ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 154 Nr kol. 1020

Peter F. RIX

Institut für Bergbaukunde II
der Rheinisch - Westfalischen
Technischen Hochschule Aachen

ROZWAŻANIA SYSTEMOWO-ANALITYCZNE NAD PODSYSTEMEM - PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY

Streszczenie. Autor zaprezentował własną koncepcję metodyki konstrukcyjnej, którą nazwał "systemowo-analitycznym sposobem rozważań". Opierając się na przenośniku zgrzebłowym jako podsystemie procesu urabiania w systemie ścianowym, przedstawiono możliwości nowej metodyki. Autor omówił zadania nowoczesnego przenośnika zgrzebłowego oraz jego budowę i funkcje przy współpracy z kombajnem i ze strugiem. Zebrano wymagania stawiane przenośnikowi, analizując jego rolę w systemie ścianowym, jak również wymagania dotyczące przenośnika jako podsystemu w ścianie. Wymagania te ujęto jako: wymagania techniczne, robocze, środowiskowe oraz bezpieczeństwa. Przedstawiono możliwe rodzaje obciążenia poszczególnych elementów przenośnika i przypadki ich występowania. Autor przedstawił konstrukcje najnowszych rozwiązań przenośników zgrzebłowych oraz sposoby prowadzenia głowic strugowych i ich współpracę z trasą przenośnika.

0. SYSTEMOWO-ANALITYCZNY SPOSÓB ROZWAŻAŃ

"Systemowo-analityczny sposób rozważań" dla systemów, procesów i metod w górnictwie podziemnym wzbudzony został przez metodykę konstrukcyjną budowy maszyn, reprezentowaną w RFN przez Kollera (Aachen), Rotha (Braunschweig) i Erlenspiela (München), żeby wymienić tylko kilka nazwisk, w Polsce związaną z nazwiskiem Dietrycha, w NRD Rugensteina (z Magdeburga). Została ona zmodyfikowana i przystosowana do warunków górnictwa przez Prof. dr inż. Klausa Spiesa, który zaprezentował ją w RWTH Aachen na Wydziale Górniczym w ramach wykładów nt. "Metodyka rozwojowa jako metodyczny sposób postępowania dla systematycznego poszukiwania nowych technologii".

"Systemowo-analityczny sposób rozważań" różni się od metodyki konstrukcyjnej zwłaszcza przedmiotem rozważań, a mianowicie systemem jako ograniczonym obszarem technicznego postępowania i postawieniem zadania, tzn. analizą systemu w celu zbadania struktury funkcyjnej. Zastosowane przy tym metodyczne środki pomocnicze, ewentualnie sposoby postępowania, jak: wyjaśnienie postawienia zadań, opis funkcji, podział na strukturę funkcyjną i definiowania przyporządkowanych elementów funkcyjnych są zbudowane analogicznie do metodyki konstrukcyjnej; wspomnieć należy jednakże

dający się wcześniej scharakteryzować jako retrospektywny sposób pracy i zasadniczo inne postawienie zadania oraz podanie celu.

Możliwości "systemowo-analitycznego sposobu rozważań" mają pokazać wywody o przenośniku zgrzebłowym jako podsystemie procesu urabiania w systemie ścianowym.

1. PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY JAKO PODSYSTEM W ŚCIANIE

System "wybieranie ścianowe" składa się z wielu podsystemów, z systemu urabiającego - strug lub kombajn, z systemu odstawy - przenośnik zgrzebłowy, z systemu zabezpieczenia wyrobiska ścianowego - obudowa, np. z systemu podsadzania - urządzenia do podsadzki dmuchanej lub płynnej. Przez pojęcie podsystem ma zostać uwypuklone np. to, że przenośnik jest uzależniony od innych systemów i odwrotnie. Podsystemowi przenośnik zgrzebłowy przypadają więc poza samym zadaniem odstawy inne zadania, które przejawiają się w dodatkowych obciążeniach elementów albo zmienionych wymaganiach.

Należy zobrazować, jak dalece za pomocą analitycznego sposobu rozważań da się rozwinąć z zadań i okoliczności profil wymagań, z którego brać będzie można kryteria do oceny systemu budowy.

2. ZADANIA PRZENOŚNIKA ZGRZEBŁOWEGO

W ścianie głównym zadaniem przenośnika jest przejęcie ładowanego w dowolnym miejscu ściany urobku, odstawa do skrzyżowania ściana-chodnik i przekazanie na dołączony środek transportowy.

