

KAZIMIERZ JUZWA

ZASADY POMIARU ODKSZTAŁCEN JEZDNI PODSUWNICOWYCH

Streszczenie. W artykule omówione są zasady pomiaru jezdni podsuwnicowych w oparciu o Normy Polskie, przepisy Ministerstwa Przemysłu Ciężkiego i Urzędu Dozoru Technicznego.

Podany jest program badań odkształceń, sposób rozmieszczenia badanych punktów, rodzaj aparatury i dokładność pomiaru. Ponadto wykazano, na podstawie prac badawczych Zakładu Naukowo Badawczego Geodezji Politechniki Śląskiej w latach 1957-1960, rozbieżności między stanem faktycznym odkształceń, a dopuszczalnymi tolerancjami, dla rozstawu szyn, prostolinijności szyn oraz pochylenia niwelety szyn.

1. Uwagi ogólne

Suwnice należą do środków transportu wewnątrzzakładowego, biorą bezpośredni udział w produkcji, a sprawne ich działanie ma w wielu wypadkach decydujący wpływ na wyniki prac całego zakładu produkcyjnego.

Należyte działanie suwnicy uzależnione jest w dużej mierze od stanu jezdni podsuwnicowej. Jezdnia przejmuje obciążenia pionowe od skupionych nacisków kół suwnicy oraz obciążenie dodatkowe spowodowane ruchem mostu i wózka suwnicy, wahaniami nosiwa oraz parciem wiatru.

Niezachowanie rozpiętości teoretycznej między osiami torów stwarza dodatkowe opory ruchu suwnicy, jest powodem nadmiernego ścierania się szyn, obrzeży kół i zaklinowań mostu.

Położenie szyn względem innych elementów konstrukcyjnych jezdni niezgodne z warunkami statycznymi powoduje występo-

wanie w konstrukcji dodatkowych naprężeń i może spowodować jej uszkodzenie.

Najczęściej spotyka się uszkodzenia nitów, względnie spoin poziomych w pasach oraz w połączeniach belek podsuwnicowych ze słupami, a w konstrukcjach żelbetowych rysy i pęknięcia belek. Nieprostolinijność szyn i błędy w konstrukcji styków szyn mają duży wpływ na bezpieczeństwo ruchu, od nich bowiem zależy wielkość współczynnika dynamicznego.

Przyczyn złego stanu jezdni, w zasadzie nie należy doszukiwać się w niedbałym wykonawstwie, najczęściej jest on spowodowany długoletnią eksploatacją suwnicy, a na terenie zagłębia węglowego - wpływami eksploatacji górniczej.

Ustalone przez "Normy Polskie" wielkości poszczególnych odchyień od zasad projektu torów, jezdni nowych, są w jezdniach starych wielokrotnie przekroczone, tak jak i wielkości podane w resortowych przepisach dotyczących eksploatacji suwnic.

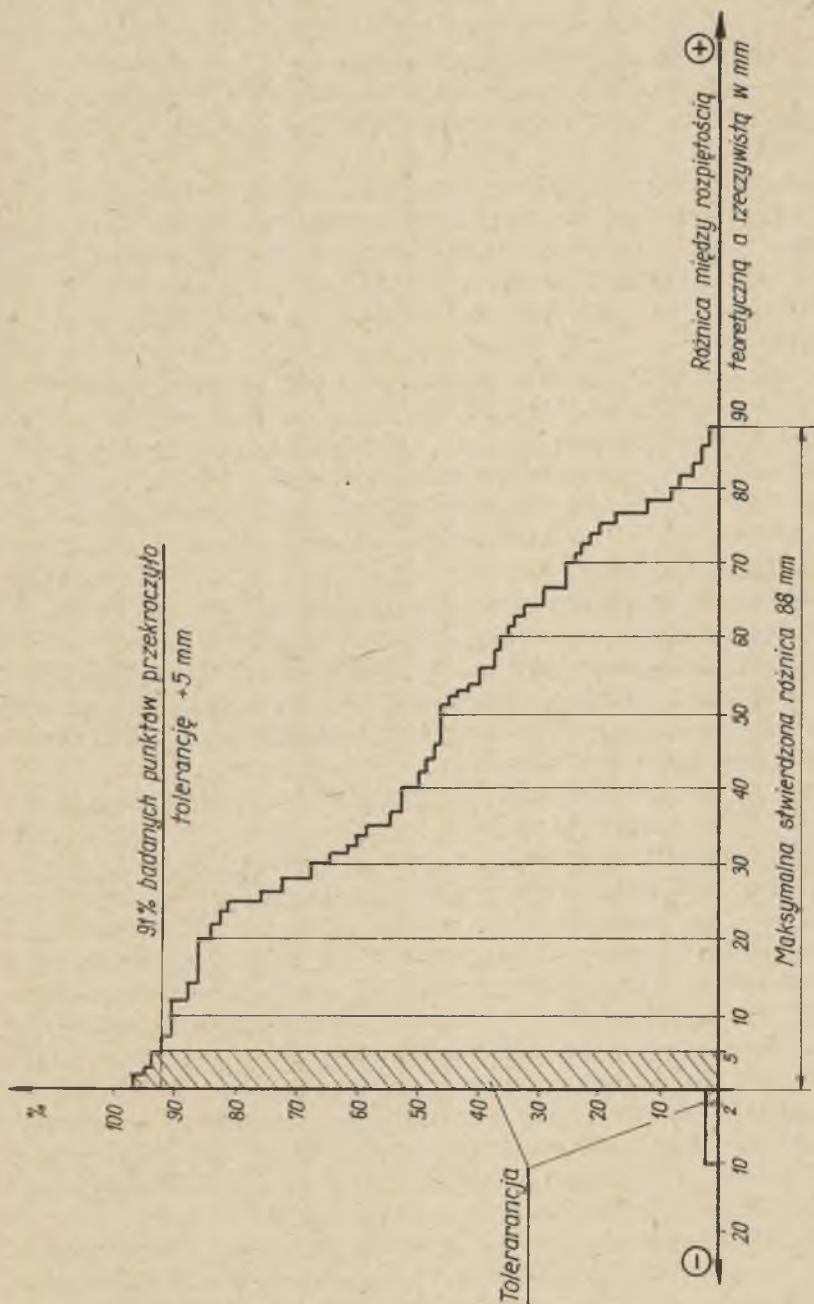
2. Typowe wyniki pomiarów odkształceń jezdni podsuwnicowych na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1957-1960

W czasie prac badawczych przeprowadzonych przez Zakład Naukowo-Badawczy Geodezji Politechniki Śląskiej stwierdzono, że w ponad 90% przebadanych jezdni podsuwnicowych tolerancje normowe są wielokrotnie przekroczone i w myśl obowiązujących przepisów eksploatacja ich powinna być natychmiast wstrzymana. Stan faktyczny najlepiej przedstawić za pomocą wykresów obrazujących procent ogólnej liczby badanych punktów na jezdni podsuwnicowej, w których zostały przekroczone wielkości teoretyczne.

