

# Sprężanie dźwigara suwnicy w napędzie hydraulicznym

Edward Tomasiak

Sprężanie dźwigara suwnicy umożliwia „odchudzenie” jego przekroju poprzecznego, gdyż wprowadzenie dodatkowego momentu od sił sprężania redukuje momenty gnące, wywołane rzeczywistym obciążeniem użytkowym, zawieszonym poprzez cięgna na wciągarkę wózka. Artykuł omawia realizację procesu sprężania dźwigara w napędzie hydraulicznym z wykorzystaniem sterowania proporcjonalnego [1].

## 1. Wprowadzenie

Sprężanie konstrukcji żelbetowych jest znane w budownictwie przemysłowym w konstrukcjach hal przemysłowych, mostów, estakad i wiaduktów. Wprowadzenie sprężania w urządzeniach nośnych maszyn roboczych ciężkich wymaga innego podejścia i jest realizowane każdorazowo do istniejącego obciążenia. Wprowadzane w ten sposób sprężanie koryguje rzeczywiste obciążenie użytkowe dźwigara (rys. 1).

Wyznaczając linie wpływu obciążenia  $P(x)$ , otrzymamy odpowiednie maksymalnych momentów gnących dźwigara (rys. 2).

Z założeń wynika, że pojedynczy dźwigar powinien być obciążony siłami sprężającymi przyłożonymi w miejscu zakotwień. Siły te powinny być wywołane od hydraulicznego zespołu sprężającego, którego siłownik powoduje naciąg liny rozpiętej między zakotwieniami, usytuowanej w odległości 500 mm od spodu dźwigara (rys. 3).

Moment od siły sprężającej.

$$M_{spr} = F \cdot R$$

$$R = b + \frac{1}{2} h_d = 500 + 1500/2 = 1250 \text{ mm}$$

$$M_{spr} = 1,25 F_{spr} \text{ [Nm]}$$

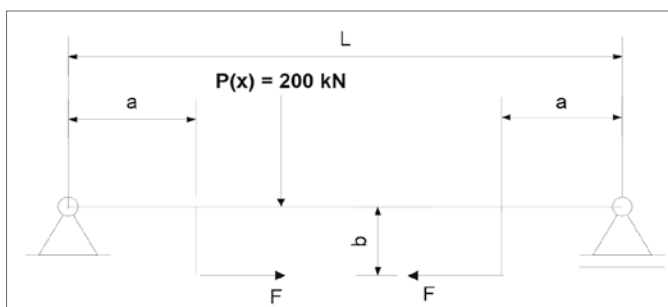
Rozkład obciążeń na dźwigarze (rys. 4)

W koncepcji sprężania dźwigara należy dobrać optymalną wartość siły sprężającej  $F$ , która zapewni równomierny rozkład obciążenia. W miejscach zakotwień układu sprężania wartość momentu wynikowego powinna być bliska wartości zero. Warunek ten spełnia siła sprężania  $F_{spr} = 50 \text{ kN}$ . Wartość momentu gnącego zastępczego  $Mg_z$  w funkcji obciążenia na dźwigarze, zestawiono w tabeli 1 i na rys. 5.

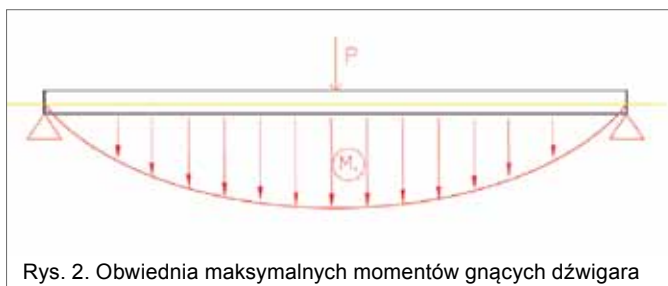
**Streszczenie:** Sprężanie dźwigarów suwnicy wiąże się z ich odchudzeniem, które decyduje przede wszystkim o zmniejszeniu ich masy. Ma to znaczący wpływ na koszty inwestycyjne urządzenia i zmniejszenie mocy napędu jezdowego. W artykule przedstawiono obliczenia wytrzymałościowe sprężania i jego realizację w nowoczesnych napędach hydraulicznych. Pomiar obciążenia wciągarki i położenia wózka na dźwigarze umożliwiają wyznaczenie wymaganego ciśnienia, które realizuje proces sprężania.

