ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976

Seria: Górnictwo z. 72 Nr kol. 471

Wiesław Sobieszek, Maria Żytka

OGRANICZENIA GÓRNE NA PRĘDKOŚĆ JAZDY I UDŹWIG GÓRNICZEGO URZĄDZENIA WYCIĄGOWEGO I ICH WPŁYW NA ZBIORY DOPUSZCZALNYCH PRĘDKOŚCI, PRZYSPIESZEŃ I UDŹWIGÓW, W PRZYPADKU GŁĘBOKICH KOPALŃ

Streszczenie. W niniejszym artykule dokonuje się analizy podstawowych parametrów górniczego urządzenia wyciągowego, przy specjalnych założeniach dotyczących głębokości ciągnienia, prędkości oraz przyspieszenia i udźwigu.
Następnie wyznacza się zbiór R - punktów /W,H/, gdzie W - wydobycie w kN/sek zaś H - głębokość ciągnienia w metrach - tzw. zbiór dopuszczalnych zadań transportowych. Zbiór R ma tę własność, że dla każdego /W,H/ należącego do R, istnieje dla niego niepusty zbiór dopuszczalnych prędkości, przyspieszeń i udźwigów.

Wstęp

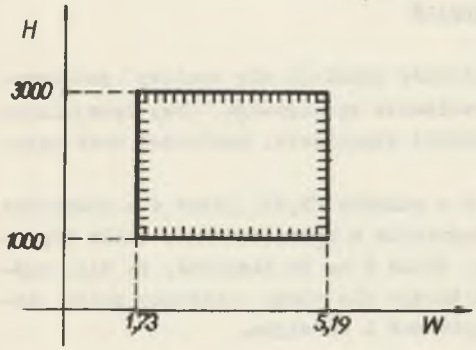
Konieczność eksploatowania coraz głębszych kopalń stwarza nowe problemy techniczno-ekonomiczne, które należy rozwiązać. W pracy niniejszej zajmujemy się analizą podstawowych parametrów górniczego urządzenia wyciągowego, przy specjalnych założeniach dotyczących głębokości ciągnienia oraz prędkości i udźwigu. Zakładamy mianowicie, że prędkość górna $\bar{v}$ = 20 m/sek, udźwig górny $\bar{Q}$ = 600 kN i głębokość ciągnienia H z zakresu od 1000 do 3000 metrów. Przy tych założeniach wyznacza się zbiór R punktów (W,H), gdzie W - wydobycie w kN/sek, zaś H - głębokość w metrach. Wyżej wspomniany zbiór R nazywać będziemy zbiorem dopuszczalnych zadań transportowych. Zbiór R ma tę własność, że dla każdego punktu (W,H) należącego do R, istnieje niepusty zbiór Γ dopuszczalnych dla niego prędkości, przyspieszeń i udźwigów. Mając skonstruowany zbiór R, można wyznaczyć dla każdego punktu (W,H) należącego do R odpowiadający mu zbiór Γ a ściślej Γ(W,H). Elementami zbioru Γ (W,H) są takie punkty (v,a,Q), przy pomocy których można "wykonać" dane zadanie transportowe (W,H).

2. Konstrukcja zbioru dopuszczalnych zadań transportowych

W rozważaniach naszych ograniczymy się tylko do zadań transportowych (W,H), spełniających następujące ograniczenia:

$$1{,}73 \leqslant W \leqslant 5{,}19$$
$$1000 \leqslant H \leqslant 3000 \qquad (1)$$

Powyższy zakres zmienności na wydobycie sekundowe W odpowiada zakresowi zmienności na wydobycie dobowe od 100 000 kN do 300 000 kN. Zbiór rozważanych zadań transportowych (W,H) określonych nierównościami (1) przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1