Dla sporządzenia wykresów wybrano jezdnie podsuwnicowe o podobnych charakterystykach technicznych; niestety fundowanych na różnych podłożach i w różnym stopniu narażonych na szkody górnicze.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawione są przekroczenia teoretycznego rozstawu szyn toru podsuwnicowego. Wykres pierwszy sporządzono na podstawie wyników badań 8 jezdni podsuwnicowych, suwnic montażowych, o teoretycznym rozstawie szyn 20,000 m; rozstaw słupów w kierunku podłużnym jezdni 7 do 9 m; udźwig suwnicy 30 T; ilość obserwacji 192 par punktów.

Dozwolona tolerancja: + 5 mm; - 2 mm. Wymiar teoretyczny przekroczyło 98% - poza obszarem tolerancji znajduje się 93% badanych punktów (+ 91%; - 2%).



Rys. 1. Wykres przekroczenia teoretycznego rozstawu szyn toru podsuwnicowego przy rozpiętości mostu 20,000 m

Wyniki badań 26 jezdni podsuwnicowych o rozstawie teoretycznym szyn od 10 do 15 m, udźwigu 15 do 30 T i rozstawie słupów w kierunku podłużnym jezdni od 6 do 9 m przedstawia wykres 2. Dozwolona tolerancja: $+ 5 \text{ mm}_3 - 2 \text{ mm}$. Wymiar teoretyczny przekroczyło tak jak w poprzednim wypadku 98% badanych punktów. Poza obszarem tolerancji znajduje się $+ 68\%_3 - 20\%$.

Na wykresie trzecim podano wielkości, pomierzonych na słupach, odchylen punktów osiowych szyny od prostej łączącej punkt początkowy i końcowy szyny. Według PN-55/B-06200 odchylenia w osi poziomej szyny od jej osi teoretycznej nie mogą być większe niż 2,5 mm. Tolerancję przekroczyło 97% badanych punktów.

Procentowe przekroczenie, przewidzianej w przepisach Ministerstwa Przemysłu Ciężkiego, tolerancji dla różnic odchylen punktów osi szyny mierzonych na sąsiednich słupach jednej belki podsuwnicowej od prostej łączącej punkty początkowe szyny, podaje rys.4. Dopuszczalna tolerancja 2 mm. Wykresy na rysunkach 3 i 4 zestawione są dla jezdni, jak podano w przypadku pierwszym.

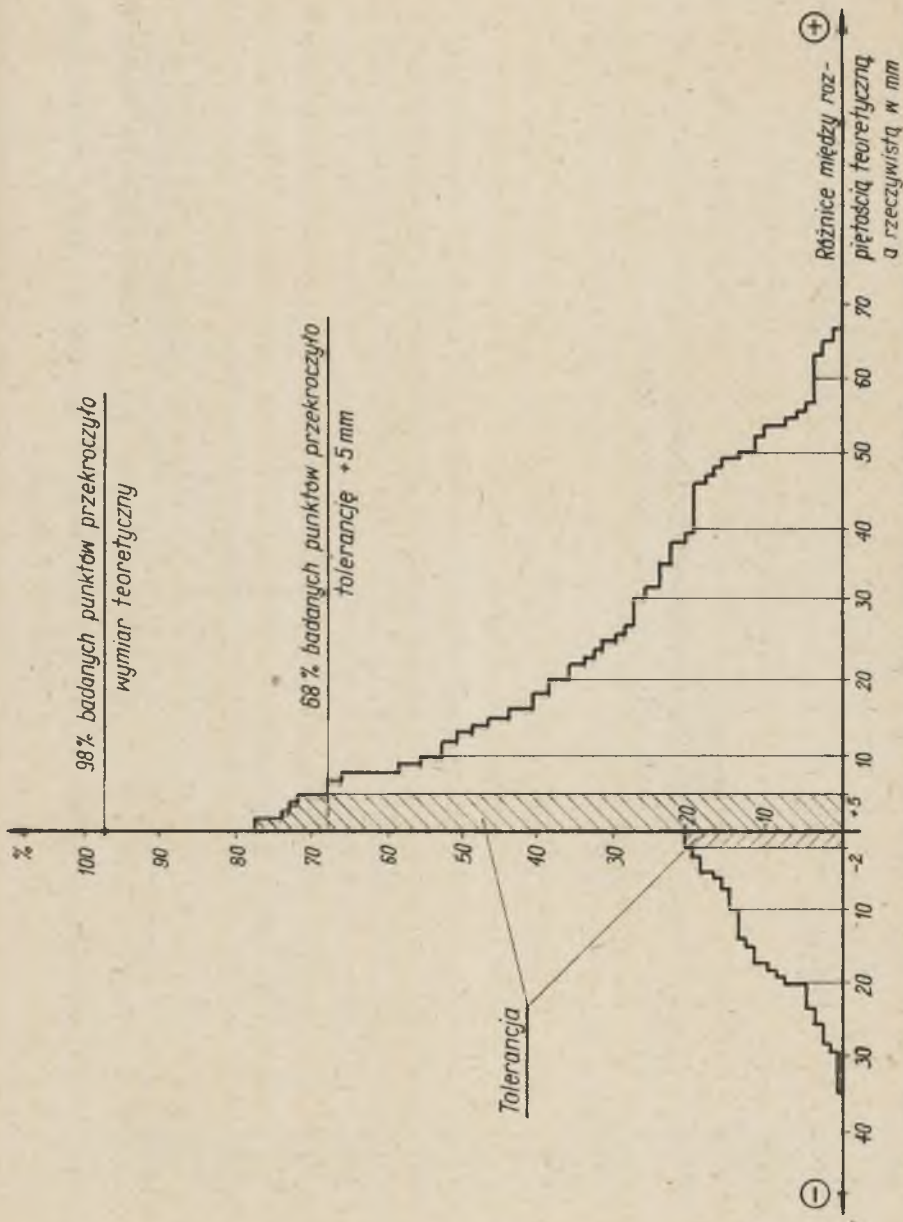
Dla pełniejszego obrazu zachowania się jezdni podsuwnicowych w płaszczyźnie poziomej załączono wykres przekroczenia rozpiętości teoretycznej na długości jezdni, w trzech jezdniach podsuwnicowych o podobnych charakterystykach technicznych, umieszczonych w jednej hali produkcyjnej i jednako narażonych na wpływ eksploatacji górniczej.

Podobnie przedstawiają się przekroczenia dopuszczalnych odchyłek w płaszczyźnie pionowej.