## PRESTRESSED BRIDGE GIRDERS IN HYDRAULIC DRIVES

**Abstract:** Prestressed bridge girders of the overhead cranes are lean and consequently lighter than standard bridge girders. This affects significantly reducing investment costs and reduces the drive power bridge. In this paper are presented the strength calculation of the prestressed bridge girder and the implementation of the prestressing with modern hydraulic drives. Measuring the load and position of the trolley hoist allow to determining the pressure in the hydraulic system, which is necessary to correctly perform prestressing process.



Rys. 1. Schemat dźwigara:  $P(x)$  – obciążenie pojedynczego dźwigara  $P = 200 \text{ kN}$ ; rozpiętość dźwigara  $L = 20000 \text{ mm}$ ; odlegość zakotwień  $a = 2500 \text{ mm}$ ; odlegość liny sprężającej od spodu dźwigara  $b = 500 \text{ mm}$ ;  $F$  – siła sprężająca

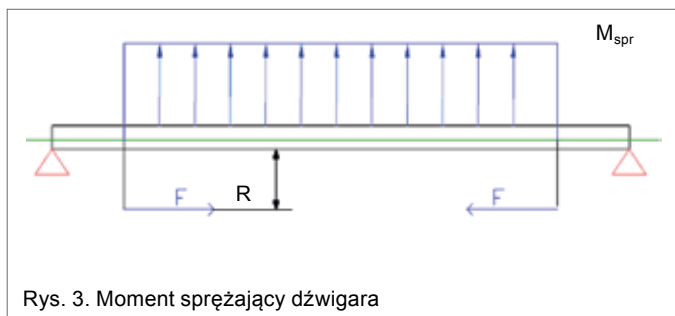


Rys. 2. Obwiednia maksymalnych momentów gnących dźwigara

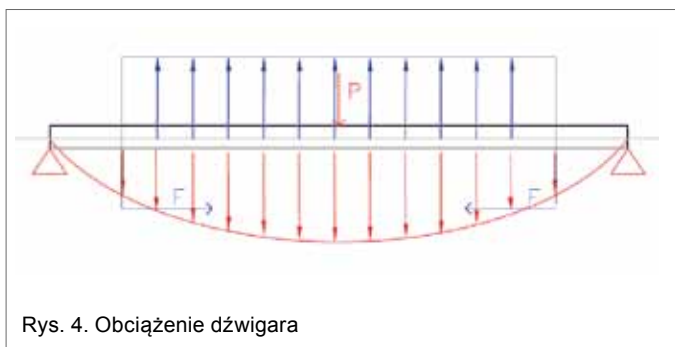
Wynikowy przebieg momentu gnącego belki dźwigara wykazuje, że przy siły sprężającej  $F = 350 \text{ kN}$ , przy maksymalnym obciążeniu suwnicy  $Q = 40 \text{ ton}$  ( $P = 200 \text{ kN}$ ), pozwa-

Tabela 1. Wartość momentu gnącego zastępczego  $Mg_z$  w funkcji obciążenia na dźwigarze

$x_i$	0	1,25	2,5	3,75	5	6,25	7,5	8,75	10
$Mg_z$	0	$2,344 \cdot 10^5$	0	$1,719 \cdot 10^5$	$3,125 \cdot 10^5$	$4,22 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$5,469 \cdot 10^5$	$5,625 \cdot 10^5$
$a_i$	11,25	12,5	13,75	15	16,25	17,5	18,75	20	
$Mg_z$	$5,469 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$4,219 \cdot 10^5$	$3,125 \cdot 10^5$	$1,719 \cdot 10^5$	0	$2,344 \cdot 10^5$	0	



Rys. 3. Moment sprężający dźwigara



Rys. 4. Obciążenie dźwigara

la na znaczne zmniejszenie maksymalnego momentu gnącego ( $M_{gz}/M_{max} = 0,56$ ), przy jednoczesnym zapewnieniu równomiernego rozkładu naprężeń na całym przekroju dźwigara.

Powyższa optymalizacja umożliwia dobór hydraulicznego podzespołu sprężania.

### Hydrauliczne sprężanie dźwigara

Zasadę sprężania i hydrauliczny układ napędowy przedstawiono na rys. 6. Siłownik *S*, wymuszający wymaganą siłę sprężania, jest zabudowany na zakotwieniach belki i poprzez ciągną wprowadza dodatkowe obciążenie.

