

Adam Owiński

Zakład Maszyn i Urządzeń  
Transportu Kopalnianego  
AGH w Krakowie

#### BADANIA PIONOWEGO ODDZIAŁYWANIA POCIĄGU NA ELEMENTY NAWIERZCHNI TOROWYCH KOPALŃ PODZIEMNYCH

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia wyniki badań rzeczywistych nad pionowym oddziaływaniem pociągu kopalnianego na elementy toru trakcyjnej dołkowej. Opisano stosowane w pomiarach czujniki, ich zabudowę w torze, podano zestaw aparatury pomiarowej oraz metodykę prowadzenia badań. Badanie przeprowadzono przy zmiennych parametrach konstrukcyjnych nawierzchni torowej oraz przy różnych prędkościach ruchu pociągu. Wyniki badań zobrazowano na przykładowych wykresach. Zamieszczono analizę otrzymanych wyników, odnosząc ją do badań dotychczasowych prowadzonych w tym zakresie na kolejach powierzchniowych. Podano końcowe najistotniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

#### 1. Wstęp

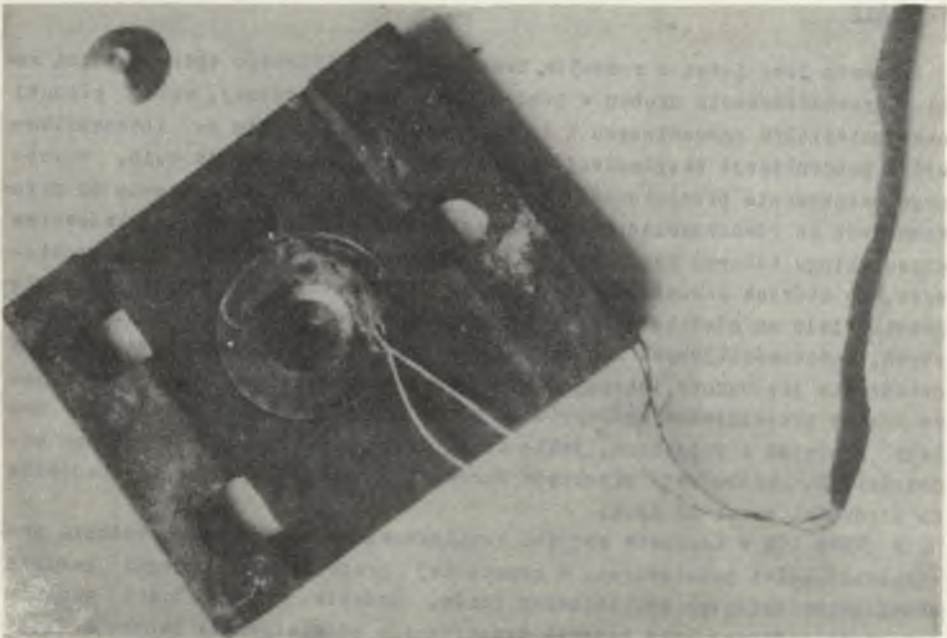
Przewóz jako jeden z rodzajów transportu kopalnianego spełnia ważną rolę w przemieszczaniu urobku w postaci kopaliny użytecznej, skały płonnej oraz materiałów pomocniczych i ludzi. Powszechne dążenie do intensyfikacji i koncentracji eksploatacji w górnictwie wymagać będzie m.in. znacznego zwiększenia przelotowości dróg transportowych. W odniesieniu do przewozu jest to równoznaczne ze zwiększeniem jego ładowności oraz skróceniem czasu obiegu taboru. Warunkuje to przede wszystkim stan dróg transportowych, po których poruszają się pojazdy. Na przestrzeni ostatnich lat osiągnięto wiele na odcinku zwiększania pojemności wozów, wprowadzania cięższych, nowocześniejszych lokomotyw. Niewiele jednak zostało zrobione w dziedzinie przebudowy istniejących torów i bieżącego ich utrzymania. Mając na uwadze przewidywane wydobycie do ponad 30 tys. T/dobę z kopalni, należy pamiętać o zadaniach, jakie staną przed przewozem, dalszej jego modernizacji, przebudowie przekopów torowych na bezkolizyjne, dostosowane do prędkości nawet 40 km/h.

