

Władysław Bińkowski
Instytut Mechaniki i Podstaw
Konstrukcji Maszyn

TRUDNOŚCI EKSPLOATACYJNE SUWNIC W WARUNKACH NADMIERNYCH PRZEMIESZCZEŃ PODSUWNICOWYCH JEZDNI STALOWYCH

Streszczenie. W artykule dokonano podziału klasyfikacyjnego najważniejszych postaci przemieszczeń jezdni podsuwnicowych i rozpatrzono wpływ przemieszczeń na opory ruchu, a także wyznaczono kąty ugięcia przy podporach dźwigarów mostu suwnicy w funkcji położenia na nim obciążenia ruchomego.

Wstęp

Jezdnie podsuwnicowe stalowe podlegają odbiorowi technicznemu, którego wymagania określa norma PN-67/B-06200. Okres, w przeciągu którego jezdnie spełniają te warunki, jest jednak bardzo krótkotrwały, gdyż w wyniku obciążeń eksploatacyjnych, w skład których wchodzi bardzo niekorzystnie oddziałujące na jezdnie tzw. siły boczne [2], a także wskutek zachodzących w podłożu zjawisk reologicznych, zwłaszcza na terenach objętych górniczą eksploatacją, przemieszczenia jakich doznają jezdnie, wielokrotnie przekraczają dopuszczalne odchyłki, określone normami.

W tej sytuacji eksploatacja suwnic napotyka na wzrastające trudności. Objawiają się one przedwczesnym i nadmiernym zużyciem elementów jezdni i mostów suwnic, a także ich mechanizmów jazdy. Rośnie liczba i długotrwałość przestojów [6,7], co odbija się niekorzystnie na skuteczności procesu produkcyjnego, w którym suwnice są czynnie zaangażowane. W przypadkach poważniejszych awarii [5] bilans strat może być jeszcze dotkliwszy, gdy zagrożeniu podlega zdrowie i życie ludzkie.

Postacie przemieszczeń belek jezdni podsuwnicowych i szyn

W wyniku eksploatacji suwnic ich jezdnie podlegają wpływowi zespołu czynników, wywołujących zarówno zmiany kształtu geometrycznego jezdni, jak i struktury jej elementów. Przemieszczenia w obrębie belek jezdni, tworzących bezpośrednie podparcie dla szyn jezdnych, przesądzają o walorach jezdni, od których zależy prawidłowy ruch suwnic.

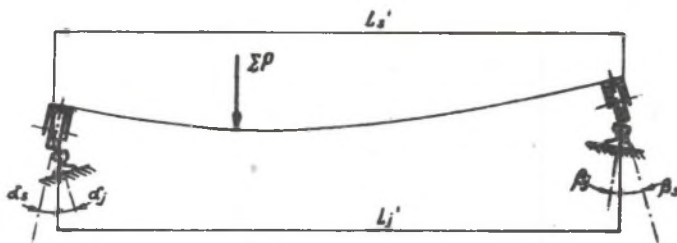
Warto podkreślić, że obok tradycyjnych, geodezyjnych metod pomiarowych które wymagają wyłączenia suwnic z ruchu, opracowano nowe, oparte na za-

stosowaniu lasera gazowego i przemysłowego urządzenia telewizyjnego [9], pozwalające na bezpieczne dokonywanie pomiarów, bez konieczności przerywania pracy suwnic.

Ograniczając się do skutków wywołanych zmianami w geometrycznym kształcie jezdni, a ujawniających się przemieszczeniami ich belek, można wyodrębnić proste postacie tych przemieszczeń, co pozwoli na powiązanie tych skutków z oddziaływaniem poszczególnych czynników.