Przyjęcie trapezowego diagramu jazdy wiąże punkty (v,a, Q) relacjami:

$$\begin{cases} v \leqslant \sqrt{aH} \\ Z = \dfrac{H \cdot Q}{\frac{v}{a} + \frac{H}{v} + t_p} \end{cases} \qquad (2)$$

gdzie: a jest przyspieszeniem zastępczym, mierzonym w m/sek^2, t_p jest czasem postoju urządzenia wyciągowego, v – prędkość jazdy odpowiadająca ruchowi ustalonemu, zaś Z jest zdolnością wydobywczą. Czas t_p jest funkcją udźwigu Q określaną w sposób empiryczny. W niniejszych rozważaniach przyjęto dla ustalenia uwagi $t_p = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot Q$. Odwołując się do wyników badań zawartych w pracy mgr inż. Górskiego pt. "Dobór podstawowych parametrów, tyrystorowych maszyn wyciągowych" (Zlecenie BPG, Gliwice, 10643), przy założeniu,że ograniczymy się do skipowego systemu transportu – możemy dla kopalni miedzi przyjąć $\alpha_1 = 5$, $\alpha_2 = 0{,}04$ dla Q wyrażonego w kN.

Jest rzeczą naturalną przyjąć dodatkowo zakres zmienności dla przyspieszeń a od 0,6 do 1,2 m/sek^2 i nie rozważać prędkości mniejszych niż 5 m/sek.

W konsekwencji nie zmniejszając ogólności rozważań, zamiast zbioru punktów (v,a,Q) określonego relacjami (2) rozważać będziemy zbiór określony relacjami:

$$\begin{cases} 5 \leqslant v \leqslant \sqrt{aH} \\ 0{,}6 \leqslant a \leqslant 1{,}2 \\ Z = \dfrac{H\,Q}{\frac{H}{v} + \frac{v}{a} + t_p} \end{cases} \qquad (2')$$

Dla zadań transportowych spełniających warunki (1) istotny wpływ będzie miało natomiast przyjęcie górnej prędkości 20 m/sek i przyjęcie górnego udźwigu 600 kN. Wówczas, jak pokażemy niżej, nie wszystkie zadania transportowe spełniające warunki (1) będą mogły być wykonane przy pomocy urządzenia wyciągowego o parametrach (v,a,Q) związanych relacjami (3).

$$\begin{cases} 5 \leqslant v \leqslant 20 \\ 0{,}6 \leqslant a \leqslant 1{,}2 \\ Q \leqslant 600 \\ Z = \dfrac{H \cdot Q}{\frac{H}{v} + \frac{v}{a} + 5 + 0{,}04\,Q} \end{cases} \tag{3}$$

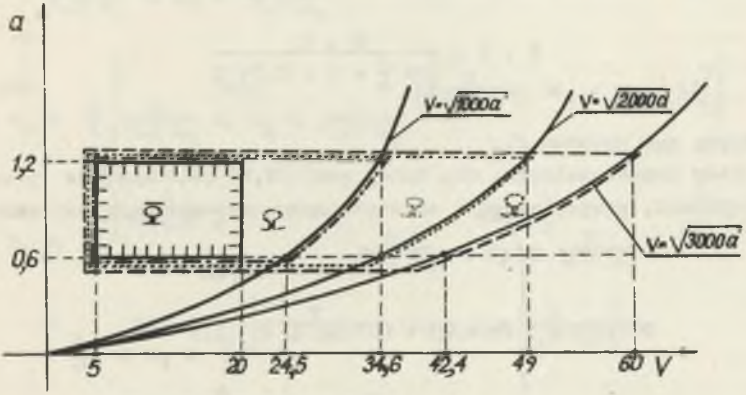
W celu wyznaczenia zbioru R - dopuszczalnych zadań transportowych, będącego rzecz jasna podzbiorem zbioru przedstawionego na rys. 1, zdefiniujemy zbiory:

$$\Omega : \begin{cases} 5 \leqslant v \leqslant \sqrt{a\,H} \\ 0{,}6 \leqslant a \leqslant 1{,}2 \end{cases} \tag{4}$$

$$\bar{\Omega} \begin{cases} 5 \leqslant v \leqslant 20 \\ 0{,}6 \leqslant a \leqslant 1{,}2 \end{cases} \tag{5}$$

i wprowadźmy następującą zmianę zmiennych:

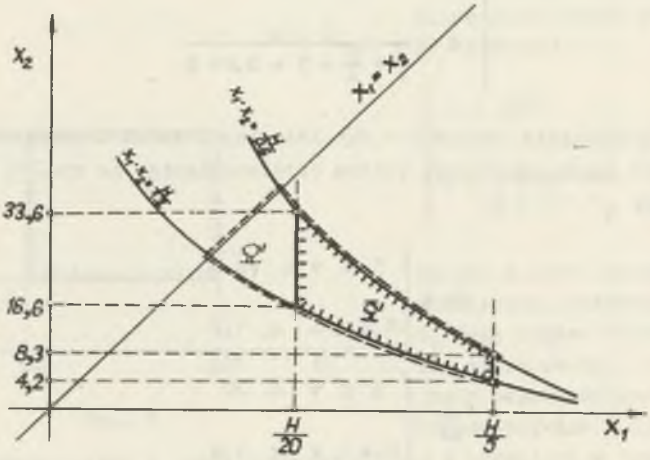
$$\begin{cases} x_1 = \dfrac{H}{v} \\ x_2 = \dfrac{v}{a} \end{cases} \tag{6}$$



Rys. 2

Dzięki transpormacji (6) zbiór dopuszczalnych prędkości i przyspieszeń $\bar{\Omega}$, przedstawiony na rys. 2, przy dowolnym ustalonym H, przekształci się

w zbiór $\bar{\Omega}'$ punktów (x_1, x_2) przedstawiony na rys. 3. Zauważyć należy, że przekształcenie (6) ustala odpowiedniość wzajemnie jednoznaczną między elementami obu tych zbiorów.



Rys. 3

Na rys. 2 przedstawiony jest również zbiór Ω przy H = 1000 m, H=2000 m i H = 3000 m, zaś na rys. 3 jego obraz otrzymany w wyniku przekształcenia (6) przy dowolnym ustalonym H z przedziału od 1000 do 3000 m.

Dla zadanego (W,H) należącego do prostokąta (1) zdolność wydobywcza Z jest równa W.H i wówczas zbiór punktów (v,a,Q) określony relacjami (2') przedstawiał będzie część powierzchni danej równaniem uwikłanym

$$W \cdot H = \frac{H \cdot Q}{\frac{H}{v} + \frac{v}{a} + 5 + 0{,}04\,Q} \tag{7}$$

rozpostartą nad zbiorem Ω.

Zatem zbiór dopuszczalnych, dla danej pary (W,H) należącej do prostokąta (1), prędkości, przyspieszeń i udźwigów można symbolicznie zapisać:

$$D(W,H) = \begin{cases} 5 \leqslant v \leqslant \sqrt{aH} \\ (v.a,Q) : 0{,}6 \leqslant a \leqslant 1{,}2 \\ W = \dfrac{Q}{\frac{H}{v} + \frac{v}{a} + 5 + 0{,}04\,Q} \end{cases}$$

i tym samym zbiór dopuszczalnych zadań transportowych R pokrywał się bę-

dzie z prostokątem (1), gdyż dla każdego (W,H) należącego do prostokąta (1) zbiór D(W,H) jest niepusty.

Jeśli natomiast rozważymy zbiór punktów (v,a,Q) określony relacjami (3), przy dowolnym ustalonym punkcie (W,H) należącym do prostokąta (1), to okaże się, że może on być zbiorem pustym. Innymi słowy, nie dla wszystkich zadań transportowych (W,H) należących do prostokąta (1) istniały będą parametry (v,a,Q) urządzenia wyciągowego, pozwalające "wykonać" to zadanie transportowe.

