mechanizmy posuwu [1,3,4,6,7] wyposażone są w organ napędowy w postaci:

- łańcucha drabinkowego w obiegu zamkniętym zazębiającego się ze sworzniami umieszczonymi przesuwnie w otworach przystawki przenośnika (rys. 1a),
- łańcucha drabinkowego w obiegu zamkniętym zazębiającego się z powierzchniami roboczymi gniazd zębataki (rys. 1b),
- koła zębatego zazębiającego się ze sworzniami zębataki (rys. 1c),
- koła z rolkami zazębiającymi się z zębami zębataki (rys. 1d),
- dwóch siłowników hydraulicznych współpracujących z prowadnicą przymocowaną do rynien przenośnika (rys. 1e).

Analiza pracy organów napędowych wyposażonych w łańcuchy lub koła napędowe [6] wykazuje poprawną pracę tych mechanizmów tylko na trasie przenośnika pozbawionej większych zakrzywień. Już przy niewielkim wykrzywieniu względem siebie rynien przenośnika rzędu  $1 - 1,5^\circ$ , występują poważne zaburzenia współpracy w wyniku powstałych przemieszczeń względem siebie powierzchni roboczych elementów napędowych "y" i "α" (rys. 2). Na rozsunię-



Rys. 2. Położenie kombajnu na wykrzywionej w płaszczyźnie poziomej trasie przenośnika

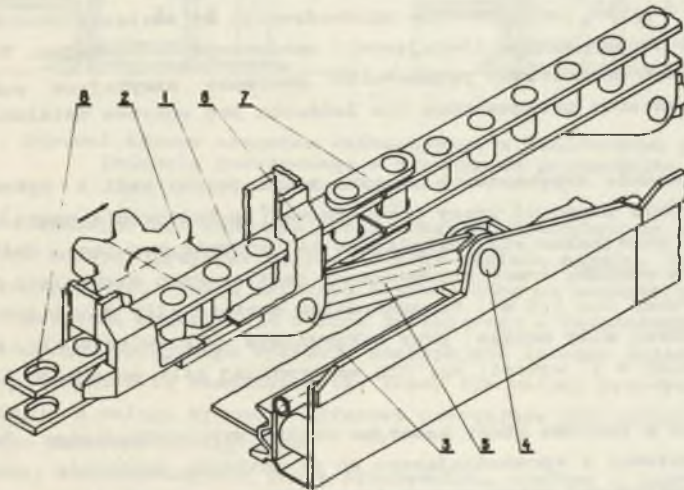
tych stykach segmentów zębataki organ napędowy musi pokonać powiększoną podziałkę o wielkość  $\Delta t$  (około 45 mm przy wykrzywieniach  $3^\circ$ ). Przy występujących często w warunkach eksploatacyjnych większych wykrzywieniach trasy przenośnika  $2 - 3^\circ$  i więcej prawidłowa praca napędu w wielu wypadkach jest wręcz niemożliwa. Istnieje możliwość zmniejszenia przemieszczeń poprzecznych "y" w płaszczyźnie wykrzywienia trasy przez umieszczenie organu napędowego w pobliżu jednej z płóc kombajnu. Możliwość ta jest wykorzystywana przez konstruktorów znanych konstrukcji bezciągnowych mechanizmów posuwu. Jednakże usytuowanie organu napędowego przy płozie kombajnu jest często niekorzystne pod względem konstrukcyjnym i ruchowym oraz efektywnego i skutecznego przeniesienia reakcji siły uciążu mechanizmu posuwu na podłoże, zwłaszcza w kombajnach wyposażonych w dwa organy urabiające.