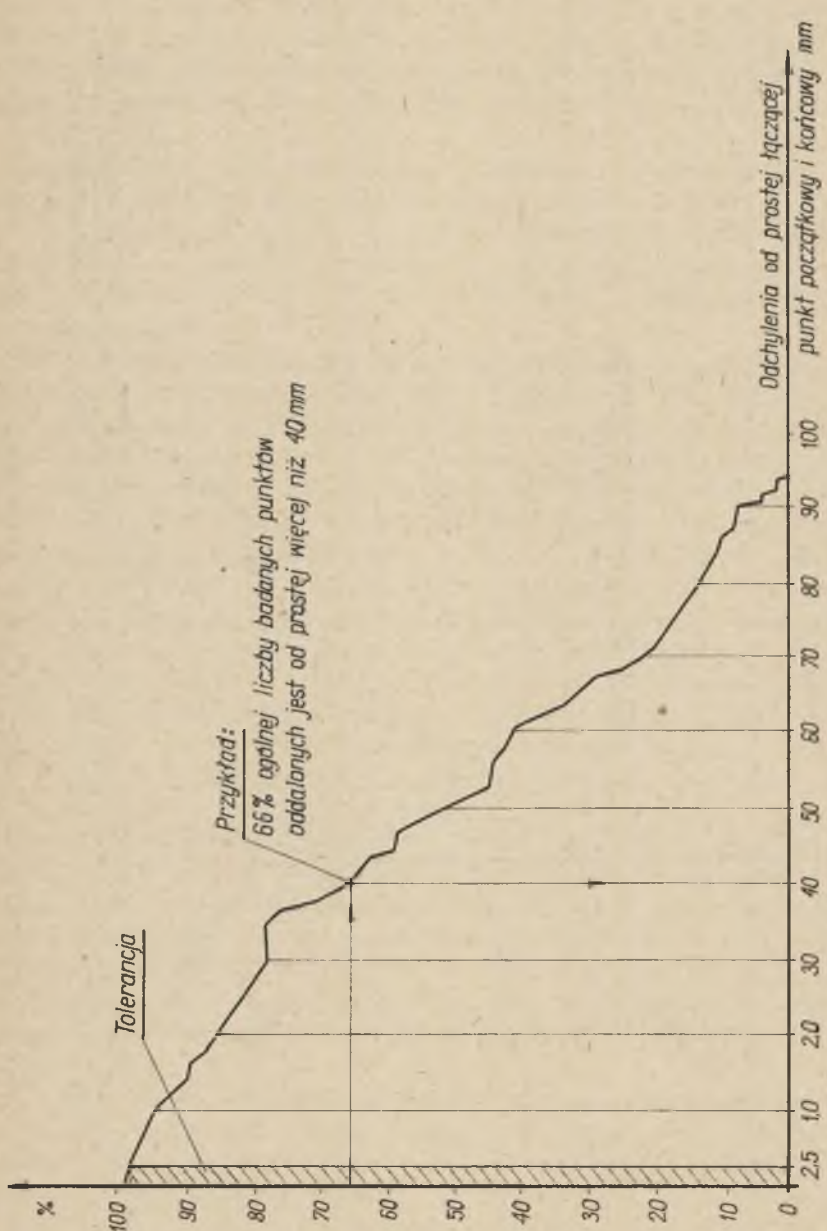
Analizując wyniki pomiarów różnic wysokości główek szyn w jednym przekroju poprzecznym toru jezdni, które wg PN-55/B-06200 nie powinny być większe niż: na podporach 10 mm, w przęśle 15 mm, stwierdzono w 60 jezdniach podsuwnicowych zgodność z normą tylko w 22%. W pozostałych wypadkach podane tolerancje były znacznie przekroczone, różnice poziomów główek szyn w jednym przekroju 15 i 18 cm nie były rzadkością.

Wyniki badań ułożenia niwelety szyny przedstawione są na rys.6. Wg normy maksymalne pochylenie niwelety wynosi $\frac{1}{1500}$ rozstawu słupów, przy czym różnica wysokości główek szyn na sąsiednich słupach $\leq 10 \text{ mm}$.

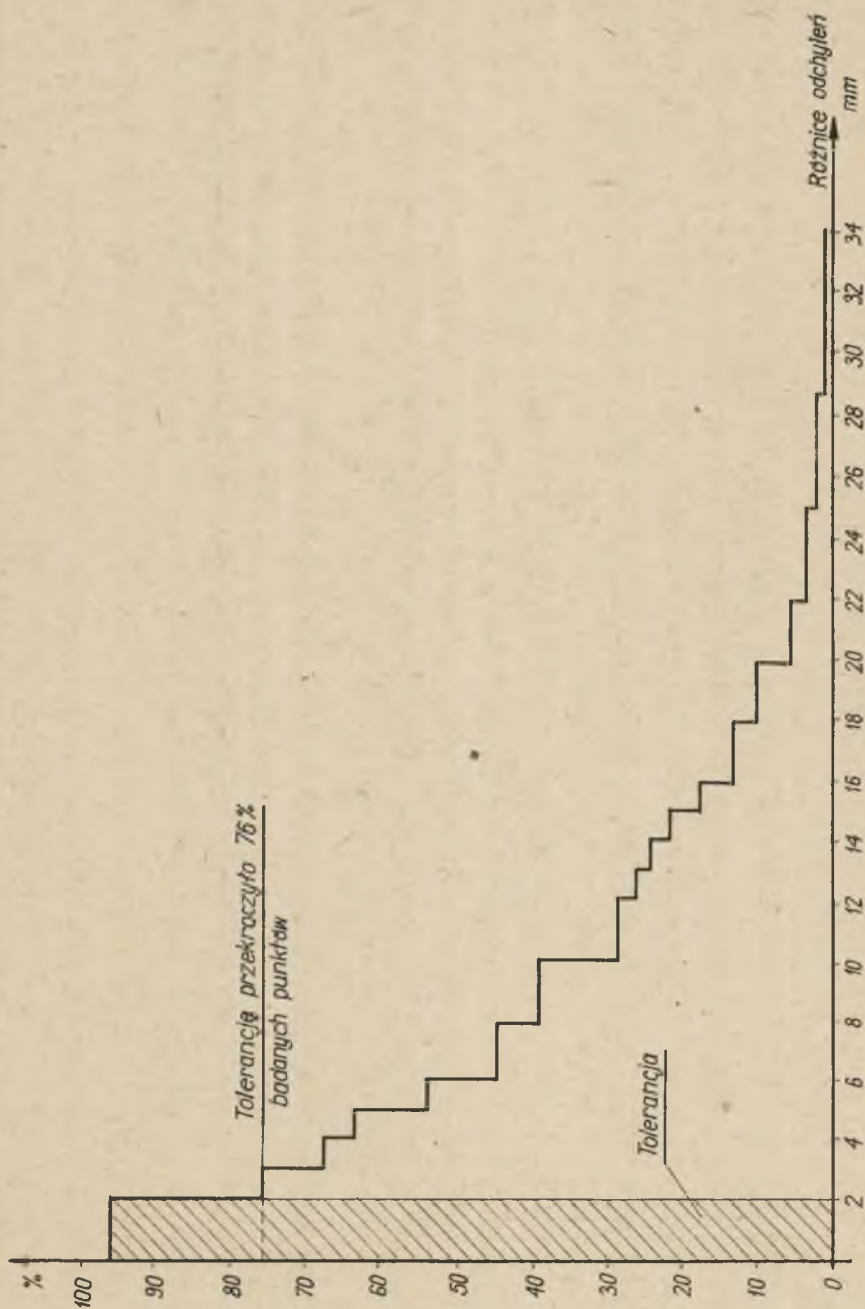
Wykres zestawiono na podstawie 462 różnic wysokości wyznaczonych na sąsiednich słupach. Z liczby tej 46% wykazuje różnice większe niż 10 mm. Dopuszczalne pochylenie przekroczyło 80% wszystkich wyznaczonych pochylen.