Częściowo przenośnik ścianowy ma również za zadanie transportowanie brył skalnych, kamieni przez ścianę.

Jako podsystemowi w ścianie przypadły przenośnikowi dalsze zadania, np:

a) precyzyjne prowadzenie urządzenia urabiającego przy ociosie węglowym pod względem położenia i kierunku, jak również przejęcie występujących w procesie urabiania i ładowania sił i momentów,
b) przejęcie sił i momentów dla kroczenia zestawów obudowy.

Na pierwotne zadanie podstawowe przenośnika zgrzebłowego, odstawę urobionego węgla, nałożone więc zostały w zmechanizowanej wysoko wydajnej ścianie dalsze zadania.

Dla umożliwienia wydajnych procesów urabiania części składowe nowoczesnego wyposażenia w systemie ścianowym muszą być optymalnie wzajemnie dopasowane. Przenośnik w tym systemie musi być w stanie nie tylko zapewniać dostosowaną do procesu urabiania zdolność transportową, lecz poza tym przejąć wszystkie siły i momenty, które spowodowałyby niekontrolowane przemieszczenie przenośnika oraz przekazać je do górotworu poprzez połączenie siłowe, tj. tarcie albo przez połączenie kształtowe z obudową.

Dominująca dzisiaj w ścianie obudowa przesuwna jest połączona bezpośrednio z przenośnikiem, spełniającym rolę belki oporowej, dla sił występujących w trakcie procesu przesuwania. Z drugiej strony obudowa stanowi oporę dla sił, które zdolne są do dokonania przekładki przenośnika w kierunku postępu oraz przejąć bez kłopotu siły sterowania maszyną urabiającą.

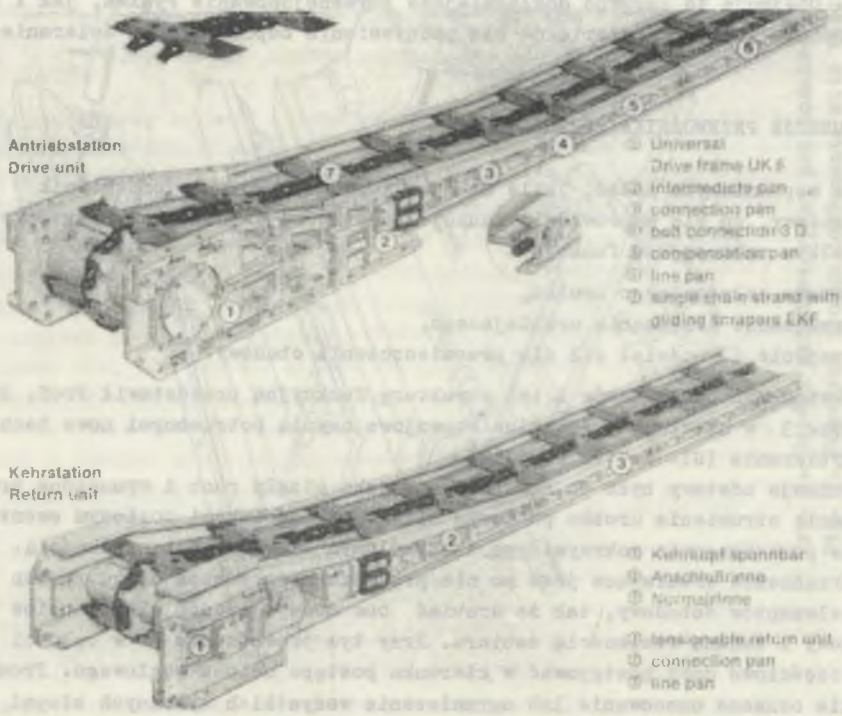
Przenośnik stanowi w ścianie centralny i wielofunkcyjny zespół.

3. BUDOWA PRZENOŚNIKA ZGRZEBŁOWEGO

Zanim z zadań przenośnika wyprowadzone zostaną jego funkcje, krótko przedstawię jego budowę.

Przenośnik składa się z następujących zespołów głównych (rys. 1):

- rynnociąg,
- cięgno łańcuchowe,
- stacja napędowa,
- stacja zwrotna,
- elementy dobudowy dla transportu, urabiania i obudowy.



Rys. 1. Elementy przenośnika zgrzebłowego
Fig. 1. Units of push-plate conveyor

Odpowiednio do rozwoju przenośnika i jego różnorodnych zadań wyniknął "segmentowy sposób budowy", który jest charakterystyczny dla dzisiejszego typu budowy.