W IMGPA AGH w Krakowie podjęto kompleksową pracę z zakresu badania nawierzchni kolei podziemnych. W ramach tej pracy przeprowadzono pomiary stanu geometrycznego istniejących torów, badania wytrzymałości gruntów spągowych podtorzy oraz badania dynamicznego oddziaływania taboru na elementy toru. Niniejszy artykuł podaje przebieg badań rzeczywistych wykona-

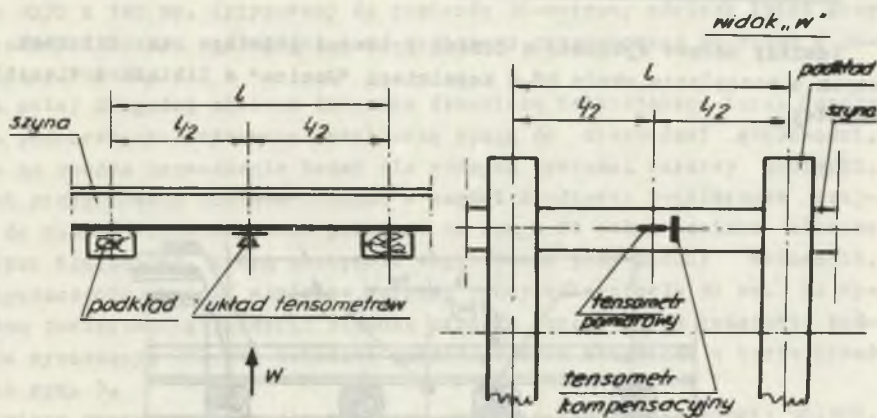
nych w kopalniach, ich wyniki oraz wnioski wynikające z dotychczasowych prac w tym zakresie.

## 2. Założenia ogólne badań

Badania kopalniane przeprowadzono w dwóch kopalniach Jaworznioko-Mikołowskiego Zjednoczenia P.W. Istniejące w nich tory kopalniane oraz eksploatowany tabor przewozowy były zgodne z wymogami określonymi w PTEKW, jak również typowe dla pozostałych kopalń. Badania przeprowadzono w przekopach przewozu głównego, w których nie zaobserwowano ruchów górotworu. Badania zasadniczo ograniczono do pomiarów pionowego oddziaływania taboru na tor kopalniany, przy czym przyjęte do pomiarów odcinki torowe były prostolinijne. Zdecydowano mierzyć siły "Q" występujące w miejscu stykania się szyny z podkładem, ciśnienie "p" pomiędzy podsypką a spągłem wyrobiska oraz naprężenia "σ" powstające w skrajnych włóknach stopy szyny podczas przejazdu taboru. W obydwu kopalniach badania przeprowadzono w środkach długości szyn, zabudowanych w przygotowanych odpowiednio odcinkach pomiarowych. Do pomiarów odpowiednich sił, ciśnień i naprężeń skonstruowano i wykonano oryginalne czujniki pomiarowe, oparte w działaniu na układach tensometrów oporowych. Konstrukcję odpowiednich czujników oraz układ tensometrów na szynie pomiarowej ilustrują rys. 1, 2.



Rys. 1. Czujnik do pomiaru sił "Q" oddziaływania szyn na podkłady



Rys. 2. Układ tensometrów na szynie do pomiaru naprężeń "σ" w skrajnych włóknach stopy szyny

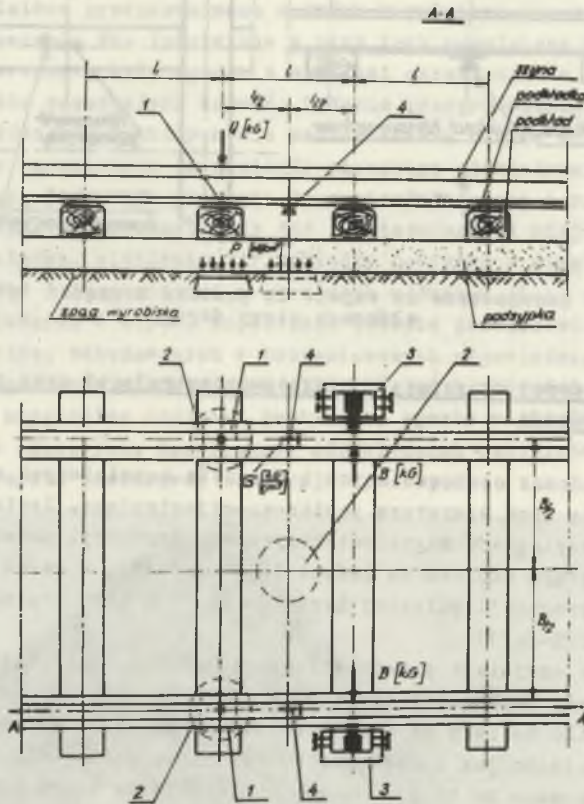
### 3. Opis stosowanej aparatury pomiarowo-rejestrującej oraz przebieg cechowania czujników