Z możliwych prostych postaci przemieszczeń belek jezdni, dotkliwie odczuwalnych w czasie eksploatacji suwnic najważniejszymi są:

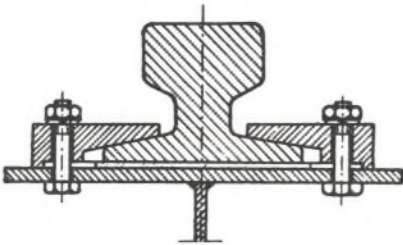
- 1 - boczne, poprzeczne przesunięcie belek jezdni (równoległe do położenia teoretycznego),
- 2 - ugięcie belek jezdni w płaszczyźnie poziomej,
- 3 - pionowe przesunięcie belek jezdni (rys. 1) lub ich ugięcie w płaszczyźnie pionowej, oraz
- 4 - kątowe odchylenia belek w stosunku do teoretycznej, pionowej płaszczyzny symetrii (rys. 1).



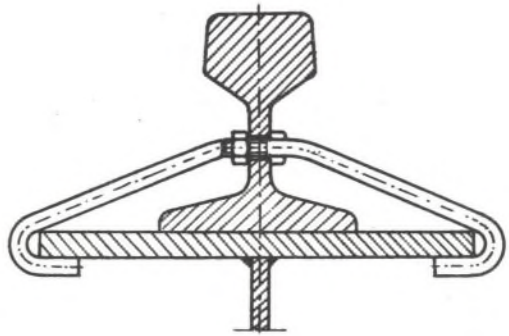
Rys. 1

Jeżeli zważyć, że rozkład wspomnianych przemieszczeń belek wzdłuż długości jezdni i na poszczególnych obu jej torach jest przypadkowy, należy się liczyć z tym, że rzeczywista trasa torów odbiega znacznie i w sposób dowolny od teoretycznej, co potwierdzają sporządzane często nawet po niedługim okresie eksploatacji ich pomiarowe operaty. Obok przemieszczeń belek, istotne z punktu widzenia eksploatacji suwnic są przemieszczenia samych szyn jezdnych, jeżeli nie stanowią one z belkami integralnej całości. W tych więc przypadkach, gdy przekrój szyny nie jest wliczany do przekroju belki, to jest gdy szyna nie jest do belki przyspawana, przynitowana, czy przytwierdzona przy pomocy śrub sprężających [10], szyny stanowią ten element dźwigara jezdni, który stwarza możliwości łatwej jej regulacji. Tak umocowane szyny mogą więc podlegać zarówno w fazie przekazywania jezdni do ruchu, jak i w trakcie późniejszej korektury torów przemieszczeniom w stosunku do belek, kompensującym ich niedokładności. Trzeba jednak podkreślić, że w niektórych przypadkach prowadzi to do asymetrii obciążeń dźwigarów podsuwnicowych, co nierzadko potęguje destrukcyjne oddziaływanie na stan jezdni.

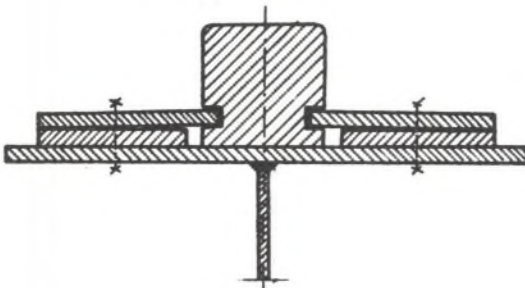
Pionowe przemieszczenia szyn narzucone są postacią belek, a ściśle ich górnych pasów, zaś przemieszczenia poziome wynikają z konieczności utrzymania prostolinijnego i równoległego ułożenia obu torów z zachowaniem przy tym stałej ich rozpiętości. W rzeczywistości, przy stosowanych sposobach zamocowań szyn jezdnych (rys. 2, 3 i 4), ulegają one odkształceniom i trasa ich ułożenia odbiega od teoretycznej. Przy niespawanych stykach szyn, pod wpływem powtarzających się obciążeń, w tym szczególnie dynamicznych o charakterze uderzeniowym, pojawiają się w okolicy styków po-każne ubytki materiału (rys. 5), przyczyniające się również do zużycia kół jezdnych suwnic.



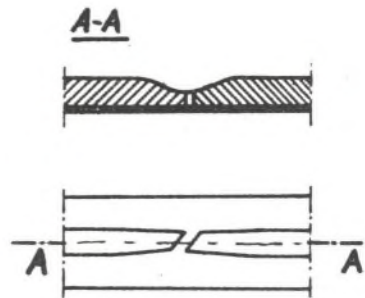
Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

Wpływ przemieszczeń dźwigarów jezdni podsuwnicowych na eksploatację suwnic

Na zachowanie się suwnic w czasie ruchu jazdy mostem decydujący wpływ wywierają ich niektóre cechy związane z ustrojem nośnym i mechanizmem jazdy mostu, jak i stan samej jezdni. Nie wnikając w specyfikę obciążeń eksploatacyjnych, działających na koła jezdne suwnic, ograniczono się do rozpatrzenia wpływu przemieszczeń jezdni podsuwnicowych na opór jazdy, ujmujący też jego składnik związany z pokonywaniem tarcia obrzeży kół jezdnych. Taka sytuacja, w której wpływ własności suwnic na zjawiska związane z ich ruchem można pominąć, możliwa jest przy spełnieniu następujących warunków:

- a) kontur oporowy mostu suwnicy jest idealnie prostokątny,
- b) średnice wszystkich kół jezdnych są jednakowe,
- c) ustawienie kół jezdnych jest idealne, tzn. wszystkie ich osie leżą we wspólnej płaszczyźnie, są do siebie równoległe podobnie jak obie płaszczyzny symetrii bieżników kół, zgrupowanych w każdej z czołownic,
- d) koła jezdne pędzące, poruszają się z jednakową prędkością bez poślizgu,
- e) most jest idealnie sztywny (zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej (rys. 1), tzn. że

$$\alpha'_s = \beta_s = 0.$$

Spełnienie wymienionych warunków jest praktycznie niemożliwe, a zbliżenie się do określonego nimi stanu wymagałoby odpowiednich zmian przepiśców w zakresie projektowania i technologii wykonywania suwnic.

Spełnienie wymagań warunku e) byłoby najmniej racjonalne, gdyż prowadziłoby do wzrostu ciężaru własnego suwnic, co jest sprzeczne z tendencjami minimalizacji ciężaru własnego tych maszyn [8].

Przemieszczenia wyszczególnione w p. 1.1, jeżeli nie mają doprowadzić do zetknięcia bocznych krawędzi szyn z obrzeżami kół jezdnych, muszą być bardzo nieznaczne i nie przekraczać przewidywanych luzów między szynami a obrzeżami kół jezdnych z tym, że w przypadku kół osiowo - przesuwnych, wielkość tych luzów odpowiednio wzrośnie.

Ugięcia belek, p. 1.2 prowadzą do tego, że nie zachodzi wyłącznie toczenie się bieżników kół jezdnych, lecz występuje ich poślizg poprzeczny. Prowadzi to również do pojawienia się tarcia obrzeży kół jezdnych o boczne krawędzie szyn.

Ugięcia belek w płaszczyźnie pionowej (p. 1.3) wywołują "opory wzniosu" związane z kątem φ nachylenia toru względem poziomu. W najniekorzystniejszym przypadku może wystąpić na jednym torze wzrost oporu jazdy, związany z ruchem wnoszenia się tej czołownicy, zaś na drugim zmniejszenie oporu jazdy spowodowane tym, że wzrost składowej sinusowej nie jest

zgodny z kierunkiem ruchu. Taka sytuacja może powodować ukosowanie się mostu suwnicy, destrukcyjnie oddziaływujące na jezdnie i przyspieszające zużycie szyn i kół jezdnych.

W przypadku asymetrii ugięć, gdy różnica poziomów szyn obu torów jezdni wynosi Δh , most suwnicy ulegnie przechyleniu względem poziomu o kąt β , którego wielkość wynika ze związku

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta h}{L_j},$$

gdzie

L_j - rozpiętość szyn jezdni.

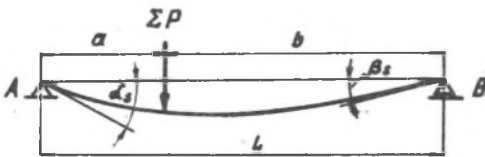
I choć zazwyczaj kąt ten jest niewielki, przynajmniej w porównaniu z kątem tarcia kół o szyny ρ , zwłaszcza przy dużych rozpiętościach L_j , to jednak jego wpływ uwidoczni się dopiero po przejeździe pewnego odcinka długości jezdni, w postaci oporu tarcia obrzeży. Odcinek tzw. drogi swobodnej suwnicy [2] ulegnie wskutek tego działania skróceniu. Odchylenie katowe belek względem teoretycznej, pionowej płaszczyzny ich symetrii, p. 1.4 spowodować może skutki podobne do omówionych już w związku z przemieszczeniami 1.1 i 1.3.

Występujące ponadto przechylenie szyn, przy płaskiej ich główce, spowoduje spiętrzenie nacisków stykowych między szyną a kołem jezdnym i w konsekwencji szybsze zużywanie się tych elementów. Może zdarzyć się wyjątkowo, że w wyniku przechylenia szyn osiągnie się zmniejszenie tych nacisków stykowych, co nastąpi wtedy, gdy katowe odchylenia belek pokrywają się z odpowiednimi przemieszczeniami kół jezdnych suwnicy, spowodowanymi ugięciem jej mostu. Jest to jednak zależne od położenia na moście wózka suwnicy z ładunkiem w okolicznościach, gdy nie są spełnione wymienione warunki, zawarte szczególnie w p.e.

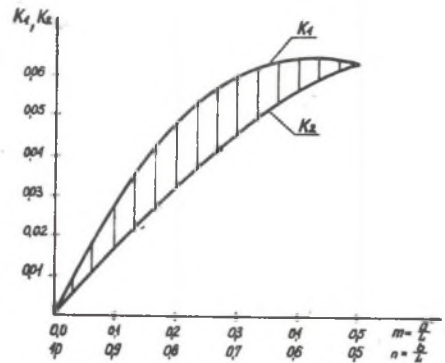
Wpływ przemieszczeń mostów suwnic na układ kół jezdnych

Pod wpływem obciążeń eksploatacyjnych mosty suwnic doznają przemieszczeń zarówno w płaszczyźnie pionowej, jak i poziomej. Przemieszczenia w płaszczyźnie pionowej, w szczególności strzałki ugięcia, wywołane obciążeniem ruchomym ograniczone są przepisami U.D.T.

Ugięcie dźwigarów objawia się również kątami ugięcia przy podporach, co powoduje odchylenie kół jezdnych od dwu pionowych płaszczyzn ich symetrii, które teoretycznie powinny pokrywać się z płaszczyznami symetrii obu torów jezdnych. Przebieg zmian kątów ugięcia mostu suwnicy (rys. 6) przedstawia (rys. 7).



Rys. 6



Rys. 7

Kąt ugięcia α_s mierzony przy podporze A

$$\alpha_s = \frac{\sum P \cdot a \cdot b(L+b)}{6 EJ \cdot L} = \frac{\sum P L^2}{6 EJ} \cdot m \cdot n \cdot (1+n) = K_1 \cdot \frac{\sum P L^2}{EJ} \quad (1)$$

Analogicznie kąt ugięcia β_s przy podporze B

$$\beta_s = -\frac{\sum P \cdot a \cdot b(L+a)}{6 EJ \cdot L} = -\frac{\sum P \cdot L^2}{6 EJ} \cdot m \cdot n (1+m) = -K_2 \cdot \frac{\sum P \cdot L^2}{EJ}, \quad (2)$$

gdzie

$$m = \frac{a}{L} \quad (3a)$$

$$n = \frac{b}{L} \quad (3b)$$

$$K_1 = \frac{1}{6} mn (1+n) \quad (4)$$

$$K_2 = \frac{1}{6} mn (1+m). \quad (5)$$

Obliczone wartości K_1 i K_2 dla $m = 0 \div 0,5$ ($n = 1,0 \div 0,5$) zawiera tabela 1

Tablica 1

Obliczone wartości K_1 i K_2 dla $m = 0 \div 0,5$ ($n = 1, 0 \div 0,5$)

| Lp. | $m = \frac{a}{L}$ | $n = \frac{b}{L}$ | $K_1 = \frac{1}{6} mn (1 + n)$ | $K_2 = \frac{1}{6} mn (1 + m)$ |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0 | 1,0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,1 | 0,9 | 0,0285 | 0,0164 |
| 3 | 0,2 | 0,8 | 0,0480 | 0,0320 |
| 4 | 0,3 | 0,7 | 0,0594 | 0,0455 |
| 5 | 0,4 | 0,6 | 0,0640 | 0,0558 |
| 6 | 0,5 | 0,5 | 0,0625 | 0,0625 |

Wartości współczynników K_1 i K_2 (rys. 7) są miarą zmienności kątów ugięcia α_s i β_s przy podporach w zależności od parametrów $m(n)$, określających położenie obciążenia ruchomego $\sum P$. Wartości rzędnych między krzywymi $K_1 = f(m)$ oraz $K_2 = f(m)$ przedstawiają różnice kątów ugięcia, mierzonych przy podporze A i B. Jak widać, największe różnice występują w przedziale $m \cong 0,15 \div 0,25$. Dla określenia liczbowych wartości kątów ugięcia przy podporach mostu, niezbędna jest znajomość jego sztywności zginania EJ, którą można wyznaczyć z warunku ograniczającego wartość strzałki ugięcia.

Przyjmując $f_p = \frac{1}{700} L$, otrzymuje się

$$EJ = c \cdot \sum P \cdot L^2, \quad (6)$$

gdzie

$$c = \frac{700^3}{48} = 14,6.$$

Po wstawieniu EJ (6) do wzorów (1) i (2) i uproszczeniu otrzymuje się wyrażenia na α_s i β_s w postaci

$$\alpha_s = \frac{K_1}{c} \quad (7)$$

$$\beta_s = -\frac{K_2}{c}. \quad (8)$$

Maksymalna wartość kąta α_s przy podporze A będzie dla największej wartości K_1 (tablica 1) tj. dla $m = 0,4$, a mianowicie:

$$\alpha_s \max = \frac{0,064}{14,6} \cong 0,0044 \text{ rad.}$$

W tym położeniu wózka suwnicy na moście, kąt ugięcia β_s przy podporze B wyniesie

$$\beta_s = - \frac{0,0558}{14,6} \approx - 0,0038 \text{ rad.}$$

Zmierzone wartości kątów ugięcia są zazwyczaj mniejsze od obliczonych, co wynika nie tylko z przyjętych uproszczeń:

- oddziaływanie ciężaru ruchomego zastąpiono jedną siłą skupioną,
- sztywność zginania obliczono dla skrajnej wartości dopuszczalnej strzałki ugięcia,

lecz może być spowodowane także niedokładnością pomiarów przemieszczeń belek jezdni.

I tak, w przypadku pomiarów kątów ugięć, dokonywanych przy pomocy ołowianych płytek, układanych na szynach torów jezdni i poddawanych "zwalcowaniu" przez koła jezdnie mostu [11], uzyskano wartości ugięć w granicach (0,00044 ÷ 0,00262) rad dla suwnic o udźwigu od (5 ÷ 250) T i rozpiętości 22,0 ÷ 28,0 m. Wartości te stanowią różnicę między kątem ugięcia przy obciążonej i odciążonej suwnicy.