Siła ciągnąca jest realizowana od ciśnienia zadanego na proporcjonalnym zaworze przelewnym *PZP*. Pracą siłownika steruje rozdzielacz suwakowy *R*.

Ciśnienie efektywne w siłownikach:

$$P_{ei} = \alpha \frac{Q_i \cdot X_i (L - x_i)}{L \cdot R \cdot A_{it}}$$

gdzie:

$\alpha$  – współczynnik odciążenia;

$$\alpha = \frac{M_{spr}}{M_i};$$

$Q_i$  – obciążenie wciągarki (mierzone);

$x_i$  – położenie wózka (mierzone);

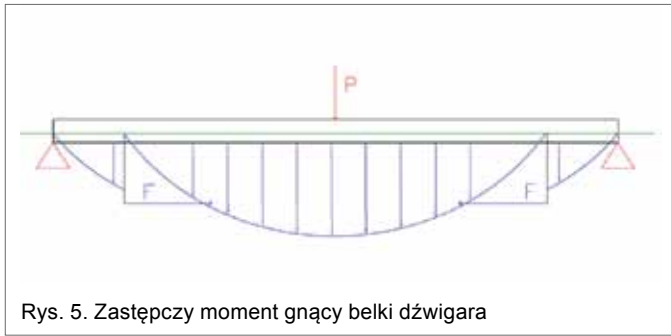
$L$  – rozpiętość dźwigara (20 m);

$R$  – odległość ciągną sprężającego od osi dźwigara ( $R = 1,25$  m);

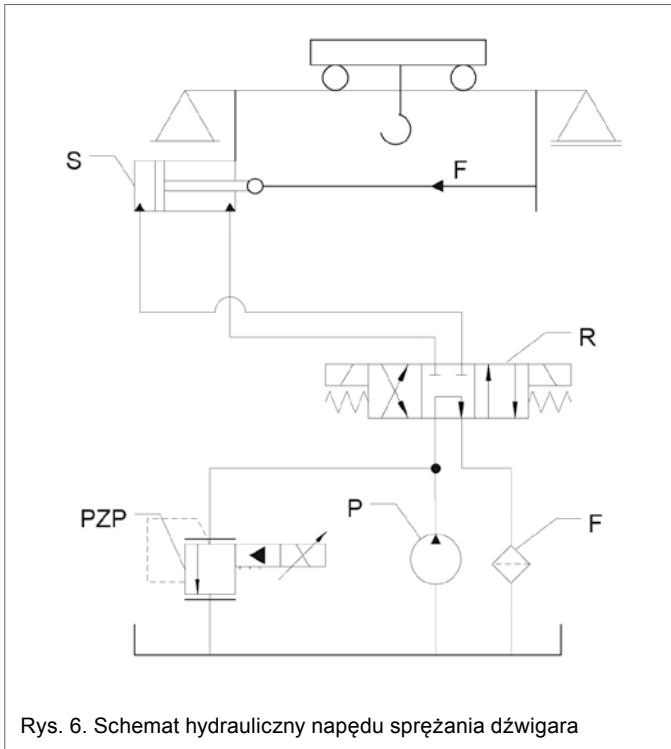
$A_{it}$  – powierzchnia czynna siłownika sprężania.

### Układ pomiarowy procesu sprężania belki

Realizacja sprężania dźwigarów suwnicy wymaga odpowiedniego dobrania wartości siły  $F$  (rys. 6), poprzez odpowiednią regulację ciśnienia roboczego do rzeczywistego podnoszonego ciężaru. Regulacja ta wymaga wprowadzenia informacji o sta-



Rys. 5. Zastępczy moment gnący belki dźwigara



Rys. 6. Schemat hydrauliczny napędu sprężania dźwigara

nie obciążenia dźwigara, jak również usytuowania wózka na belce. Schemat ideowy układu pomiarowego ilustruje rys. 7.

Wprowadzając do sterownika aktualne sygnały pomiarowe, wylicza się zastępczy moment gnący belki dźwigara, który wymusi wymaganą wartość zadanego ciśnienia roboczego w siłownikach.