Zadanie transportowe (W,H) należące do R będzie mogło być "wykonane" przy pomocy pewnych punktów (v,a,Q) spełniających relacje (3), jeśli dla każdego z nich, przy (v,a) należącym do $\bar{\Omega}$, Q wyznaczone z równania (7) będzie mniejsze lub równe 600 kN; inaczej, jeśli wartość minimalna funkcji Q = F(v,a) w zbiorze $\bar{\Omega}$, danej równaniem uwikłanym (7), nie przekroczy 600 kN.

Uwzględniając przekształcenie (6), funkcję Q = F(v,a) można zapisać następująco:

$$Q = F\left(\frac{H}{x_1}, \frac{H}{x_1 \cdot x_2}\right) = \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}(x_1 + x_2 + 5)$$

Wobec tego

$$\min_{(v,a)\in\bar{\Omega}} Q = \min_{(x_1,x_2)\in\bar{\Omega}'} \frac{W}{1-0{,}04\,W}(x_1 + x_2 + 5)$$

$$= \min_{\substack{\frac{H}{20} \leqslant x_1 \leqslant \frac{H}{5} \\ \frac{H}{1{,}2\,x_1} \leqslant x_2 < \frac{H}{0{,}6\,x_1}}} \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}(x_1 + x_2 + 5) =$$

$$= \min_{\frac{H}{20} \leqslant x_1 \leqslant \frac{H}{5}} \left\{ \min_{\frac{H}{1{,}2\,x_1} \leqslant x_2 \leqslant \frac{H}{0{,}6\,x_1}} \left[\frac{W}{1-0{,}04\,W}(x_1 + x_2 + 5)\right] \right\} =$$

$$= \min_{\frac{H}{20} \leqslant x_1 \leqslant \frac{H}{5}} \left[\frac{W}{1-0{,}04\,W}\left(x_1 + 5 + \min_{\frac{H}{1{,}2\,x_1} \leqslant x_2 \leqslant \frac{H}{0{,}6\,x_1}} x_2\right)\right] =$$

$$= \min_{\frac{H}{20} \leqslant x_1 \leqslant \frac{H}{5}} \left[\frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(x_1 + 5 + \frac{H}{1{,}2\,x_1}\right)\right] =$$

$$= \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(\frac{H}{20} + 5 + \frac{20}{1{,}2}\right) = \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(\frac{H}{20} + \frac{65}{3}\right)$$

Wobec powyższego punkty (W,H) należące do prostokąta (1) muszą spełniać nierówność:

$$\frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(\frac{H}{20} + \frac{65}{3}\right) \leqslant 600 \tag{8}$$

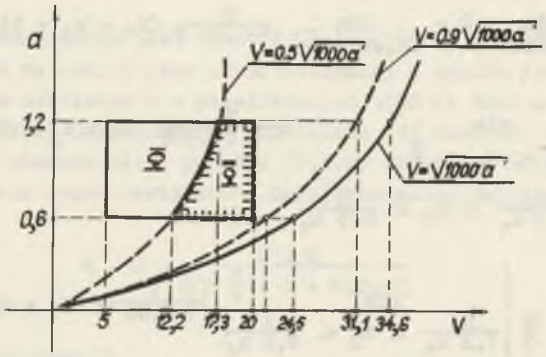
Na rys. 9 przedstawiony jest zbiór punktów (W,H) prostokąta (1) spełniających nierówność (8). Jest to poszukiwany zbiór R.

Dla każdego ustalonego (W,H) należącego do R istnieje trójka (v,a,Q) spełniająca relacje (3), zdolna wykonać to zadanie transportowe.