Badania [6] wykazują, że zasadniczym warunkiem wydatnego zwiększenia trwałości i niezawodności organów napędowych oraz zapewnienia mechanizmo-

wi poprawnej pracy w trudnych warunkach górniczo-geologicznych przy maksymalnym wykrzywieniu trasy przenośnika jest:

- wyposażenie ciągnika w mechanizm zapewniający stałe położenie organu napędowego względem zębataki niezależnie od rodzaju i stopnia wykrzywienia trasy przenośnika,
- zastosowanie organu napędowego w postaci koła zębatego zazębiającego się ze sworzniami zębataki. Organ ten zdecydowanie przewyższa organy łańcuchowe prostotą konstrukcji, trwałością, niezawodnością działania i mniejszym stopniem nierównomierności ruchu,
- stworzenie konstrukcyjnej możliwości umieszczenia organu napędzającego w dowolnym miejscu na kombajnie w szczególności w kombajnach dwuorganowych w najkorzystniejszym pod względem konstrukcyjnym i eksploatacyjnym miejscu między płozami.

Analiza konstrukcyjnych możliwości spełnienia wyżej przedstawionych wymagań wykazuje, że bardzo korzystne rozwiązanie problemu uzyskać można przez przesuwno-obrotowe mocowanie segmentów zębataki do rynien lub zastawek przenośnika i wymuszone prowadzenie tych segmentów zębataki w przewodniku przymocowanym do kombajnu w obrębie koła napędowego. Niezbędne stopnie swobody zębataki dla uzyskania w przewodniku kombajnu 6 (rys. 3) stałego po-



Rys. 3. Schemat ideowy bezciągnowego mechanizmu posuwu

łożenia segmentów zębataki 1 względem koła napędowego 2 uzyskać można przez zastosowanie w miejscu zamocowania jednego przegubu kulowego 3 w przypadku umieszczenia koła napędowego przy płozie lub w dwa przeguby kulowe 3,4 połączone dźwignią 5 w przypadku umieszczenia koła napędowego w dowolnym miejscu między płozami. Obrotowo przesuwne połączenie segmentów zębataki 1

za pomocą dwóch sworzni sztywno ze sobą połączonych 7 umieszczonych przesuwnie w otworach owalnych 8 zapewnia tym segmentom możliwość przeginanania się w dwóch płaszczyznach oraz stwarza możliwość dwukrotnego zmniejszenia wartości maksymalnego przyrostu podziałki  $\Delta t$  na ich stykach (rys. 2).

W oparciu o opracowaną w Instytucie Mechanizacji Górnictwa koncepcję konstrukcji bezciągnowego mechanizmu posuwu opracowano w COPKMG KOMAG dokumentację techniczną mechanizmu dla seryjnie produkowanego kombajnu KWB-3 RDU o maksymalnej sile uciągu 270 kN. Wykonanie oraz badanie prototypu przewidywane jest w IV kwartale 1977 r.

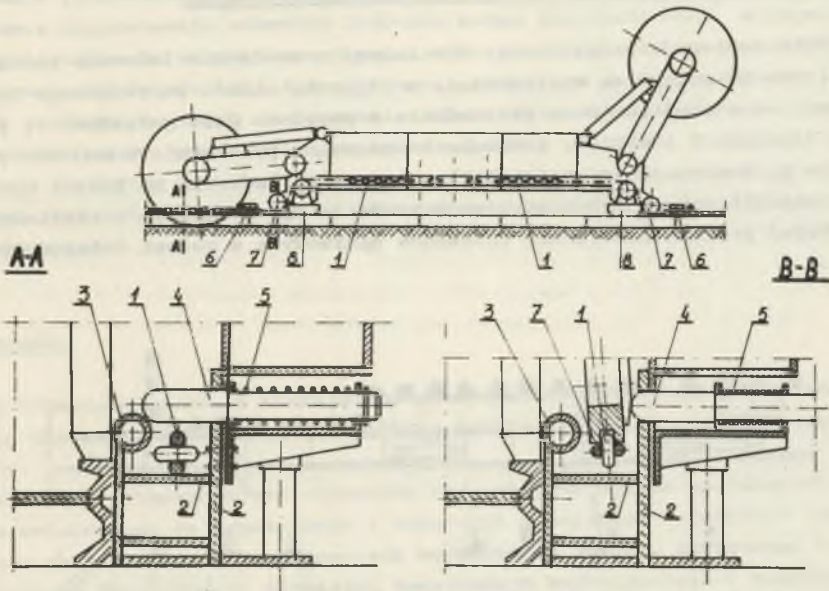
#### 4. Ciągnik łańcuchowy z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego w zastawkach przenośnika