Pod "segmentowym systemem budowy" rozumie się tutaj, że tak skomplikowany geometrycznie element konstrukcji jak rynna przenośnika składa się z pojedynczych elementów, np. profile boczne, blacha denna, końcówki, elementy dobudowy. Rys. 2 wyjaśnia "segmentowy sposób budowy" na przykładzie. Połączenie może następować za pomocą śrub, nitów lub spawania.

W zasadzie podstawowa struktura przenośnika zgrzebłowego w przeciągu lat niewiele się zmieniła. Składa się on zasadniczo z ogniwowego systemu pojedynczych rynien, połączonych między sobą złączami kształtowymi. Dzięki luzowi w połączeniach możliwa jest ograniczona przegubowość. Połączenia są tak ukształtowane, że przeniesione mogą być siły i momenty zarówno w osi odstawy, jak i prostopadłe do niej. Połączeniom przypada szczególne znaczenie: połączeniom rynien między sobą, połączeniom z elementami obudowy. Połączenia te biorą udział (w możliwie największym stopniu) w przeniesieniu obciążenia i rozdziale sił w systemie.

Przez ulepszenie detali wydajność transportu mogła się znacznie zwiększyć. Obejmuje to zarówno dokładniejsze zdymensjonowanie rynien, jak i zastosowanie lepszych materiałów dla podniesienia odporności na ścieranie.

4. FUNKCJE PRZENOŚNIKA ZGRZEBŁOWEGO

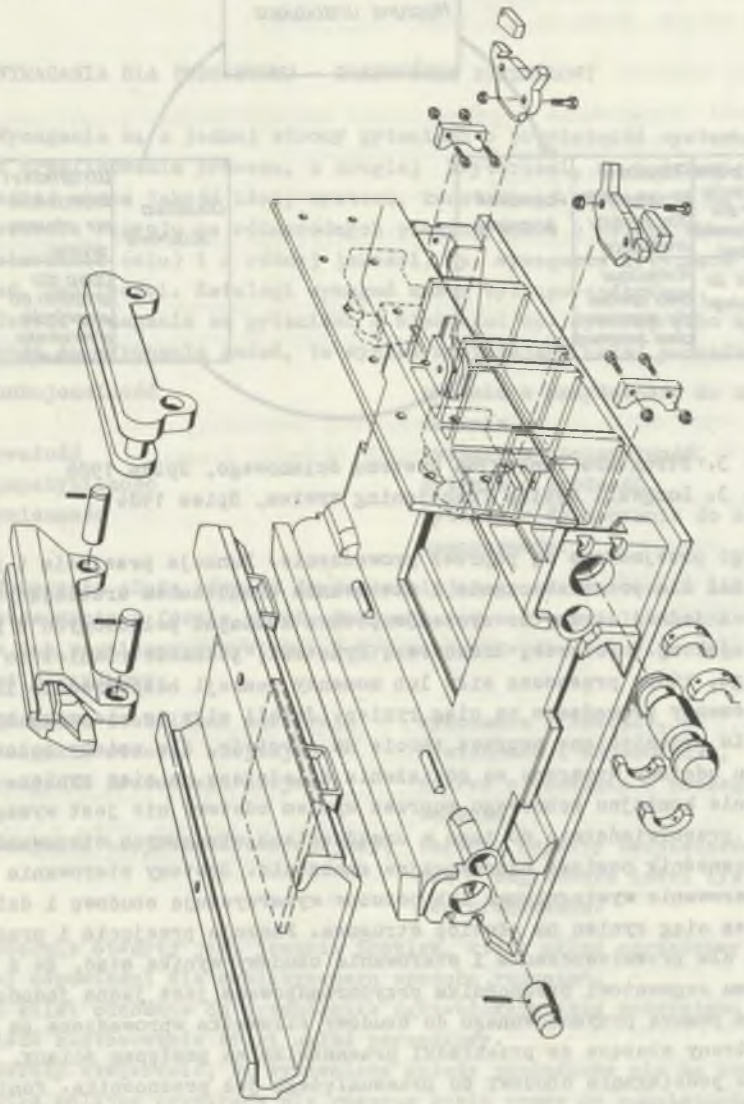
Ze wspomnianych zadań, jakie ma do wykonania w ścianie przenośnik zgrzebłowy, da się wyprowadzić funkcje podstawowe i poboczne. Przytoczyć chciałbym następujące funkcje:

- odstawa załadowanego urobku,
- prowadzenie urządzenia urabiającego,
- przejęcie i rozdział sił dla przemieszczenia obudowy.