Uwzględniając fakt, że praktycznie i ekonomicznie uzasadnionymi punktami (v,a) zbioru $\bar{\Omega}$ są te punkty, dla których prędkość stosunkowa $\frac{v}{\sqrt{a\,H}}$ spełnia nierówność

$$0{,}5 \leqslant \frac{v}{\sqrt{a\,H}} \leqslant 0{,}9 \tag{9}$$

otrzymamy nowy zbiór $\bar{\bar{\Omega}}$ dopuszczalnych prędkości i przyspieszeń, przedstawiony na rys. 4, 5, 6, odpowiednio dla wysokości H = 1000 m, H=2000 m, H = 3000 m. W przypadku H = 3000 m część wspólna zbioru $\bar{\Omega}$ i zbioru speł-

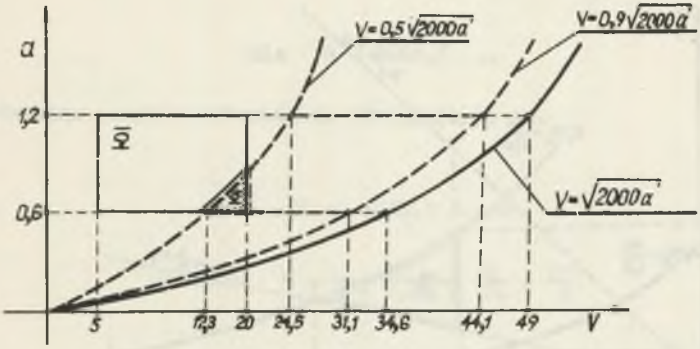


Rys. 4

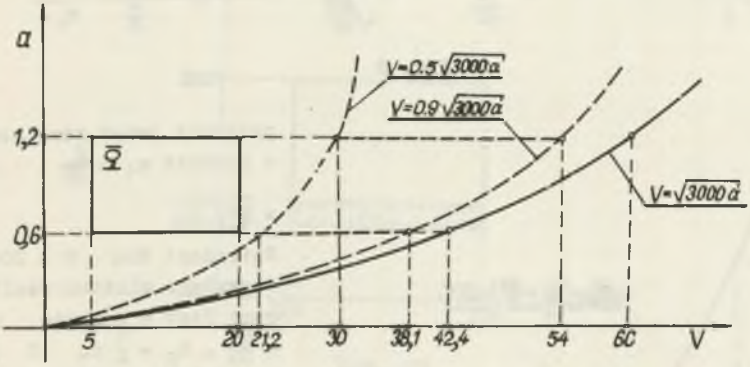
niającego nierówność (9) - (czyli zbioru $\bar{\bar{\Omega}}$) jest zbiorem pustym. Oznacza to, że przy H = 3000 m nie istnieje taka para (v,a), która spełniałaby jednocześnie warunki (5) i (9), a tym samym żadne zadanie transportowe (W,H) przy powyższych ograniczeniach na prędkość i przyspieszenie nie może być "wykonane".

Dla konstrukcji zbioru R, przy dodatkowym warunku (9) dokonajmy jak poprzednio transformacji (6).

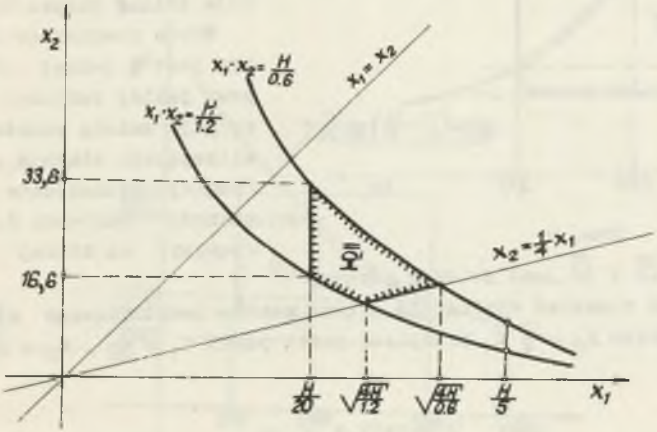
W jej wyniku, zbiór $\bar{\bar{\Omega}}$ przedstawiony na rysunkach 4 i 5 przekształci się odpowiednio w zbiór $\bar{\bar{\Omega}}'$ przedstawiony na rys. 7 i 8. W pierwszym przypadku tzn. dla H = 1000 m minimum funkcji $Q = F\left(\frac{H}{x_1}, \frac{H}{x_1\,x_2}\right)$, podobnie jak po-