Zarówno podczas cechowania jak i pomiarów kopalnianych czujniki współpracowały z tą samą aparaturą pomiarowo-rejestrującą. Zestawiono ją z 12-kanalowego oscylografu magnetoelektrycznego produkcji radzieckiej typu K 12-22 z optycznym zapisem na taśmie światłoczułej, z dwóch mostków tensometrycznych produkcji polskiej typu TT-6 i TT-4 oraz prostownika zasilającego typu TFM-24/10.

Cechowanie czujników przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej firmy Werkstoffprüfmaschinen Leipzig nr 28023/41 atestowanej w 1969 r. o sile nacisku do 10.000 (kg). Podane czujniki cechowano zarówno dla ich obciążenia jak i odciążenia. Przebiegi cechowania wszystkich czujników rejestrowano na taśmie oscylograficznej. Na podstawie tych zapisów sporządzono charakterystyki robocze. We wszystkich przypadkach przedstawiały one zależność siły obciążającej od wartości rzędnej zapisu na taśmie oscylograficznej. Dla czujników do pomiaru oddziaływania podsypki na spąg oraz dla układu tensometrów klejonych na stopie szyny, wykonano odpowiednie przeliczenia sił, na ciśnienia "p" ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) oraz naprężenia "σ" ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). Dla wszystkich stosowanych czujników przebiegi cechowania były liniowymi, co świadczyło o prawidłowej konstrukcji elementów pomiarowych i właściwym doborze tensometrów.

#### 4. Przebieg pomiarów kopalnianych

Pomiary dołowe wykonano w torach przewozu głównego na odcinkach prostych o nachyleniu około 0% w kopalniach "Janina" w Libiążu i "Lenin" w Wesołej.



Rys. 3. Zabudowa ozujników w torze pomiarowym:

- 1) ozujniki do pomiaru sił "Q",
- 2) ozujniki do pomiaru ciśnień "p",
- 3) ozujniki do pomiaru sił bocznych "B",
- 4) układ tensometrów do pomiaru naprężeń "σ"

W kopalni "Janina" dokonano pomiarów oddziaływania pociągu na tor kopalniany przy użyciu ozujników w podkładach oraz ozujników do pomiaru "ciśnienia" podsypki na spąg wyrobiska. Przeprowadzono również dodatkowe pomiary oddziaływania poprzecznego pociągu na tor, przy użyciu specjalnych ozujników hydrauliczno-tensometrycznych.

Badania przeprowadzono w jednym z ohodników transportowych. Stosowane tam tory zbudowane były z szyn typu S 24 przy prześwicie wynoszącym

550 mm, toki szynowe układane były na podkładach drewnianych o wymiarach 200 x 1050 x 140 mm. Wytypowany do pomiarów 30-metrowy odcinek (pięć przęseł torowych z szyn o długości 6 m) pomiarowy przygotowano do badań w następujący sposób:

Na całej długości odcinka dokonano demontażu istniejącego toru. Oczyszczono podtorze oraz wykonano przybierkę spągu do niezbędnej głębokości, mając na uwadze prowadzenie badań dla różnych grubości warstwy podsypki. Na tak przygotowany odcinek ułożono w części środkowej 3-talerzowe ozujniki do pomiaru oddziaływania podsypki na spąg. Na całym odcinku ułożono podsypkę tłuczniową, którą następnie zagęszczano przy pomocy wałowania. Po zagęszczeniu grubość właściwa warstwy podsypki wyniosła 50 mm. Na wyrównaną powierzchnię podsypki ułożono przęsła torowe, przy rozstawie podkładów wynoszącym 350 mm. Zabudowę poszczególnych ozujników w torze przedstawia rys. 3.