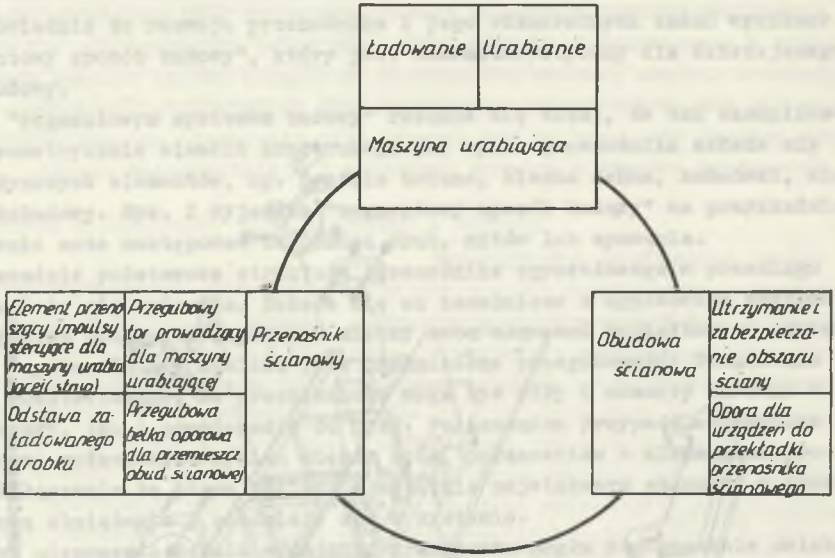
Powiązanie podsystemów i ich strukturę funkcyjną przedstawił Prof. Spies, na rys. 3 w artykule - "Granice rozwojowe czynią potrzebnymi nowe techniki wybierania (Gl. A. 122 r. 1986).

Funkcja odstawy była tu zdefiniowana jako ciągły ruch i wymuszone prowadzenie strumienia urobku po torze ślizgowym, odcinkami poziomym ewentualnie przestrzennie zakrzywionym z określonym kierunkiem i prędkością.

Urządzenie urabiające jest po nim prowadzone za pomocą ciągu rynien lub elementów dobudowy, tak że urabiać ono może w sposób ciągły ocios węglowy z zadaną wielkością zabioru. Przy tym prowadzenie to w całości lub częściowo musi postępować w kierunku postępu ociosu węglowego. Prowadzenie oznacza umocowanie lub ograniczenie wszystkich wybranych stopni swobody, jednakże z takimi luzami, aby można było przemieścić się po zaistniałych zakrzywieniach. Można przyjąć, że siły do stabilizacji urządzenia



Rys. 2. Części składowe rynny przenośnika z prowadzeniem kombajnu
Fig. 2. Conveyor trough components with heading machine lead



Rys. 3. Struktura funkcyjna systemu ścianowego, Spies 1986
Fig. 3. Longwall system functioning system, Spies 1986

urabiającego przejmowane są poprzez prowadzenie. Funkcja przejęcia i przeniesienia sił dla przemieszczania i sterowania urządzeniem urabiającym odnosi się z jednej strony do systemów posuwu kombajnu połączonych z przenośnikiem, jak np. Poltrak, Eickotrak, Dynatrak, jednakże również do napędów struga, które przenoszą siły lub momenty reakcji bezpośrednio lub poprzez elementy prowadzące na ciąg rynien. Jeżeli siły te nie mogą być bezpośrednio przeniesione poprzez tarcie na górotwór, dla zmiany położenia systemu odstawy wymagane są odciążenia działające na ciąg rynien.

Sterowanie kombajnu bębnowego poprzez system odstawy nie jest wymagane. Jednakże w przeciwieństwie do tego w urządzeniach strugowych sterowanie poprzez przenośnik posiada nadzwyczajne znaczenie. Systemy sterowania jak np. sterowanie wysięgnikowe lub podobne wykorzystują obudowę i działają poprzez ciąg rynien na głowicę strugową. Funkcja przejęcia i przeniesienia sił dla przemieszczania i sterowania obudowy wynika stąd, że z reguły każdemu segmentowi przenośnika przyporządkowana jest jedna jednostka obudowy. Za pomocą przymocowanego do obudowy siłownika wprowadzane są siły z jednej strony służące do przekładki przenośnika za postępem ściany, z drugiej do podciągania obudowy do przesuniętego już przenośnika. Ponieważ jednocześnie jedynie jeden zestaw obudowy jest podciągany, a sąsiednie są nieruchome, wymagane siły przenoszą się poprzez połączenia rynien na sąsiednie rynny i poprzez rozparte zestawy obudowy na górotwór.