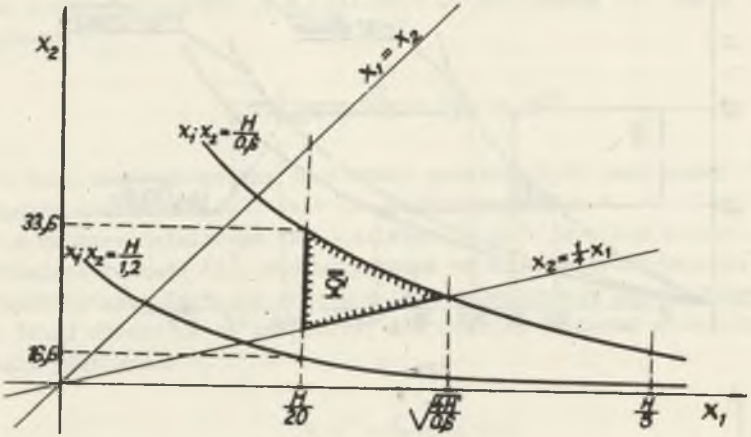
Rys. 5



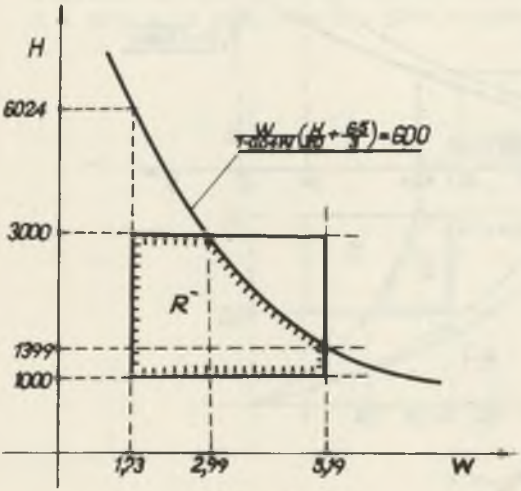
Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8



Rys. 9

przednio jedst realizowane w punkcie $x_1 = \frac{H}{20}$, $x_2 = \frac{20}{1,2}$.

Natomiast dla H = 2000 m rozważane minimum realizowane jest w punkcie $x_1 = \frac{H}{20}$, $x_2 = \frac{1}{4} x_1$ i jego wartość jest różna od poprzedniej. Fakt ten powoduje zmianę zbioru R.

Wobec powyższego istotnym jest z jednej strony, przy jakiej wartości H następuje zmiana punktu realizującego minimum, zaś z drugiej wyznaczenie granicznej wartości H, począwszy od której część wspólna zbioru $\bar{\Omega}$ i $\bar{\bar{\Omega}}$ jest zbiorem pustym.

Z poprzednich rozważań wynika, że zmiana punktu realizującego minimum nastąpi, gdy prosta $x_2 = \frac{1}{4} x_1$ przejdzie przez punkt $x_1 = \frac{H}{20}$, $x_2 = \frac{20}{1,2}$, czyli

przy H = 1333,3 ... m

Graniczną wartość H, począwszy od której część wspólna zbiorów $\bar{\Omega}$ i $\bar{\bar{\Omega}}$ jest pusta uzyskamy, gdy prosta $x_2 = \frac{1}{4} x_1$ przejdzie przez punkt $x_1 = \frac{H}{20}$, $x_2 = \frac{20}{0,6}$,