Istota koncepcji (rys. 4) bezpiecznego prowadzenia łańcucha pociągowego w zastawkach przenośnika polega na umieszczeniu łańcucha pociągowego w przestrzeni zamkniętej w zastawce przenośnika. Przestrzeń przeznaczona dla łańcucha pociągowego jest ograniczona blachami, zastawki 2, rurowym prowadzeniem 3 kombajnu i od góry sworzniami zamykającymi 4. Sworznie zamykające znajdują się w położeniu zamkniętym pod wpływem działania sprężyny śrubowej 5. Przed wyprowadzeniem łańcucha pociągowego z zastawki do ciągnika kombajnu i przed jego ponownym wprowadzeniem do zastawki sworznie zamykające są otwierane klinem sterującym 6 umocowanym do kombajnu. Po wprowadzeniu łańcucha do zastawki przenośnika sworznie zamykające zamykają przestrzeń w zastawce przeznaczoną dla łańcucha pod wpływem działania sprężyny.

Przez odpowiednie zagęszczenie sworzni zamykających wzdłuż wykrzywionej w płaszczyźnie pionowej trasy przenośnika (pofałdowania spągu) można zminimalizować maksymalne siły działające na sworznie mocujące. Jeśli np. na wykrzywionym odcinku trasy przymocowany jest sworznie zamykający do każdej zastawki rynny (co 1,5 m), to maksymalna wartość siły działającej na sworznie (składowej siły uciągu) przy maksymalnym wykrzywieniu się względem siebie rynien o  $3^\circ$  wynosi, np. dla maksymalnej siły uciągu 30 T, tylko około 1,5 T.

Umieszczenie w pobliżu płozy kombajnu organu wyprowadzającego łańcucha pociągowy z zastawki i wprowadzającego go do zastawki umożliwia zminimalizowanie przemieszczeń poprzecznych tego organu na wykrzywionych odcinkach trasy przenośnika i tym samym pozwala zminimalizować wielkość przestrzeni przeznaczonej dla łańcucha pociągowego kombajnu. Organy te mogą być wykonane bądź w postaci rolek łańcuchowych 7 (rys. 4) bądź to w postaci ślizgów odpowiednio ukształtowanych umocowanych do kombajnu. Rolki łańcuchowe wydają się być korzystniejszym rozwiązaniem konstrukcyjnym z uwagi na możliwość wyeliminowania tarcia ślizgowego. Odpowiednio kształtowane powierzchnie robocze klinów 6 umieszczonych przy płozach 8 otwierają

sworznie przed wyprowadzeniem łańcucha zastawki i przed jego ponownym wprowadzeniem do zastawki oraz usuwają ewentualne zanieczyszczenia z węgla z przestrzeni zastawki przeznaczonej na łańcuch pociągowy.



Rys. 4. Schemat ideowy ciągnika łańcuchowego z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego w zastawkach przenośnika

Końce kombajnowego łańcucha pociągowego przymocowane są od strony zastawek do uchwyty przyspawanego do blachy kadłuba napędu. Punkt zamocowania osłonięty jest blachą osłonową przymocowaną do kadłuba napędu śrubami.