Z powyższego opisu widać nadrzędną funkcję, którą można sformułować następująco:

Przenośnik stanowi system członowy, przegubowy z funkcjami przewodnimi: przejęcia, rozdziału oraz przeniesienia sił.

5. WYMAGANIA DLA PODSYSTEMU - PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY

Wymagania są z jednej strony pytaniami o przydatność systemu lub możność zrealizowania procesu, z drugiej kryteriami, na podstawie których określić można jakość idei, systemu, konstrukcji. Wymagania są stawiane w procesie rozwoju na różnorodnych płaszczyznach o różnym charakterze (postawienie celu) i o różnej jakości, np. wymagania dotyczące potrzeb, żądań, możliwości. Katalogi wymagań muszą być uporządkowane.

Jeżeli wymagania są pytaniami o własności np. systemu albo o ich przydatność do wykonania zadań, to wynika następujący układ porządkowy:

- funkcjonalność	pytania o przydatność do określonego zadania,
- trwałość	pytania o obciążalność,
- kompatybilność	pytania o zgodność,
- wymienność	pytania o dopasowanie do sąsiednich komponentów.

Wymagania służą również do dokładniejszego zdefiniowania zadań lub celu stosowania w formie pytań. Pomagają one w wyborze lub ocenie istniejącego lub rozwijanego systemu. W tym miejscu wyobrażalny jest następujący układ porządkowy:

- wymagania techniczne zawierają	wykonanie i kształt,
- wymagania robocze obejmują	wymienność i dopasowanie,
- wymagania środowiska obejmują	zakres stosowania i szczególne żądania,
- wymagania bezpieczeństwa obejmują	zarówno aspekty bezpieczeństwa pracy, jak i zagrożenia ludzi i/albo elementów urządzenia.

Obecnie otwarty jest jeszcze problem, który układ porządkowy jest bardziej odpowiedni dla analitycznego sposobu rozważań.

Z kolei odnośnie do przenośnika zgrzebłowego jako podsystemu powinien znaleźć zastosowanie drugi układ porządkowy.

Należy stwierdzić, że wymienione układy porządkowe nie są kompletne. Również kolejne przykłady nie roszczą sobie prawa do kompletności.

Wymagania te są przedstawione przykładowo:

a) wymagania techniczne:

- mocna budowa o wysokiej trwałości miejscowej,
- mała wysokość konstrukcyjna i szerokość budowy,
- pionowa i pozioma giętkość,
- łatwy montaż, demontaż i łatwość transportu,

b) wymagania robocze:

- zdolność dopasowania do różnorodnych długości ściany dzięki łatwemu montażowi i demontażowi,
- wysoka niezawodność pracy,
- łatwość konserwacji,
- pozioma przemieszczalność przy całkowitym lub częściowym postępie przodku,

c) wymagania środowiskowe:

- pionowa giętkość,
- mała wysokość konstrukcyjna,
- mocna konstrukcja o wysokiej miejscowej trwałości,
- zdolność dopasowania do różnorodnych długości ściany,

d) wymagania bezpieczeństwa:

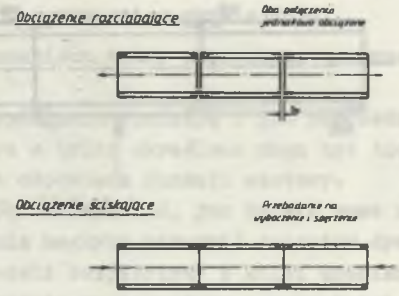
- wysoka niezawodność pracy,
- łatwość konserwacji,
- małe zapylenie,
- brak zagrożenia dla osób znajdujących się w ścianie.

6. OBCIĄŻENIA PRZENOŚNIKA ZGRZEBŁOWEGO I UKŁADY ROZWIĄZAŃ

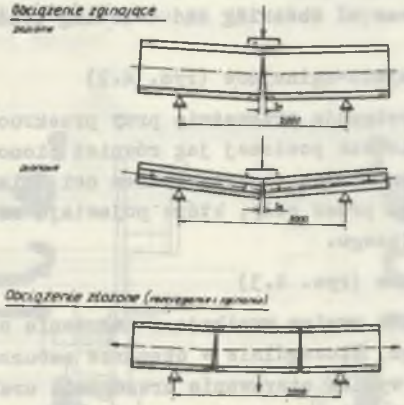
Z wymagań dają się wyprowadzić przynajmniej jakościowo przewidywane obciążenia poszczególnych elementów. Wyróżniona tu została rynna z elementami dobudowy oraz połączenia rynien. Przykładowo przedstawiono:

a) obciążenia ściskające i rozciągające (rys. 4.1)