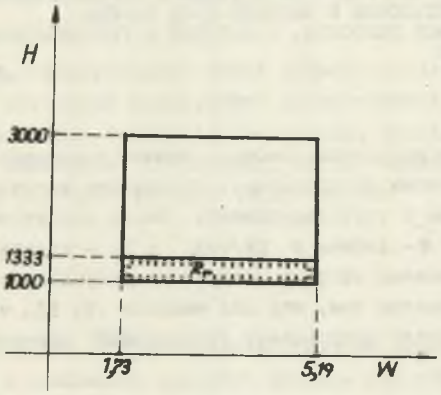
czyli

$$\text{dla} \quad H = 2666{,}6 \ldots$$

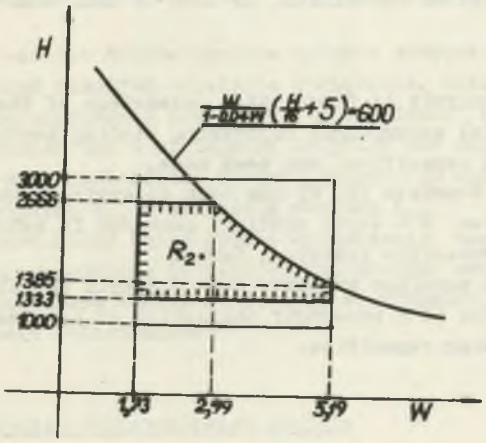
Uwzględniając powyższe rozważania otrzymujemy, że:
dla:

$$1^{\circ} \quad H \leqslant 1333{,}3 \ldots \text{ m}$$

$$\text{minimum} \quad Q = \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(\frac{H}{20} + \frac{65}{3}\right)$$



Rys. 10



Rys. 11

zaś dla

$$2^{o} \quad 1333{,}3 \leqslant H \leqslant 2666{,}6 \ldots$$

$$\text{minimum} \quad Q = \frac{W}{1 - 0{,}04\,W}\left(\frac{H}{16} + 5\right)$$

Zbiór R dla 1° i 2° przedstawiają rysunki odpowiednio 10 i 11.
Sposób wyznaczania zbioru Γ (W,H) dla ustalonego (W,H) należącego do R będzie treścią osobnych rozważań.

ПРЕДЕЛЬНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ ДЛЯ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ РУДНИЧНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ И ВЛИЯНИЕ ЭТИХ ФАКТОВ НА МНОЖЕСТВО ДОПУСКАЕМОЙ СКОРОСТИ, УСКОРЕНИЯ И ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ В СЛУЧАЕ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Р е з ю м е

В настоящей статье приводится анализ основных параметров рудничной подъёмной установки при особых предпосылках, касающихся высоты рудничного подъёма, скорости, ускорения и грузоподъёмности. Затем определяется множество R - точек (W, H), где W - добыча в kN/сек, а H - высота рудничного подъёма в метрах, так называемый сборник (собрание) допускаемых транспортных задач. Множество R отличается тем, что для каждого (W, H), относящегося к R, имеется непустое множество допускаемой (предельной) прочности, ускорения и грузоподъёмности.

SPECIFICATION MAXIMUM OF THE TRAVEL RATE AND HOISTING CAPACITY OF THE WINDING GEAR AND ITS INFLUENCE ON THE PERMISSIBLE RATES, ACCELERATIONS AND HOISTING CAPACITIES, IN CASE OF DEEP COAL MINES

S u m m a r y

In the paper an analysis of fundamental parameters of the mining winding gear, with special assumptions concerning winding depth, rate, acceleration and hoisting capacities, has been made.
Then a collection of R-points (W, H) has been determined, where W - means out in kN/sec., whereas H - depth winding, measured in metres - so called collection of permissible transport tasks.
Collection R has this peculiar property that for each (W, H) belonging to R there is existing for it a non-empty collection of permissible rates accelerations and hoisting capacities.