Pomiary przeprowadzono dla czterech grubości warstwy podsypki: 50, 100, 150 i 200 mm oraz dla czterech różnych rozstawów podkładów: 350, 450, 650 i 1000 mm. Grubość warstwy podsypki zmieniano po pełnej serii badań dla grubości poprzedniej, przez podważanie przęseł torowych całego odcinka oraz dwóch sąsiednich po obu jego stronach i dosypywanie podsypki tłuczniowej do koniecznego wymiaru. Każdorazowo, po zmianie grubości warstwy, podsypkę zagęszczano pod wszystkimi podkładami przy użyciu podbijaków oraz kilkunastokrotnie przejeżdżano po ułożonym odcinku ładownym pociągiem kopalnianym.

Rozstawy podkładów zmieniano na żądany wymiar przez luzowanie wkrętów mocujących szyny, rozsuwanie czy zsuwanie podkładów oraz wyjmowanie zbędnych czy dodawanie brakujących. Podkład środkowy odcinka pomiarowego, na którym zbudowane były ozujniki w podkładkach, nie był przy zmianie podsypki i rozstawu podkładów demontowany.

Pomiary przeprowadzono dla różnych stałych prędkości jazdy pociągu, składającego się z lokomotywy elektrycznej przewodowej typu Ld-22 o nacisku na oś wynoszącym około 4500 (kg) oraz czterech małych wozów kopalnianych ładownych. Prędkości jazdy ustalano odpowiednim ustawieniem dźwigni nastawnika. Wszystkie pomiary wykonano przy prędkościach odpowiadających jeździe pociągu dla położenia nastawnika w pozycjach I, II, III, IV, VII i VIII. Mierzono przy tym stoperem czas przejazdu pociągu przez odcinek długości 10 m, z czego wyliczono każdorazowo prędkość jazdy w km/h. Ponadto dla ustalonej grubości warstwy podsypki i rozstawu podkładów wykonywano pomiar statyczny ( $V = 0$  km/h) oddziaływania pociągu na tor. Poszczególnymi kołami osi zestawów lokomotywy i wozów najeżdżano na środkowy podkład "pomiarowy", przy czym rejestrowano na osylografie wskazania ozujników.

Dla ustalonych wartości grubości warstwy podsypki, rozstawu podkładów oraz prędkości jazdy wykonywano każdorazowo po 3 pomiary.

W kopalni "Lenin" przeprowadzono pomiary w chodniku transportowym, w którym torry zbudowane były z szyn kolejowych PKP typu S 42, przy prześwi-

cie 600 mm. Toki szynowe były ułożone na podkładach drewnianych o wymiarach 220 x 1170 x 140 mm. Przygotowanie odcinka pomiarowego do badań wykonano podobnie jak w kopalni "Janina" (spąg wyrobiska w obydwóch kopalniach był stabilny, nie wykazywał skłonności do wyciskania). Z uwagi jednak na cięższy typ szyn badania przeprowadzono dla większych rozstawów podkładów, a mianowicie: 650, 850 i 1200 mm oraz tylko dla trzech grubości warstwy podsypki: 50, 100 i 150 mm. Na skutek znikomego oddziaływania małych wozów kopalnianych na tor – co stwierdzono w pomiarach prowadzonych w kop. "Janina" – pomiary przeprowadzono tylko dla przejazdów samej lokomotywy typu Ld-22. Dokonano pomiarów sił "Q" pomiędzy szyną a podkładem oraz naprężeń "σ" w skrajnych włóknaach stopy szyny. Dla ustalonych wartości rozstawów podkładów "b" oraz grubości podsypki "g" i prędkości jazdy lokomotywy "V", przeprowadzono każdorazowo po 4 pomiary. Sposób wykonywania pomiarów był również podobny jak w przypadku kop. "Janina", z tym że przy pomiarach statycznego oddziaływania lokomotywy na tor, najeżdżano kolejnymi jej osiami dodatkowo w miejsce odpowiadające zabudowie tensometrów na stopie szyny.