Ciężar urządzenia prowadzi przy większym nachyleniu do obciążeń rozciągających w górnej części ściany względnie ściskających w dolnej części. Szczególne obciążenia występują przez spiętrzenie lub rozrzedzenie ciągu przenośnika w wyniku istnienia niecki wklęsłej lub wypukłej. Z odpowiednią zmianą długości, zmieniające się obciążenia ściskająco-rozciągające mogą oddziaływać na przenośnik poprzez siły posuwu urządzenia urabiającego. Blokowanie i częsty rozruch w wyniku blokowania mogą prowadzić do obciążeń ściskających w pobliżu napędów.



Rys. 4.1. Schematy obciążeń rozciągających i ściskających rynien
Fig. 4.1. The schems of spreading and compressing loads of troughs



Rys. 4.2. Schematy obciążenia zginającego i złożonego rynien
Fig. 4.2. The scheme of bending and folded loads of troughs

Obciążenie ścinające

Obciążenie skręcające

Rys. 4.3. Schematy obciążenia ścinającego i skrędającego rynien
Fig. 4.3. The scheme of shearing and twisting loads of troughs

b) obciążenia rozciągająco-zginające (rys. 4.2)

Obciążenia takie występują przeważnie przy przekroczeniu dopuszczalnego wygięcia w płaszczyźnie tak poziomej jak również pionowej. Jest to spowodowane niecałkowitą przekładką, zakrzywieniem osi ściany w siodłach, nieckach, zaburzeniach oraz przez siły, które pojawiają się w wyniku prowadzenia urządzenia urabiającego.

c) obciążenia skręcające (rys. 4.3)

Obciążenia skręcające rynien wynikają z nałożenia się nachylenia podłużnego i poprzecznego, szczególnie w obszarze zaburzenia, jak również z wymagań roboczych w wyniku sterowania urządzenia urabiającego poprzez przenośnik. Obciąża to zwłaszcza połączenia rynien.

d) ścinanie (rys. 4.3)

Ścinanie występuje przeważnie w połączeniach rynien w momencie, gdy przenośnik służy za belkę oporową i podporę.

Przenośnik powinien więc sprostać następującym wymaganiom:

- wystarczającej sztywności dla prowadzenia i przejęcia wszystkich działających nań sił,

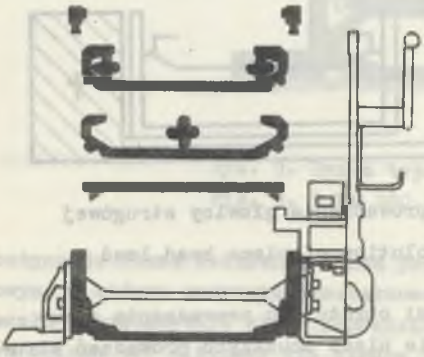
- podatności na dopasowanie do przebiegu ściany oraz na zrealizowanie ruchów sterujących urządzeniem urabiającym.

Również przy załamaniach trasy zapewniona powinna być szczelność drogi odstawy.

Dwa pierwsze wymagania wynikają z już poprzednio wspomnianych funkcji, nadrzędnych, które z kolei określone mogą być łącznie jako funkcja główna. Trzecie wymaganie odpowiada funkcji odstawy.

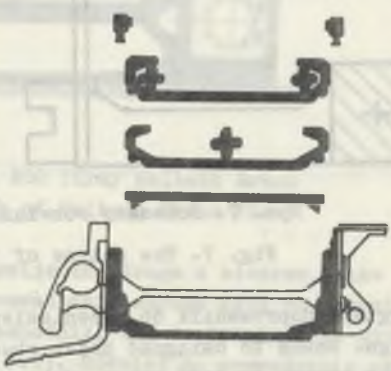
Chciałbym spróbować wykazać, jak daleko nowe rozwiązania w dziedzinie odstawy i urabiania mogłyby stanowić zaczątek dyskusji nad tą pozorną sprzecznością. Jeżeli rozpatrzymy z kolei urabianie skrawaniem w pokładach dużej miąższości, to zauważamy u wszystkich producentów tendencję do wykonywania przenośnika jako konstrukcji skrzynkowej (rys. 5.1) z przyspawanymi elementami prowadzenia kombajnu, uchwytem dla bezciągnowego urządzenia posuwu i innymi elementami dla zastawki i obudowy. Płyta przenośnika jest wkładana i wymienna. Połączenie następuje poprzez śruby albo przetyczki o wytrzymałości do 3000 kN, do przeniesienia sił ściskających służą odpowiednio dobrane powierzchnie kołnierzowe. Luz pożądany dla wykrzywienia trasy istnieje w połączeniach rynien, dzięki odpowiedniej pracy odciążeń. W trakcie wydłużania płyty przenośnika i konstrukcja główna są w ten sposób wzajemnie oddzielone. System ten posiada bardzo wysoką poprzeczną sztywność.