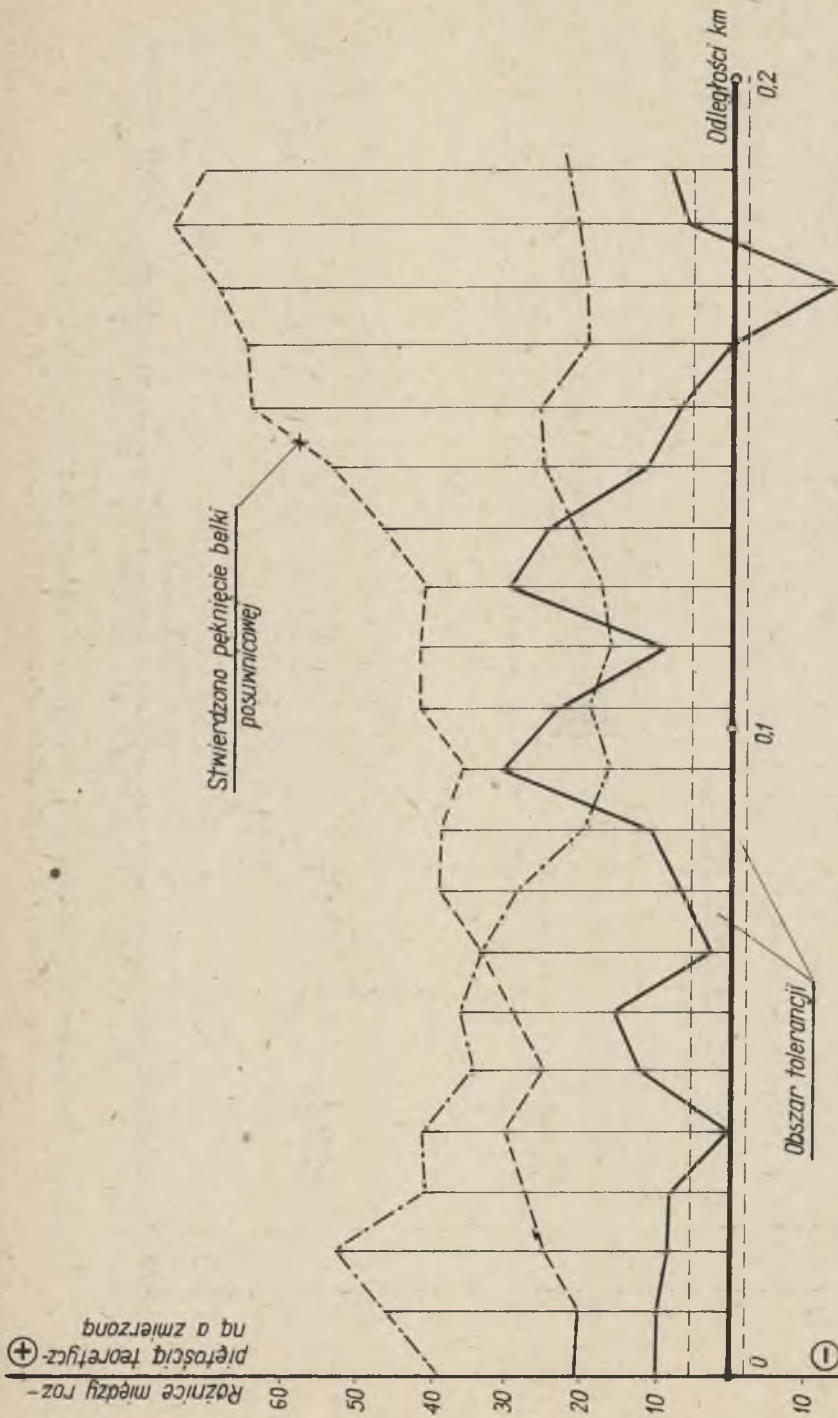
Rys.2. Wykres przekroczenia teoretycznego rozstawu szyn toru podsuwnicowego przy rozp. mostu od 10-15 m



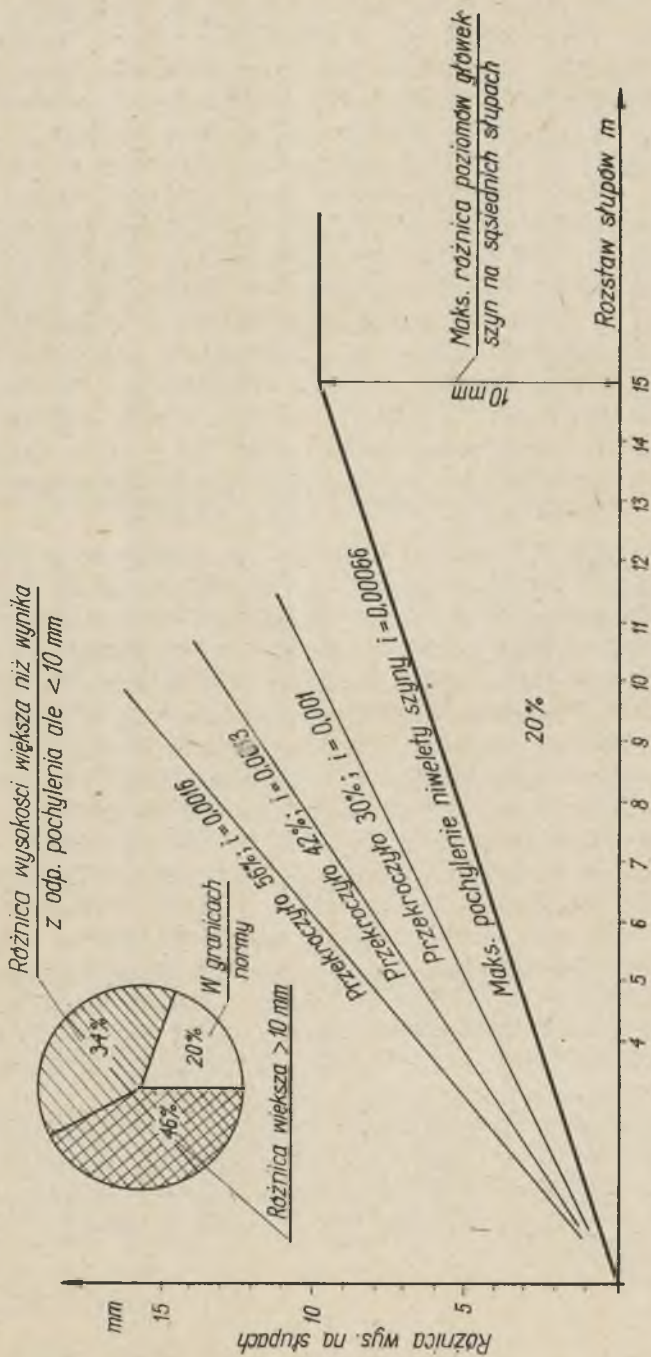
Rys.3. Wykres odchylenia osi szyny od prostej łączącej punkt początkowej i końcowej szyny



Rys.4. Różnice odchylenia osi szyny, mierzone na sąsiednich słupach od prostej łączącej punkty początkowe szyny



Rys. 5. Różnice między rozpiętością teoretyczną, a zmierzoną na długości jezani pods.