##### 5. Opracowanie i analiza wyników przeprowadzonych badań

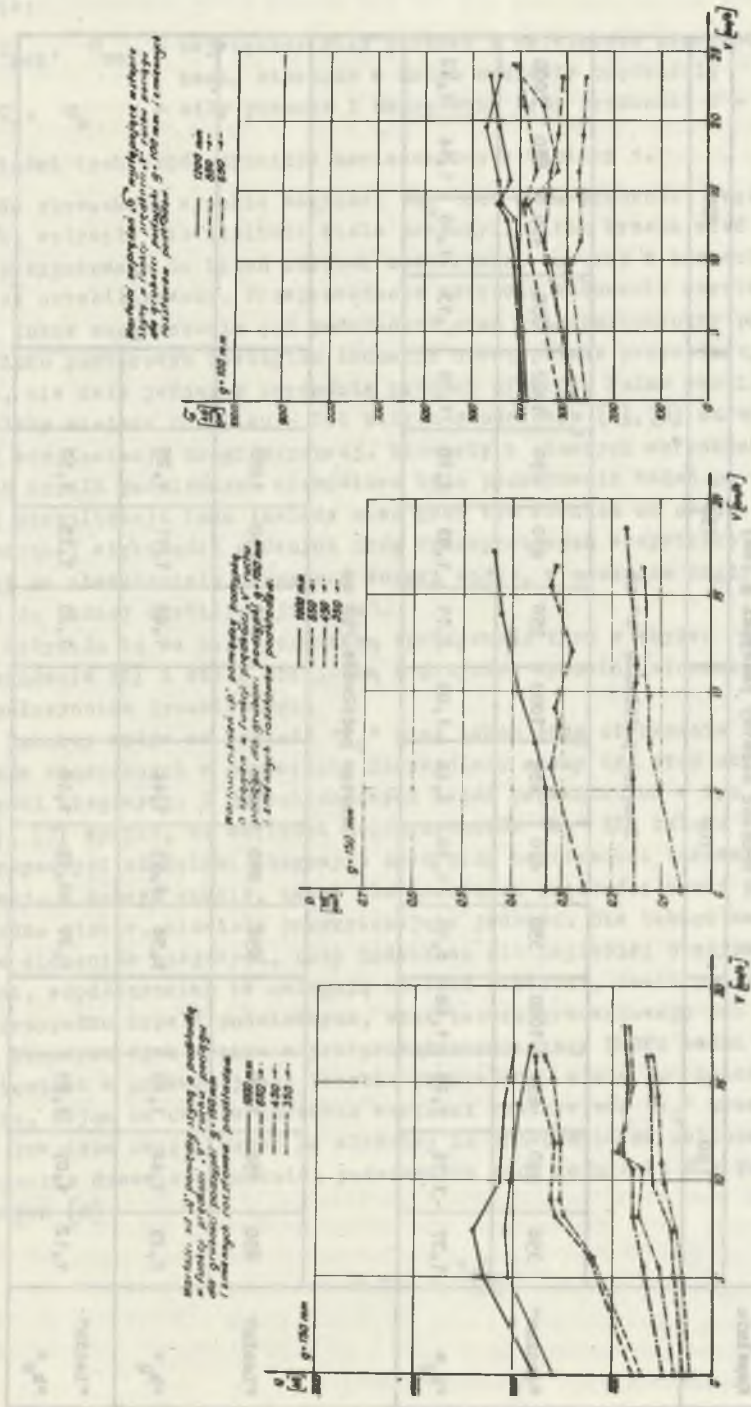
Opierając się na charakterystykach roboczych odczowania czujników odczytano z przebiegów rejestracji wielkości mierzonych na taśmach oscylograficznych maksymalne wartości sił "Q", ciśnień "p" oraz naprężeń "σ" w każdym kolejnym pomiarze. Z każdego trzech (kop. "Janina") czy czterech (kop. "Lenin") pomiarów odpowiednich wartości Q, p, σ obliczono średnie arytmetyczne. Wyniki pomiarów ujęto w tablice, a następnie sporządzono wykresy zależności sił "Q", ciśnień "p", oraz naprężeń "σ" w funkcji prędkości jazdy "V" km/h, grubości podsypki "g" mm i rozstawu podkładów "b" mm. Przykładowe wykresy przebiegów zmian "Q", "p" i "σ" w funkcji podanych zmiennych parametrów ilustrują rys. 4 ( $Q = f(V, b, g)$ ), rys. 5 ( $p = f(V, b, g)$ ) i rys. 6 ( $\sigma = f(V, b, g)$ ).