Rynny podobnego typu są również stosowane dla urabiania struganiem, to znaczy do stosowania w połączeniu ze strugiem (rys. 5.2).



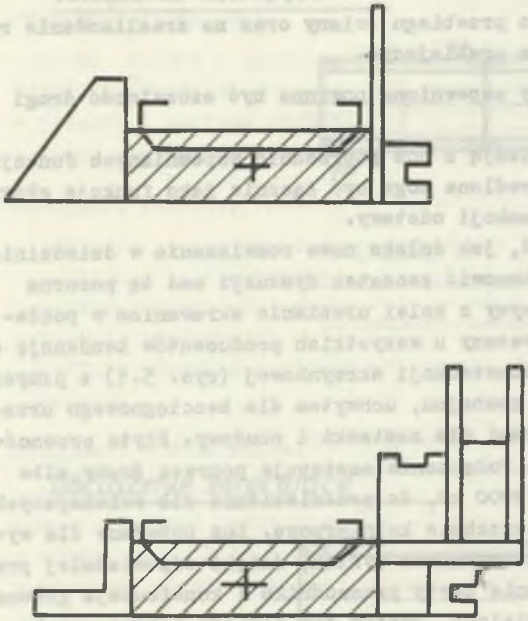
Rys. 5.1. Przenośnik HSP 38 z przykręcanym prowadzeniem kombajnu

Fig. 5.1. The conveyor HSP 38 with a twisting in heading machine lead



Rys. 5.2. Przenośnik HSP 38 z przykręcanym prowadzeniem strugowym

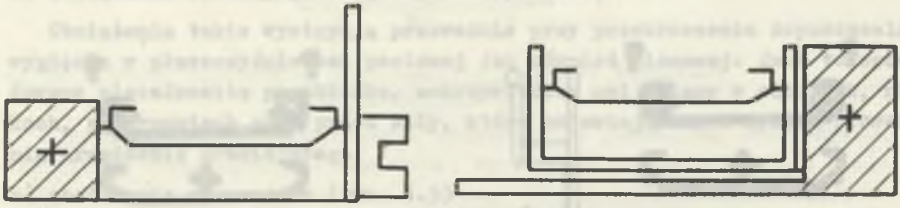
Fig. 5.2. The conveyor HSP 38 with a twisting in plane lead



Rys. 6. Położenie "środka ciężkości" systemu przenośnik ścianowy

Fig. 6. Localization of "centre of gravity" of the longwall conveyor system

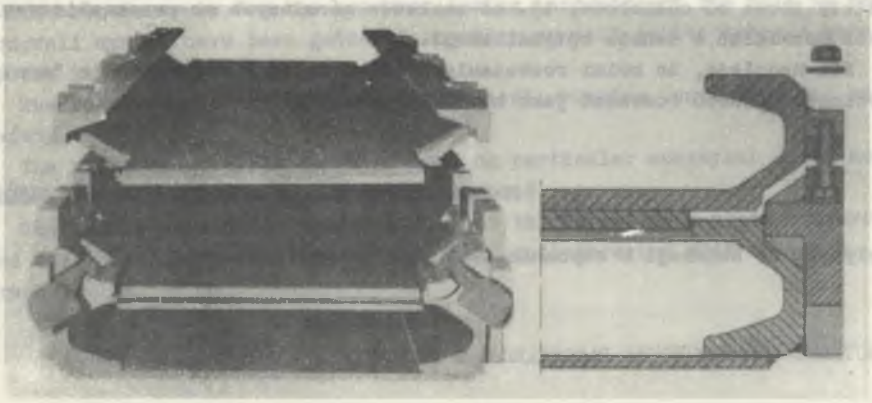
Przy zasadniczo identycznej budowie i własnościach, tzn. zwłaszcza wysokiej sztywności poprzecznej zdają się one być idealnie przeznaczone dla przeniesienia sił sterowania. Jeżeli z kolei wychodzi się z założenia, że punkt obrotu systemu leży w przekroju poprzecznym przenośnika z elementami dobudowy (rysunek 6), wprowadzenie ruchów sterujących następuje jak w systemie strugowym przez jednostronne podniesienie lub opuszczenie ciągu rynien, to prowadzi bardzo szybko do znacznego obciążenia skręcającego usztywnionego ciągu rynien. Ten ruch obrotowy wokół osi przenośnika, który wymagany jest przy skrawaniu