Rys.6. Pochylenia niwelety szyn

We wszystkich wyżej wymienionych przypadkach jezdnie podsuwnicowe znajdowały się w eksploatacji, a obsługa ich w większości nie uskarżała się na przeszkody w użytkowaniu. Duże przekroczenia tolerancji odkształceń jezdni w konfrontacji z opinią użytkowników świadczą dobitnie o potrzebie przeprowadzenia badań w celu definitywnego rozszczygnięcia problemu. Stan obecny dezorientuje nadzór techniczny, który nie znając rzeczywistego stanu zagrożenia konstrukcji niejednokrotnie nie dostrzega najbardziej zagrożonych miejsc, co w rezultacie staje się powodem zdarzających się, mimo wszystko, przestojów suwnicy, a nawet w pojedynczych przypadkach poważnych katastrof. W świetle przytoczonych wyników badań budzą bardzo poważne wątpliwości niektóre normy stosowane przy projektowaniu mostów suwnicowych, jak nadanie odkształcenia wstępnego belce suwnicy w celu zabezpieczenia się przed samoczynnym staczaniem się wózka, wywołanego strzałką ugięcia $\frac{1}{1000}$ rozpiętości suwnicy.

Doceniając znaczenie dźwignic w procesie produkcji, Prezydium Rządu Uchwałą nr 998 z dnia 23 grudnia 1953 ustanowiło dozór nad dźwignicami sprawowany przez Urząd Dozoru Technicznego. Niezależnie od tego w większych zakładach przemysłowych działają specjalne komórki nadzoru, których działalność regulują odpowiednie przepisy i normy resortowe.

Problemu tego nie rozwiązała mająca w niedługim czasie wejść w życie instrukcja opracowana przez Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego - Zjednoczenie Hutnictwa Żelaza i Stali, dotycząca technicznej eksploatacji i budowy suwnic w przemyśle hutniczym. W sposób bardzo obszerny i wyczerpujący traktuje ona sprawy dotyczące mechanizmów suwnic, dokumentacji technicznej, nadzoru technicznego, bezpieczeństwa i higieny pracy; przewiduje konieczność przeprowadzania okresowych badań konstrukcji suwnic i jezdni podsuwnicowych. Sposób przeprowadzenia tych badań podany jest bardzo ogólnikowo, a chcąc zachować wszystkie podane w instrukcji warunki techniczne, wymaga szczegółowego opracowania.

Na podstawie szczegółowej analizy dostępnych materiałów projektu przepisów "Budowy i eksploatacji suwnic" oraz na podstawie wyników prac badawczych przeprowadzonych w Zakładzie N.B.Geodezji, zestawiono program i zasady badań jezdni podsuwnicowych.

3. Program badań ogólnych

Program badań jezdni podsuwnicowych powinien być uzależniony od stanu konstrukcji nośnej, rodzaju ruchu oraz od ewentualnych wpływów eksploatacji podziemnej i wytrzymałości podłoża. Wymienione badania można podzielić na dwa rodzaje:

- a) pomiary prostoliniowości szyn, rozstawu szyn, odchylenia osi szypów od pionu, pomiary wysokościowe w odniesieniu do niwelety toru i osiadania fundamentów, pomiar rozpiętości mostu suwnicowego,
- b) badania stanu konstrukcji i ugięcia belek podsuwnicowych.

4. Zasady przeprowadzania badań pomiarowych

Przed przystąpieniem do pomiaru należy przeprowadzić szereg czynności przygotowawczych, umożliwiających obranie właściwej metody pomiaru oraz ustalenie zakresu badań. W wypadku zagrożenia konstrukcji wpływami eksploatacji górniczej należy przewidzieć badania kontrolne - zgodnie z przepisami w okresach nie przekraczających 3 do 4 miesięcy.

Na podstawie dotychczasowych prac badawczych można stwierdzić, że w niektórych przypadkach badania kontrolne trzeba przeprowadzać nawet w okresach dwutygodniowych, dla większości wystarczającym wydaje się okres 6-cio miesięczny. Sprawa ta wymaga głębszej analizy i będzie tematem osobnych opracowań.

4.1. Ustalenie ilości i rozmieszczenia badanych punktów

Punkty podlegające obserwacji można podzielić na: punkty nawiązania, punkty kontrolne oraz punkty do bezpośredniej obserwacji odkształceń.

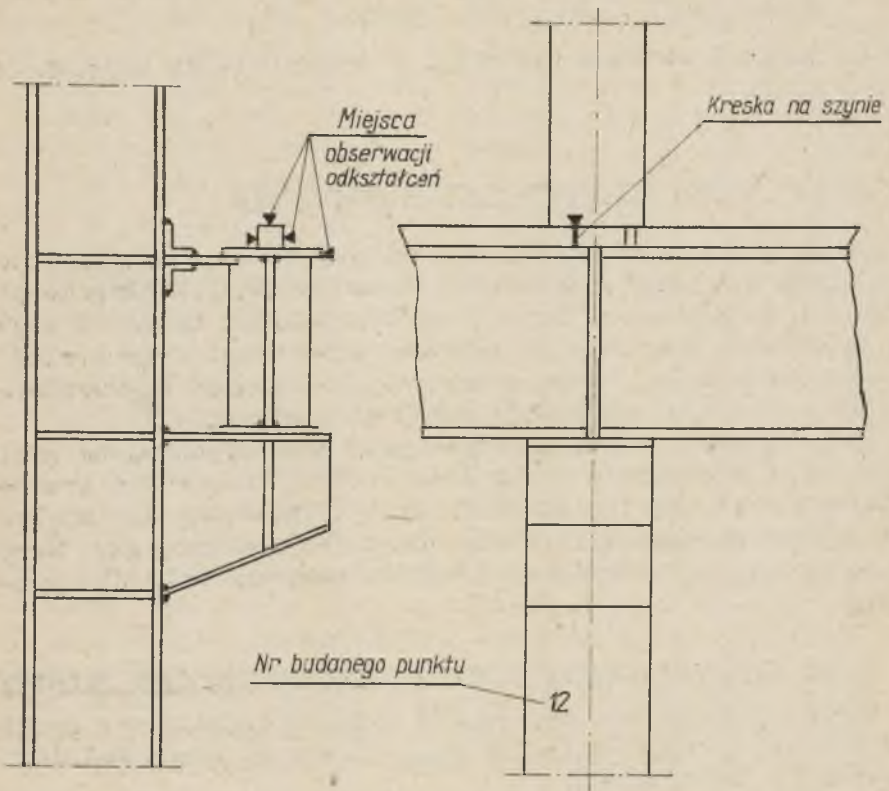
W stosunku do punktów nawiązania określa się okresowe wyniki pomiarów, zaś z pomocą punktów kontrolnych można ustalić usytuowanie przyrządu pomiarowego w czasie pomiaru. Dla wyznaczenia osi szyny w płaszczyźnie poziomej obiera się punkty obserwowane na bocznych krawędziach główki szyny. (Rys.7).

Stosowane są trzy sposoby rozmieszczenia ich na długości jezdni podsuwnicowej:

- a) w miejscu styków szyn toru suwnicy,
- b) w środku przęseł belki podsuwnicowej,

- c) w miejscu połączenia belek podsuwnicowych ze słupami.

Przy dużych rozpiętościach przęseł belki podsuwnicowej (15 m) i w wypadkach specjalnie uzasadnionych, punkty obserwowane należy obierać na słupie w przęśle i na stykach; jednak odległości między nimi nie powinny być mniejsze od 5 m. Zbytne zagęszczenie punktów powoduje zaciemnienie ogólnego obrazu odkształceń.



Rys.7. Miejsca do obserwacji odkształceń szyny i belki

Rozmieszczenie punktów, dla obserwacji odkształceń główki szyny w płaszczyźnie pionowej, przyjmuje się w odstępach jak dla pomiarów poziomych.

Przyjęcie obserwowanych punktów w miejscu połączeń belek podsuwnicowych ze słupami, zwiększa w czasie pomiaru bez-

pieczeństwo pracy (możliwość przytrzymania się skupa), ułatwia orientację, w razie potrzeby umożliwia ustalenie rozstawu słupów w przekroju poprzecznym, a przy pomiarach wysokościowych umożliwia wyznaczenie osiadania słupów i pochyleń podłużnego szyny.

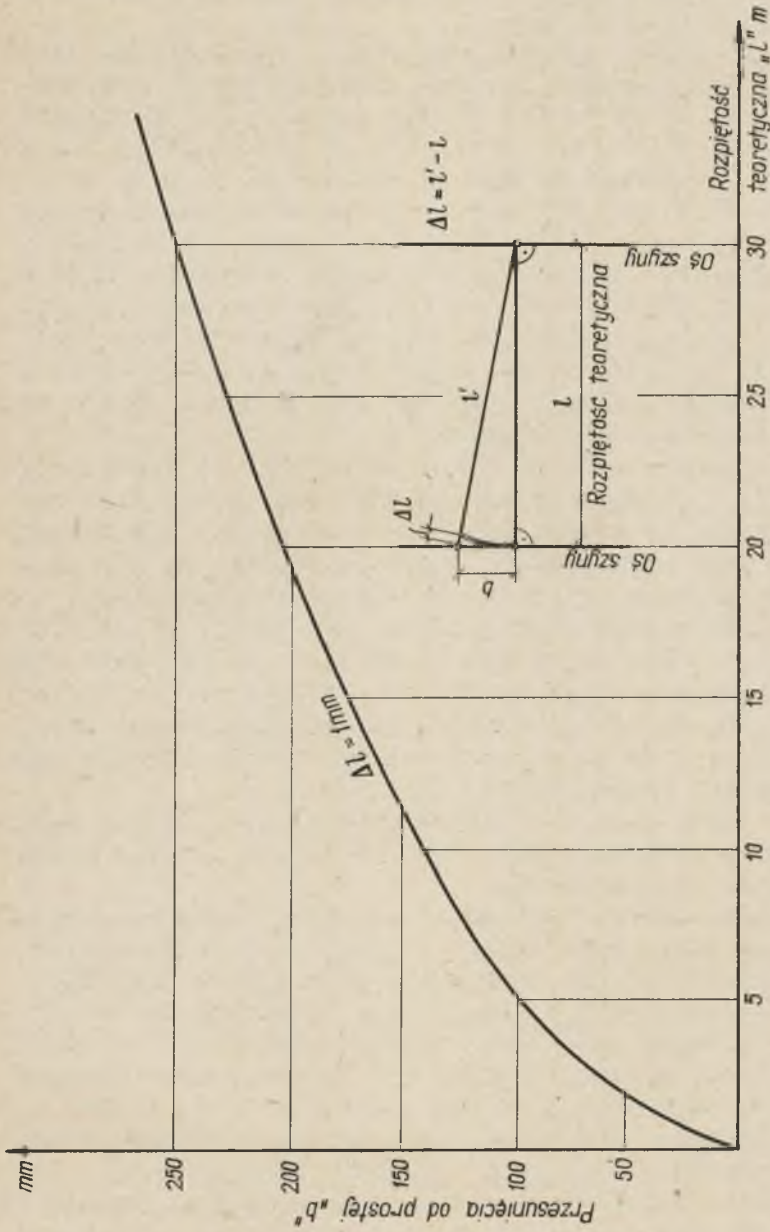
Z uwagi na pomiar odstępów osi szyn, odpowiadające sobie punkty na przeciwległych belkach podsuwnicowych, powinny leżeć na linii prostopadłej do osi toru. Przy dokładności pomiaru rozpiętości 1 mm odchylenie od prostopadłej nie może być większe niż podaje wykres na rysunku 8. Chociaż wartości te są stosunkowo duże np. dla 20,000 m rozpiętości wynoszą 200 mm, to przy pomiarze rozstawu osi szyn, nie wystarczy pomiar rozpiętości między przeciwległymi słupami. Znane są przypadki nierównomiernego rozkładu przeciwległych słupów, połączone z przesunięciem ich o 2,5 m i odchyleniem linii poprzecznej, łączącej słupy od prostopadłej o kąt około 5° . Zaznaczyć należy, że przy pracy na dużych wysokościach przesunięcia słupów można nie zauważyć.

Wyniki zgodne z podanym wykresem uzyska się wyznaczając przynajmniej w jednym miejscu na długości jezdni kierunek prostopadły np. za pomocą teolitu, a następnie odmierzając w kierunku podłużnym jezdni, ustalone odcinki na obu szynach. Można wówczas przyjąć, że błąd nieprostopadłości spowodowany odmierzeniem odległości nie na prostej, ale wzdłuż odkształconej linii szyny będzie na pewno w granicach wskazanych na wykresie. Wyznaczone w ten sposób punkty powinny być zaznaczone na górnej powierzchni belki podsuwnicowej oraz na stopce i ściance szyny dobrze widoczną kreską namalowaną jaskrawą trwałą farbą. (Rys.9).

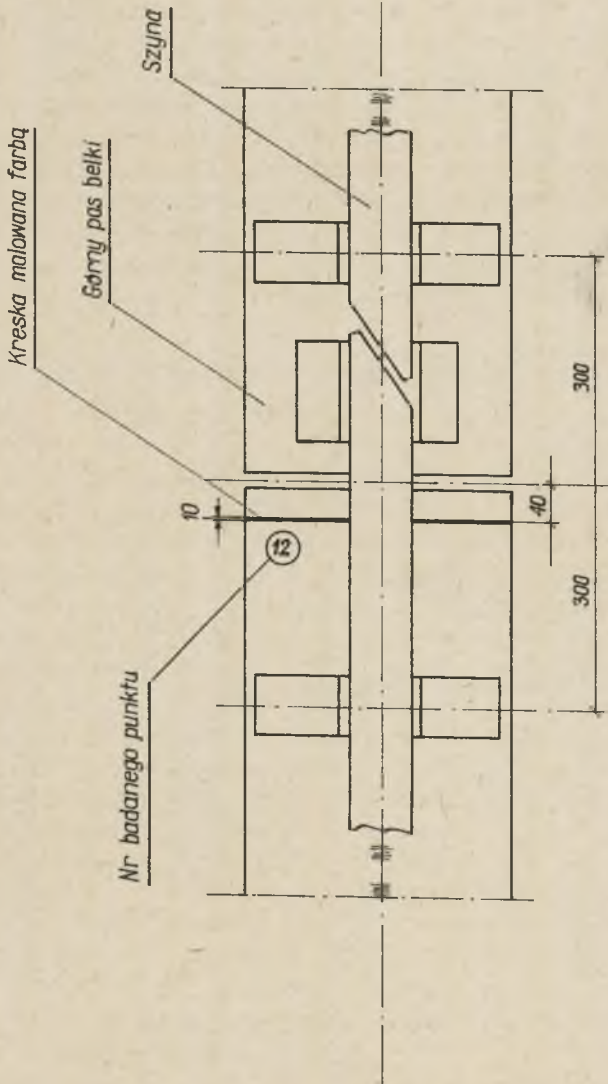
Kolejny numer punktu umieszczać na słupie lub na bocznej ścianie belki podsuwnicowej. Rozmieszczenie punktów zaznaczyć na szkicu sytuacyjnym.

Dla pomiaru różnicy wysokości pomiędzy poziomem górnym i dolnym można zastosować repery o specjalnej konstrukcji (rys.10). Zazwyczaj umieszczamy je w skrajnych odcinkach jezdni; przy jezdniach o długościach większych od 100 m, dodatkowo, w odcinku środkowym. Repery muszą leżeć na jednej linii pionowej, ponadto powinny być umieszczone w miejscu dostępnym do niwelacji w obydwu poziomach. Przy innych sposobach nawiązania powinno się umieszczać na górnym poziomie repery kontrolne.

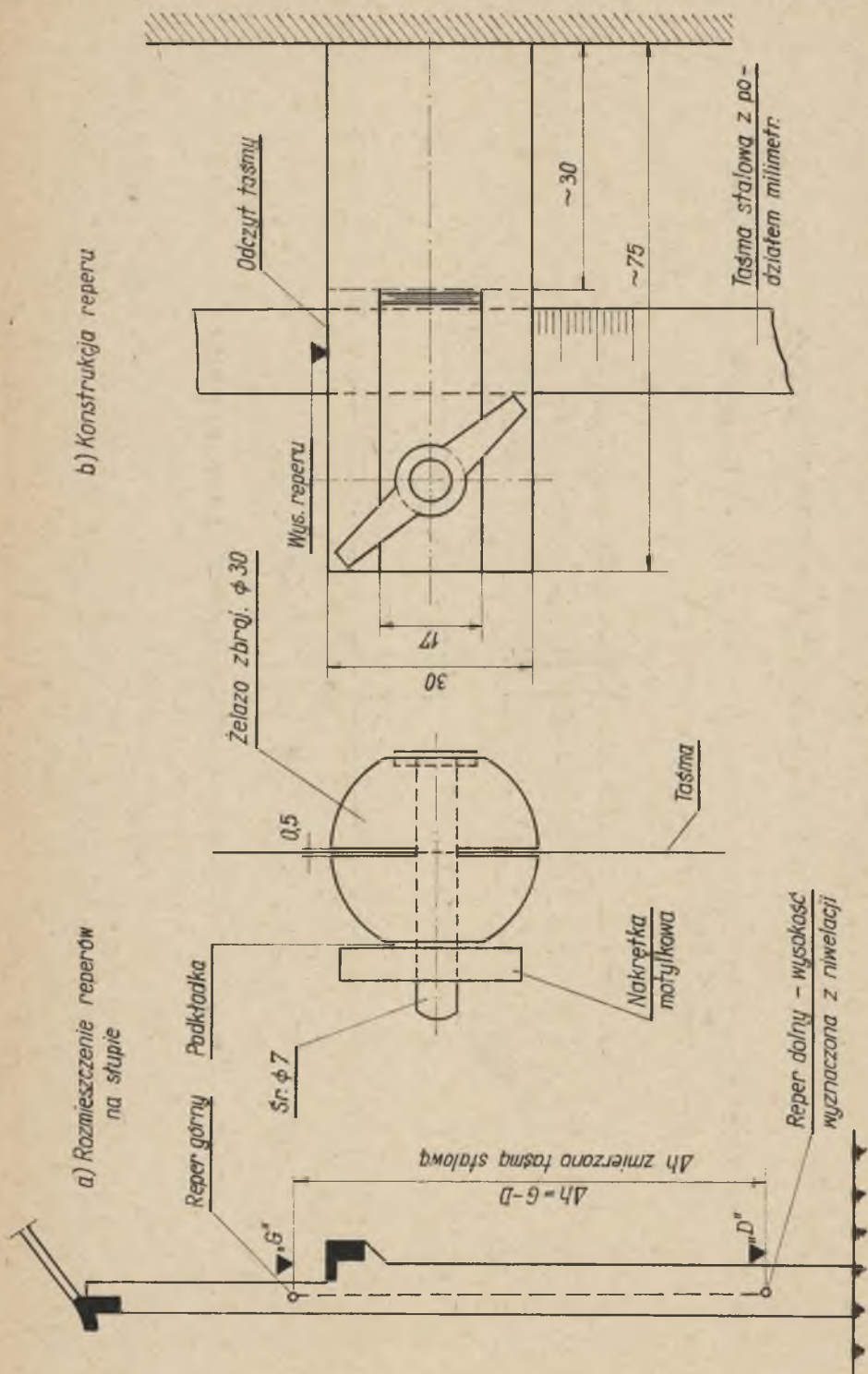
Zakładanie znaków wysokości oraz specjalnych reperów dla badań ruchów terenu nie wchodzi bezpośrednio w zakres pomiarów jezdni podsuwnicowych. Rozmieszczenie ich powinno być podane w dokumentacji geologiczno-górnicznej, prowadzą-



Rys. 8. Maksymalne odchylenie od prostopadłej przy którym $\Delta l \leq 1 \text{ mm}$



Rys.9. Zaznaczenie obserwowanego punktu na belce



jąc prace przygotowawcze do zidentyfikowania wybranych do nawiązania znaków wysokości.

Uzyskanie bezwzględnych wielkości odkształceń poziomych, przy okresowych badaniach jezdni, jest rzadko osiągalne z uwagi na trudności w nawiązaniu ich do linii obserwacyjnych przesunięć poziomych gruntu, zakładanych na terenie zakładów przemysłowych wyjątkowo.

Przy badaniach odkształceń poziomych jezdni podsuwnicowych w halach przemysłowych można zakładać punkty kontrolne na ścianach szczytowych. Umieszcza się je w odległości 15 do 30 cm od osi każdej z szyn, na takiej wysokości, by można było je bez przeszkód obserwować podczas pomiaru z odpowiednich belek podsuwnicowych. Do przygotowania pomiaru należy także będzie zainstalowanie dodatkowego oświetlenia jezdni i urządzeń zapewniających bezpieczeństwo pracy w czasie pomiaru jak; podestów, poręczy czy lin.

4.2. Aparatura pomiarowa - Wymagana dokładność pomiarów

Pomiar jezdni podsuwnicowej powinien być s z y b k i, ł a t w y w w y k o n a n i u i odpowiednio d o k ł a d n y. Spełnienie powyższych postulatów możliwe jest jedynie przy zastosowaniu specjalnej aparatury i metody pomiaru. Małe wymiary belek podsuwnicowych i konieczność przeprowadzenia pomiaru na dużych wysokościach nad terenem, utrudniają pomiar i stwarzają niebezpieczeństwo nieszczęśliwego wypadku. Stosowanie w tych okolicznościach tradycyjnego sprzętu geodezyjnego jest bardzo uciążliwe i często nie daje pożądaných wyników pomiaru.

Podane w przepisach eksploatacji suwnic sposoby pomiaru odkształceń, za pomocą zwykłej poziomicy wodnej i drutu mogą być stosowane tylko przy wstępnym ustaleniu odkształceń i przy pracach remontowych.

Przy okresowych badaniach jezdni i w przypadku zagrożenia konstrukcji w związku z postępowaniem robót górniczych, sposoby te w ogóle nie powinny być brane pod uwagę.

Opracowane ostatnio w Katedrze Geodezji prototypy i projekty urządzeń do pomiaru odkształceń poziomych i odchyżeń osi szypów od pionu, po przejściu wszystkich prób technicznych zostaną omówione osobno.

Obrana metoda pomiaru powinna zapewnić dokładność pomiaru odkształceń poziomych ± 2 mm, a odkształceń pionowych ± 1 mm. Dla tych dokładności pomiaru, błąd odczytu musi być w pierwszym wypadku $\leq 1,0$ mm i w drugim $\leq 0,5$ mm. Przy użyciu łaty niwelacyjnej, instrumentu niwelacyjnego oraz teodolitu, do-

kładność odczytu jest bezpośrednio zależna od długości celowej, powiększenia lunety i wartości kątownej libeli.

Zależność długości celowej od najczęściej spotykanego powiększenia lunety i wartości kątownej libeli.

	Długość celowej	Pow.lunety	Wartość kątowna libeli alidad.	Dokładność ułożenia osi instr. w pionie
Teodolit	60 m	16 x	30"	
	80 m	20 x	30"	5"
	100 m	25 x	20"	
	120 m	30 x	20"	4"
	140 m	35 x	20"	
	160 m	40 x	20"	2"
			wartość kątowna libeli niwelac.	dokładność odczytu libeli
Instr. niw.	40 m	20 x	20"	2,5"
	50 m	25 x	20"	2,0"
	60 m	30 x	17"	1,7"
	70 m	35 x	15"	1,4"
	80 m	40 x	10"	1,2"

(Przy celowych większych od 100 m należy stosować specjalne rodzaje łąt).

Do pomiaru instrumenty muszą być zrektyfikowane, a szczególnie dokładnie musi być usunięty błąd kolimacyjny w teodolicie i błąd nierównoległości osi celowej do osi libeli głównej w instrumencie niwelacyjnym.

Użyte do pomiaru rozpiętości taśmy stalowe muszą być skomparowane, należy także uwzględnić wpływ różnicy temperatury, zwis taśmy i wielkość siły naciągania. Mimo stosowania powyższych zaleceń, z uwagi na bardzo trudne warunki, często zachodzi konieczność kilkakrotnego powtórzenia pomiaru.

LITERATURA

- [1] J. Bryła - Projektowanie belek podsuwnicowych. PWN 1960.
- [2] S. Janicki - Tolerancje wymiarów i pasowanie w budownictwie Arkady 1958.
- [3] Mechanik - Poradnik techniczny Tom IV. PWT 1957.
- [4] Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego - Zjednoczenie Hutnictwa Żelaza i Stali. Instrukcja technicznej eksploatacji i budowy suwnic w przemyśle hutniczym. (W druku 1961).
- [5] Ministerstwo Stroitelstwa - Stalnice konstrukcji odno-jetażnych promyszlennich zdaniij. Moskwa 1952.
- [6] Normy Polskie PN-55/B-06200 - Odbiór konstrukcji stalowych.
- [7] Przepisy o budowie, dozorcze i użytkowaniu suwnic. 1953.
- [8] K.W. Sachnowski - Żelezobietonnyje konstrukcji. Moskwa 1951.
- [9] Specifications for electric Overhead Traveling Cranes for Steel Mill Service - AISE Standard No.6 Revised May 1, 1949.
- [10] N.S. Strelecki - Konstrukcje stalowe. Arkady 1958.

ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК

Краткое изложение

В статье опираясь на польские нормы, распоряжения Министерства Тяжёлой Промышленности и Ведомства Технического Надзора рассмотрены основы измерения подкрановых поверхностей.

Подано программу исследования деформации, способ распределения испытываемых пунктов, род аппаратуры и точность измерения. Кроме того на основании исследовательских работ „ЗНБ” Геодезии Силезского Политехнического Института с 1957—1960 г. г. выказано расхождение между фактическим состоянием деформации, а возможными допусками для расстановки, простолинейности и наклона рельс.

PRINCIPLES OF STRAIN MEASUREMENTS OF BRIDGE CRANE RAILS

Summary

In the present paper principles of measurement of bridge crane rails based on Polish Standards, Ministry of Heavy Industry regulations and the Technical Inspection Office rules have been discussed. The program of strain examinations, the way of examined points localization, the kind of apparatus and exactness of measurement were given.

Moreover on the strength of the Geodesy Chair, Silesian Technical University, Z. N. B. research work within the years 1957—1960 discrepancies between the actual state of strains and the permissible tolerances of rail spacing, rectilinear shape of rails, as well as the slope of the rail level have been proved.