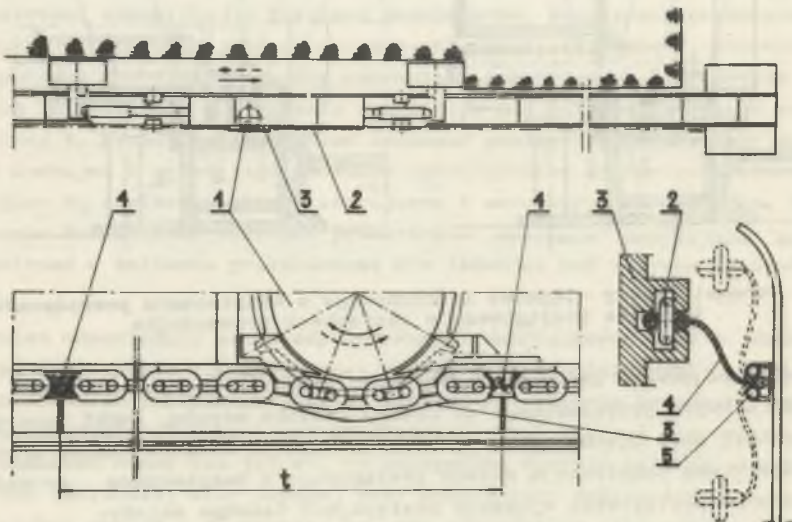
Przedstawiona konstrukcja układu pociągowego z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego wykazuje następujące istotne zalety:

- zapewnia całkowite bezpieczeństwo pracy dla załogi przodka ścianowego i eliminuje u załogi sytuacje stresowe powstające przy pracy w pobliżu napiętego łańcucha pociągowego,
- zapewnia bezzakłóceniovą pracę przenośnika, obudowy i innych urządzeń przy wykrzywionym czole ściany lub pofalowanym spągu,
- posiada prostą konstrukcję układu pociągowego pozwalającą na jego zastosowanie w różnych warunkach górniczo-geologicznych w pełnym zakresie wysokości i nachyleń wyrobisk ścianowych eksploatowanych kombajnami,
- umożliwia mocowanie końców łańcucha przy napędach przenośnika od strony zastawek i w dowolnym miejscu w ścianie między napędami w miejscach całkowicie osłoniętych i bezpiecznych dla załogi i pozwala wyeliminować kompensatory sprężyste i hydrauliczne,

- konstrukcja układu pociągowego daje się łatwo zaadoptować w istniejących konstrukcjach ciągników kombajnowych.

5. Ciągnik łańcuchowy z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego wzdłuż prowadnicy umocowanej do zastawek przenośnika

Istota koncepcji bezpiecznego dla załogi prowadzenia łańcucha pociągowego (rys. 5) polega na zastosowaniu w ciągniku układu łańcuchowego wyposażonego od strony zastawek przenośnika w napędowe koło gniazdowe 1, prowadnik łańcucha 3 i uchwyty łańcucha 4 umocowane przesuwnie do zastawek przenośnika 5. Koncepcja zmniejszenia kąta opasania łańcucha na kole i wyeliminowania kół łańcuchowych zwrotnych zrodziła się w oparciu o uzyskane wyniki badań procesu współpracy łańcuchów ogniowych z kołami napędowymi.



Rys. 5. Schemat ideowy ciągnika łańcuchowego z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego wzdłuż prowadnicy umocowanej do zastawek przenośnika

Badania zmian napięć w ogniach łańcucha na kołach gniazdowych wykazują, że obciążenie ogni na kole przebiega tylko w zakresie niedużego kąta obrotu koła [5]. Praktycznie obciążone są tylko dwa zęby i znajdujące się między tymi zębami gniazda koła. Wyeliminowanie kół zwrotnych i zmniejszenie kąta opasania do wymaganego skutecznego kąta współpracy z łańcuchem umożliwia mocowanie łańcucha do zastawek przenośnika krótkimi giętkimi uchwytami. Przesuwne mocowanie uchwytów łańcucha wzdłuż trasy przenośnika zapewnia możliwość przemieszczania się ogni łańcucha względem zastawek prze-