Rys. 7. Schematy rozwiązania prowadzenia głowicy strugowej

Fig. 7. The scheme of the solution of plane head lead

strugiem, doprowadził do przeniesienia osi obrotu do prowadzenia strugowego. Można to osiągnąć przez zbudowanie nieco dłuższych prowadzeń struga niż wynosi długość rynny. Jako pierwsze prowadzenie struga wprowadzono na rynek 3-częściowe prowadzenie struga Kompakt firmy Halbach i Braun, które umieszczone jest po stronie ociosu węglowego (rys. 7.1). Jeżeli prowadzenie strugowe pracuje na styk, to luz między końcami rynien wynosi jeszcze 8 mm, co umożliwia wystarczające poziome wygięcie i pozwala na pionowe wygięcie dla wprowadzenia ruchów sterujących. Tę samą tendencję



Rys. 8. Rynna przenośnika HSP 38
Fig. 8. HSP 38 conveyor trough

Rys. 9. Rynna typu 3HB 280 firmy Halbach Braun
Fig. 9. 3 HB 280 trough of Halbach Braun firm

kontynuuje firma Westfalia Lünen przy rozwijaniu struga z mieczem ślizgowym, w którym masywnie ukształtowane prowadzenie struga leży po stronie zawału i podchwytuje płytę prowadzącą przenośnik, tak że istnieje po stronie ociosu tor ślizgowy dla struga (rys. 7.2). Również to prowadzenie struga jest 8-12 mm dłuższe od rynny, tak że również tutaj możliwe jest dostateczne wygięcie trasy i przez to wprowadzenie ruchów sterujących. W obu tych systemach rynna przenośnika jest znacznie odciążona od sił dodatkowych i może teraz być przeznaczona dla funkcji głównej - odstawy. Przykłady rozwiązań pokazują następne zdjęcia (rys. 8 i 9).

Jak dalece przedstawione rozwiązania będą wprowadzone do górnictwa, zależy teraz od odbiorców, tj. od zakładów górniczych po przeanalizowaniu tych rozwiązań w sensie optymalizacji.

Mam nadzieję, że moimi rozważaniami dałem wgląd w zastosowanie "analitycznego sposobu rozważań jako kryterium oceny".

Recenzent: Prof. dr inż. Włodzimierz SIKORA

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ РАССУЖДЕНИЯ О ПОДСИСТЕМЕ - СКРЕБКОВЫЙ КОНВЕЙЕР

Р е з ю м е

Автор представил собственную научную концепцию о конструкционной методике, которую назвал "системно-аналитический способ рассуждения". Имея за основу скребковый конвейер, как подсистему процесса тобойки лавовым способом, представлены возможности новой методики. Автор обсуждил задания современного скребкового конвейера, его устройство и назначение при взаимодействии с комбайном и стругом. Ссумированы требования поставленные перед конвейером, анализируя его роль в лавовой системе, а также требования относительно конвейера как подсистемы в лаве. Эти требования представлены как: технические требования, рабочие, окружающей среды и безопасности. Представлены виды возможных нагрузок отдельных элементов конвейера и случаи их появления. Автор представил виды конструкций современных скребковых конвейеров и способы ведения головок стругов, их взаимодействие с трассой конвейера.

SYSTEM-LIKE - ANALYTIC CONSIDERATIONS ON SUBSYSTEM - PUSH-PLATE CONVEYOR

S u m m a r y

The author of the paper presented his own idea ofthe construction methodology and named it as "system-like - analytic way of considerations".

The possibilities of the new methodology have been presented on the basis of the push-plate conveyor as a subsystem of the mining process in the longwall system.

The author has presented the tasks of the modern push-plate conveyor, its construction as well as its function with the heading machine and plane collaboration.

The requirements for the conveyor taking into account its role in the longwall system have been gathered together as well as its being a subsystem in the longwall.

The requirements are following: technical, working, enviroumental and safety.

The kinds of possible sorts of load og particular conveyour units and cases of their occurance have been presented.

The author showed the constructions of the latest push-plate conveyor and ways of plane heads leading and their collaboration with conveyor track.