Wnioski

Jezdnie podsuwnicowe doznają często, już po stosunkowo niedługim okresie eksploatacji nadmiernych przemieszczeń, które wywierają ujemny wpływ na skuteczność przeładunkową suwnic, pociągają za sobą duże straty materialne i stwarzają zagrożenie ze względów bhp.

Również przemieszczenia mostów suwnic, a zwłaszcza spowodowane obciążeniem ruchomym kąty ugięcia odbijają się niekorzystnie na trwałości kół jezdnych i szyn.

Zmniejszenie trudności eksploatacyjnych, wywołanych przemieszczeniami torów jezdni podsuwnicowych, a także mostów suwnic posiada duże znaczenie gospodarcze. Z istniejących możliwości poprawy warunków eksploatacji suwnic większe szanse rokuje działalność nie w sferze usuwania przyczyn występowania przemieszczeń lecz łagodzenia wywołanych nimi skutków.

LITERATURA

1. Bińkowski W., Kulczycki S., Michalczyk J., Winkler T.: Problemy Remontowe Hutnictwa, 41, 1970 s.1.
2. Bińkowski W., Kulczycki S., Michalczyk J., Winkler T.: Problemy Remontowe Hutnictwa, 43, 1970, s. 3.
3. Bińkowski W., Kulczycki S., Michalczyk J., Winkler T.: Problemy Remontowe Hutnictwa, 46, 1971, s. 10.
4. Bińkowski W.: Materiały Ogólnopolskiej Konferencji pt. "Wpływ czynników konstrukcyjno-technologicznych, wykonawczych i eksploatacyjnych na

- trwałość i niezawodność maszyn roboczych". Sekcja Maszyn Roboczych Ciężkich i Transportu Bliskiego, SIMP, Bytom 1972, s. 1.
5. Bińkowski W.: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Mechanika", 42 1969, s. 73.
 6. Bińkowski W., Chmurawa M.: "Dozór Techniczny", 4, 1972, s. 1.
 7. Bińkowski W., Chmurawa M.: "Dozór Techniczny", 5, 1972, s. 1.
 8. Bińkowski W.: "Przegląd Mechaniczny", 9, 1963, s. 271.
 9. Gruzin N.E.: Promyšlennoje stroitelstvo, 4, 1972, s. 44.
 10. Janaszek T., Taraszkiewicz C.: Biuletyn branżowy Zjednoczenia Mostostal. 1, 22, 1970, s. 23.
 11. Kiricenko A.I.: Podkranowye puti, Masinostrojenije, Moskwa 1966.
 12. PN-67/B-06200 - Odbiór konstrukcji stalowych.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРУДНЕНИЯ МОСТОВЫХ КРАНОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗМЕРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ

Р е з ю м е

По мере эксплуатации а также под влиянием реологических явлений на территории охваченной горными работами, подкрановые пути подвергаются на столько значительным перемещениям, что они неоднократно значительно превышают допускаемые значения.

В таких условиях эксплуатация мостовых кранов встречается с затруднениями, что проявляется увеличением простоев мостовых кранов, а в результате отрицательно отражается на надежности производственного процесса. В статье произведена классификация основных видов перемещений подкрановых путей и рассмотрено влияние перемещений на сопротивление движению а также определены углы прогиба вблизи опор балок моста мостового крана как функция положения на нём подвижной нагрузки.

UTILIZATION DIFFICULTIES OF CRANES DUE TO EXCESS DISPLACEMENTS OF STEEL CRANE TRACKS

S u m m a r y

Overhead crane tracks undergo in course of their utilization, as well as under the influence of rheological phenomena in coal mine exploitation areas considerable displacements, which are sometimes by many times in excess of permissible amounts. Under these conditions the utilization of cranes is obstructed by increasing standstill times which rebound disadvantageously upon the efficiency of the productive process. The article provides a classificatory division of the most important forms of crane track displacements, deals with the effect of the displacements on the

resistance of motion and ascertains the bending angles on cranes girder abutments of the travelling bridge as a function of the moving load positioned on it.