Na podstawie wyników badań dokonano obliczeń współczynników dynamicznych obciążenia pionowego wg wzorów:

$$k_Q = \frac{Q_{\max}}{Q_0}$$

oraz:

$$k_\sigma = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}$$



Rys. 6. Wykresy zmian naprężeń "G" w funkcji prędkości ruchu pociągu "v", rozstawu podkładów "b" i grubości warstwy podsypki "g"

Rys. 5. Wykresy zmian ciśnienia "p" w funkcji prędkości ruchu pociągu "v", rozstawu podkładów "b" i grubości warstwy podsypki "g"

Rys. 4. Wykresy zmian siły "Q" w funkcji prędkości ruchu pociągu "v", rozstawu podkładów "b" i grubości warstwy podsypki "g"

Tablice 1

Wartości współczynników dynamicznych zmiany obciążenia "k<sub>Q</sub>" i "k<sub>σ</sub>"

Kopalnia	Grubość warstwy podsypki g (mm)															
	50		100		150		200									
	Rozstaw podkładów "b" mm															
"Janina"	350	450	650	1000	350	450	650	1000	350	450	650	1000				
"k <sub>Q</sub> "	1,37	1,76	1,26	1,68	1,17	1,30	1,14	1,08	2,15	1,83	2,28	1,35	1,13	1,10	1,14	1,32
	Rozstaw podkładów "b" mm															
"Lenin"	650	850	1200	650	850	1200	650	850	1200	650	850	1200				
"k <sub>Q</sub> "	1,23	1,44	1,29	1,58	1,55	1,44	1,66	1,11	1,25							
"Lenin" "k <sub>σ</sub> "	1,12	1,07	1,07	1,21	1,23	1,18	1,25	1,13	1,11							



gdzie:

$Q_{\max}$ ,  $\sigma_{\max}$  - największe siły pionowe i największe naprężenia w szynach, mierzone w danym zakresie prędkości;

$Q_0$ ,  $\sigma_0$  - siły pionowe i naprężenia przy prędkości  $V = 0$ .

Wartości tych współczynników zamieszczono w tabeli 1.

Na stosunkowo wysokie wartości " $k_Q$ " dla max. prędkości rzędu około 25 km/h, wpłynęło niewątpliwie wiele przyczyn. I tak trzeba mieć na uwadze, że przygotowany do badań odcinek nawierzchni torowej w zasadzie nie był w pełni ustabilizowany. Przeprowadzone wstępnie wałowanie warstwy podsypki, jej dobre zagęszczenie pod podkładami oraz kilkunastokrotny przejazd po odcinku pomiarowym pociągiem ładownym niewątpliwie przyspieszyły ten proces, nie dały jednak z pewnością pełnych efektów. Pełna stabilizacja toru należałaby miejsce po kilku - lub kilkunastodniowym [4], [5] okresie intensywnej eksploatacji drogi szynowej. Niestety w obecnych warunkach istniejących kopalń podziemnych niemożliwe było prowadzenie badań po okresie pełnej stabilizacji toru (należy mieć przy tym również na uwadze, że w przeważającej większości głównych dróg transportowych wszystkich kopalń, z uwagi na niewłaściwie utrzymane soleki wodne, w zasadzie nigdy nie dochodzi do pełnej stabilizacji toru).

Wpłynęło to na nierównomierną sprężystość toru w obydwu płaszczyznach obciążenia [6] i stało się jedną z przyczyn wysokich stosunkowo wartości współczynnika dynamicznego.

Istotny wpływ na wartość " $k_Q$ " miał także stan utrzymania lokomotyw i wozów stosowanych w pomiarach. Szczególnie ważny był stan utrzymania ich osioci biegowych. Z dotychczasowych badań prowadzonych w tym zakresie [4], [6], [7] wynika, że wartości współczynników " $k_Q$ " dla taboru z b. dobrze utrzymanymi osiociami biegowymi oraz przy nawierzchni torowej ustabilizowanej, w dobrym stanie, nawet dla znacznych prędkości ruchu pociągu, są bardzo niskie, niewiele przekraczające jedność. Dla taboru zaś o złym stanie elementów biegowych, przy dodatkowo nie najlepiej utrzymanej nawierzchni, współczynniki te osiągają znaczne wartości, nawet przekraczając 2. W przypadku kopalń podziemnych, stan taboru przewozowego jak i nawierzchni torowych (jak wynika z przeprowadzonych przez IMGPA badań) pozostawia natomiast w przeważającej liczbie przypadków wiele do życzenia. Należy więc, mając na uwadze uzyskane wartości rzeczywiste " $k_Q$ " oraz przytoczone powyższe uwagi, uznać za właściwy do stosowania na obliczanie współczynnika dynamicznego kolei podziemnych wzór radziecki dla pociągów towarowych [8]

$$k = 1 + \frac{1,6 V}{100}$$

Nieregularne zmiany wartości sił "Q" dla obydwu toków szynowych, w funkcji prędkości "V" ruchu pociągu potwierdziły dotychczasowe badania m.in. [7], [9], [10] prowadzone przy znacznych prędkościach. Stan utrzymania taboru i toru ma tutaj pierwszorzędne znaczenie.

Z przeprowadzonych badań w pełni wynika dodatni wpływ zwiększania grubości warstwy podsypki oraz zmniejszania rozstawu podkładów na wartości "Q", "p" i "G". Wpływ zmiany grubości warstwy podsypki z wartości 50 na 100 mm (głównie przy większych rozstawach podkładów) na mierzone wielkości jest szczególnie widoczny. Należy to prawdopodobnie uzasadnić częściowym zmniejszeniem wartości współczynnika podłoża "C" (przy danym spągu) w miarę powiększania grubości warstwy podsypki. Uzyskane nieznacznie wyższe wartości sił "Q" i ciśnień "p" przy warstwie podsypki o grubości 200 mm w porównaniu z warstwą 150 mm spowodowane zostało najprawdopodobniej tzw. "wybrzuszeniem" (uniesieniem do góry) badanego odcinka toru.

Przebiegi zmian ciśnień "p" przekazywanych przez podsypkę na spąg wyrobiska, w funkcji prędkości "V" są prawie we wszystkich przypadkach niemal liniowe. Wpływ wzrostu prędkości jazdy na ich wartości jest bardzo nieznaczny lub nawet zerowy. Właściwe rozprzestrzenianie się ciśnień w oślej masie podsypki oraz jej własności tłumiące są tego niewątpliwym powodem. Zauważyć należy jednak dość istotny wpływ zmian grubości warstwy podsypki na rzeczywiste wartości ciśnień. Jest to oczywiste, gdyż wiadomo, że ciśnienie podkładu wywierane na podsypkę rozchodzi się stożkowo w dół i maleje proporcjonalnie do zwiększania się powierzchni podstawy stożka ciśnienia z poziomem; zależy od rodzaju materiału podsypki.

Wpływ zwiększania rozstawu podkładów przy danej grubości warstwy podsypki na wzrost ciśnienia "p" jest widoczny. Jest to związane z równoczesnym wzrostem sił "Q" oddziaływania szyn na podkłady.

Stosunkowo niskie wartości współczynnika dynamicznego " $k_G$ " w porównaniu z wartościami " $k_Q$ " były najprawdopodobniej wynikiem stosowania w badanym torze szyn typu S 42. Szyny te, pracujące w nawierzchniach PKP, stosowane są przy dopuszczalnych naciskach statycznych na oś rzędu około 18T i prędkościach do 100 km/h. W warunkach kopalnianych przy naciskach do 5 T na oś oraz max. prędkościach ruchu do 25 km/h są one o wiele za ciężkie.

Wynikła rozbieżność pomiędzy współczynnikami " $k_Q$ " i " $k_G$ " została również stwierdzona w badaniach kolei francuskich [6]. Badacze ci uzasadniają to m.in. wpływem sąsiednich osi na wartości naprężeń oraz innym wpływem nierównomiernej sprężystości toru.

Uzyskane w pomiarach kopalnianych wartości naprężeń - przy grubościach warstwy podsypki 100 i 150 mm oraz rozstawach podkładów 650 i 850 mm - rzędu około  $350 \text{ kg/cm}^2$  - są niskie w porównaniu z dopuszczalnymi. Dla obecnie stosowanych stali szynowych, przy prędkościach ruchu pojazdów do 60 km/h, naprężenia dopuszczalne wynoszą  $1800 \pm 2000 \text{ kg/cm}^2$ . Również i to wskazuje na nieosłowość stosowania szyn typu S 42 przy obecnych parametrach techniczno-eksploatacyjnych przewozu dołowego.

Rozpatrując wyniki przeprowadzonych badań w ośrodku, należy stwierdzić że przy obecnie stosowanym taborze kopalnianym stosowanie szyn typu S 24 jest w pełni wystarczające. Optymalna grubość warstwy podsypki dla tego typu szyn zawiera się w granicach od 100 - 150 mm, zaś rozstaw podkładów winien wynosić około 650 mm.

## 6. Wnioski końcowe

Z przeprowadzonych badań oraz z obserwacji prowadzonych podczas pomiarów wynika, że:

a) Stosowanie w obecnych warunkach przewozu węgla, przy spągach stabilnych, szyn typu S 42, przy obciążeniu toru pojazdami o max. "nacisku" na oś do 5 T jest niecelowe. Pomierzone naprężenia zginające w tych szynach należy uznać za niskie. Zalecane przez PTEKW szyny typu S 24 są jak dotychczas w pełni wystarczające.

b) Grubość warstwy podsypki w decydujący sposób wpływa na naprężenia i siły występujące w elementach toru. Wynikła z badań rzeczywistych optymalna grubość zawiera się w granicach 100 do 150 mm.

c) Rozstaw podkładów jest również czynnikiem decydującym o powstających naprężeniach i siłach w torze. Przy stosowanych powszechnie szynach typu S 24 (115/24) optymalny - ze względów wytrzymałościowych - rozstaw zawiera się w granicach około 650 mm. Dla szyn typu S 42, przy obecnych naciskach na oś, zwiększanie rozstawu nawet do wartości 1200 mm, wpływa nieznacznie na wzrost naprężeń i sił.

## LITERATURA

- [1] Nassalski C.: Zastosowanie tensometrii oporowej do badania nawierzchni kolejowej. Przegląd kolejowy dróg, 7/1963 r.
- [2] Roliński Z.: Zarys elektrycznej tensometrii oporowej. WNT, 1963 r.
- [3] Zimmermann R.: Pomiar naprężeń metodami elektrycznymi. PWT, 1959 r.
- [4] Zołotorski A.F.: 'Żelaznodorozny put' i podwójny skład dla wysokich prędkości jazdy. Moskwa 1964 r.
- [5] Basiewicz T.: Obliczanie nawierzchni kolejowej z uwzględnieniem kumulacji odczynań trwałych podsypki. Konferencja naukowa PAN, Krynica 1965 r.
- [6] Prud'Homme A.: La circulation a grande vitesse et les problemes de la voie. Rev. Gén des Chemins de fer, 1966 r.
- [7] Wierigo M.F.: Badania doświadczalne nad oddziaływaniem pojazdów na tor kolejowy przy dużych prędkościach. Bull. AICCF 12/1967 r.
- [8] Kozorowski A.: Obliczanie nawierzchni kolejowej. WK Warszawa 1956 r.
- [9] Jerabek J.: Dynamische Wirkung von Schienen und Strassenfahrzeugen. Wissenschaftliche Ztschr. der Hochschule in Dresden, 1967 r.
- [10] Zajęcki E.: Badania oddziaływania na tor podstawowych jednostek taboru kolejowego. Praca COBIRTK 1960 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЕЗДА  
НА ЭЛЕМЕНТЫ ПУТЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ШАХТ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты испытаний в естественных условиях вертикального воздействия шахтного поезда на элементы пути подземной тяги. Описаны, применяемые для измерений датчики, их встройка в пути, поданы комплексы измерительной аппаратуры, а также методика проведения исследований. Исследования проведены при переменных конструктивных параметрах покрытия пути, а также при разных скоростях движения поезда. Результаты представлены графиками, основанными на примерах. Включен анализ полученных результатов, относя его к исследованиям, проводимым до сих пор в этой области на наземных железнодорожных путях. Поданы окончательные самые существенные предложения, вытекающие из проведенных исследований.

INVESTIGATIONS CONCERNING THE VERTICAL INFLUENCE OF A TRAIN UPON  
THE ELEMENTS OF THE TRACK SURFACE IN UNDERGROUND MINES

S u m m a r y

The article contains results of in-situ investigations concerning the vertical influence of an underground railway train upon the elements of the track. The gauges which have been applied in these measurements, the way of their fastening to the track, the applied set of measuring instruments as well as the method in which these investigations were carried out, have been dealt with. The tests were carried out with varying constructional parameters of the track structure and at various speeds of the train. The results have been illustrated in the form of diagrams and analysed with respect to the researches accomplished so far in this range in the case of surface railways. Finally the most fundamental conclusions have been formulated which result from the performed investigations.