nośnika w miarę występowania zmian odkształceń sprężystych łańcucha. Umocowanie łańcucha do zastawek przenośnika za pomocą krótkich uchwytów ogranicza swobodne przemieszczanie się i drgania poprzeczne łańcucha do przestrzeni od strony przenośnika zakreślonej przez uchwyty wokół punktu zamocowania (przestrzeni osłoniętej od strony zawału zastawkami). Przez odpowiednie zagęszczenie uchwytów łańcucha można zminimalizować maksymalne siły działające na uchwyty na wykrzywionych odcinkach trasy przenośnika. Współpraca napędowego koła łańcuchowego z rozpiętym wzdłuż zastawek łańcuchem pociągowym wymaga zastosowania odpowiednio ukształtowanego prowadnika obejmującego część wystającą koła z kadłuba ciągnika. Prowadnik ten zapewnia niezbędny kąt współpracy koła z łańcuchem, bezkątowe zażebienie i wyżebienie się ogniw łańcucha oraz bezkolizyjną współpracę uchwytów z kołem.

## 6. Wnioski

1. Stosowane aktualnie w kombajnach ścianowych ciągniki łańcuchowe stanowią stałe zagrożenie dla załogi i są źródłem licznych ciężkich wypadków.
2. Celem wyeliminowania wad ciągników łańcuchowych należy uintensywnić prace zmierzające do konstrukcji i wdrożenia w polskich kopalniach niezależnych w działaniu bezciągnowych mechanizmów posuwu. Opracowana w Instytucie Mechanizacji Górnictwa konstrukcja bezciągnowego mechanizmu posuwu, wykorzystująca koncepcję przegubowego mocowania segmentów zębataki do trasy przenośnika pozwala na dobrą pracę mechanizmu w trudnych warunkach eksploatacji ścianowej.
3. Opracowane w Instytucie Mechanizacji Górnictwa konstrukcje ciągników z bezpiecznym prowadzeniem łańcucha pociągowego wzdłuż trasy przenośnika zapewniają całkowite bezpieczeństwo pracy dla załogi przodka ścianowego i pozwalają wyeliminować u załogi sytuacje stresowe powstające przy pracy w pobliżu napiętego łańcucha pociągowego.

## LITERATURA

- [1] James L.C., Hall L.: Development of the track - reactive haulage system. Mining Engineering nr 173, 1975.
- [2] Rynik J.: Problemy dynamiki kombajnów bębnowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, - Górnictwo z. 62 (Konferencja naukowa - "Dynamika Maszyn Górniczych").
- [3] Chainless haulage exhibition NCE, MRDE. Swadlicote Test Site. Colliery Guardian nr 10, 1975.
- [4] Scholz C.: Kritische Bewertung von Vorschubeinrichtungen für Walkenschrammlader Glückauf nr 18, 1975.

- [5] Rynik J.: Zjawiska dynamiczne na napędowych kołach gniazdowych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 10/95, 1976.
- [6] Rynik J.: Bezocięgowy mechanizm posuwu dla kombajnów węglowych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 1/98, 1977.
- [7] Sedlaonek J., Dobrzański R.: Bezocięgowy systemy posuwu kombajnów ścianowych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 3/100, 1977.

#### ВОЗМОЖНОСТИ ИСПРАВЛЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА КОМБАЙНОВЫХ ЛАВ

##### Резюме

В статье рассматриваются дефекты комбайнов снабженные цепными подающими механизмами. Дана оригинальная конструкция без подающего механизма подачи с шарнирным креплением сегментов домкрата, а также другие оригинальные конструкции цепных подающих механизмов с безопасным ведением тяговой цепи. Даются тоже выводы для исправления охраны труда на комбайновых лавах.

#### POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT ON SAFETY IN CUTTER WALLS

##### Summary

Shortcomings of cutter chain drives have been discussed along with a connectorless construction of a cutter drive advance mechanism with articulated rack mounting. Other original chain cutter drives with safe chain guides have also been presented. Conclusions on safety factors improvement were outlayed.