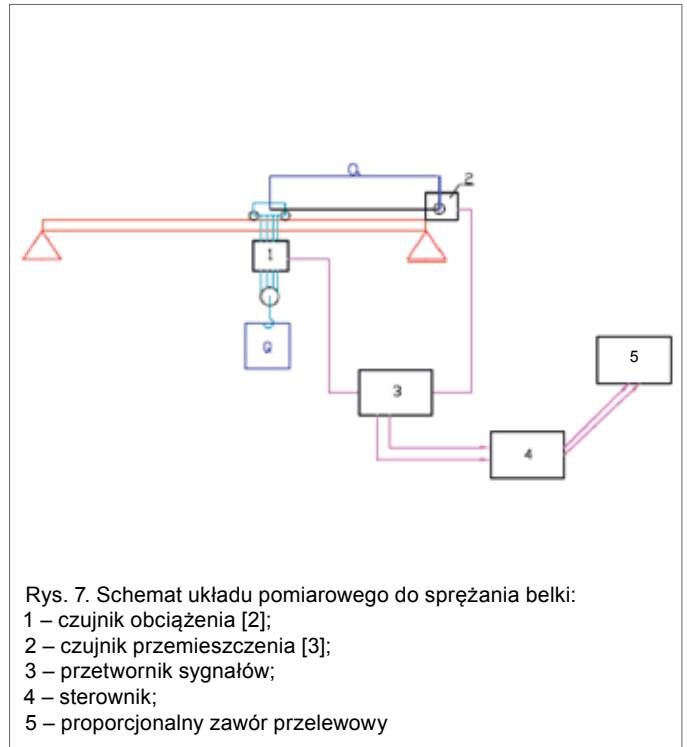
Na rys. 8 przedstawiono konstrukcję sprężanej belki suwnicy kontenerowej.

### Podsumowanie

Proces sprężania belek suwnicy powinien być poprzedzony analizą istniejącego układu, jak i optymalizacją parametrów projektowanego układu. Optymalizacja projektowanego układu nośnego pozwoli na znaczne zmniejszenie wartości siły sprężającej w stosunku do wartości zakładanej wstępnie. Efektem tego jest zmniejszenie gabarytów i parametrów podzespołu.

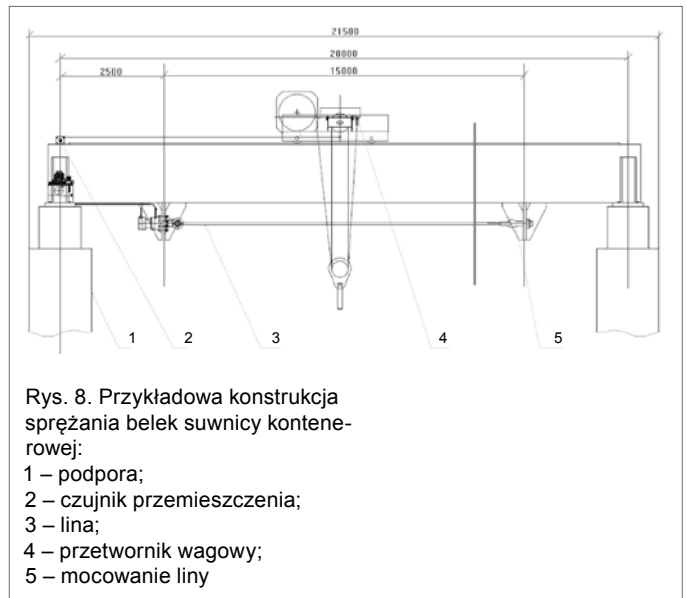
Zmienność parametrów obciążających belki wymusza zastosowanie techniki sterowania proporcjonalnego ciśnieniem i zastosowaniem sterownika proporcjonalnego, sterującego procesem odciążenia.

Przyjęta analiza odciążenia zmniejsza niekorzystne rzeczywiste obciążenie w stosunku do  $\alpha = 0,56$ , a tym samym znaczenie „odchudza” wymiary poprzeczne dźwigarów.



Rys. 7. Schemat układu pomiarowego do sprężania belki:

- 1 – czujnik obciążenia [2];
- 2 – czujnik przemieszczenia [3];
- 3 – przetwornik sygnałów;
- 4 – sterownik;
- 5 – proporcjonalny zawór przelewowy



Rys. 8. Przykładowa konstrukcja sprężanej belki suwnicy kontenerowej:

- 1 – podpora;
- 2 – czujnik przemieszczenia;
- 3 – lina;
- 4 – przetwornik wagowy;
- 5 – mocowanie liny

### Literatura

- [1] TOMASIAK E.: *Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [2] Katalog produktów firmy HBM.
- [3] Materiały informacyjne firmy Micro-Epsilon (czujniki P 200).

prof. dr hab. inż. Edward Tomasiak – prof. zw. Politechniki Śląskiej, Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania