

Damian GAŚKA¹

METODYKA WYMIAROWANIA USTROJÓW NOŚNYCH SUWNIC POMOSTOWYCH Z WYKORZYSTANIEM PARAMETRYZACJI CECH KONSTRUKCYJNYCH

Streszczenie. Artykuł przedstawia problematykę wymiarowania ustrojów nośnych suwnic pomostowych z wykorzystaniem parametryzacji cech konstrukcyjnych i sztucznej inteligencji jako elementu optymalizacji konstrukcji.

METHODOLOGY OF LOAD-CARRYING CRANE STRUCTURES DIMENSIONING WITH PARAMETRIC DESIGN FEATURES

Summary. The article shows problems in methodology of load-carrying crane structures dimensioning with parametric design features and artificial intelligence as an element of structure optimization.

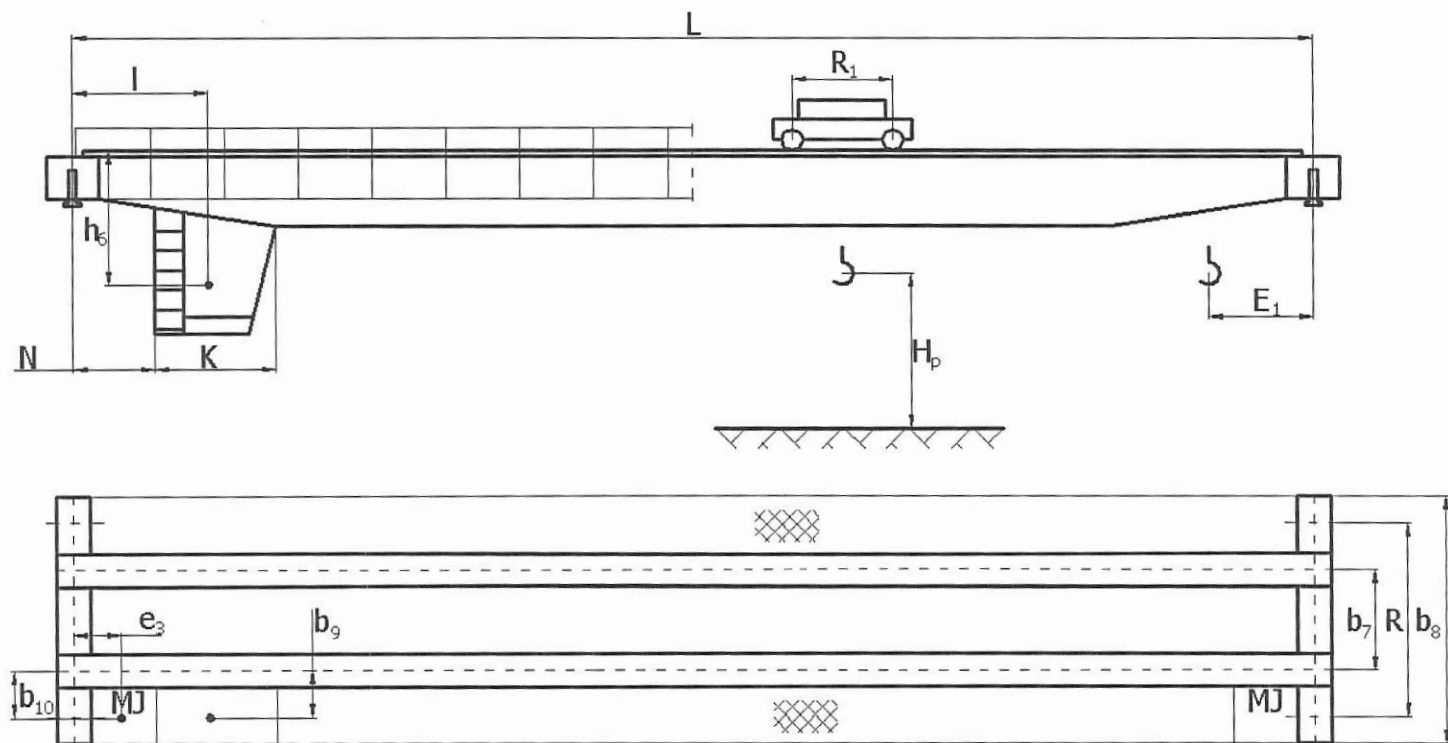
1. WPROWADZENIE

Współczesne ustroje nośne suwnic są cienkościennymi złożonymi konstrukcjami stalowymi o przekrojach otwartych lub zamkniętych, usztywnionych za pomocą żeber i/lub przepon. Ważnym stadium w projektowaniu nowej suwnicy jest wymiarowanie jej ustroju, polegające na określeniu zbioru cech konstrukcyjnych ustroju nośnego, zdolnego do bezpiecznego przejmowania różnorodnych obciążeń eksploatacyjnych, związanych z udźwigiem i przestrzenią obsługiwaną przez dźwignicę. Najczęściej o postaci i masie własnej ustroju decyduje wiodący konstruktor, który projektuje ustrój metodą kolejnych przybliżeń lub metodą iteracji na podstawie wspomaganych komputerowo obliczeń analitycznych i własnego doświadczenia projektowego.

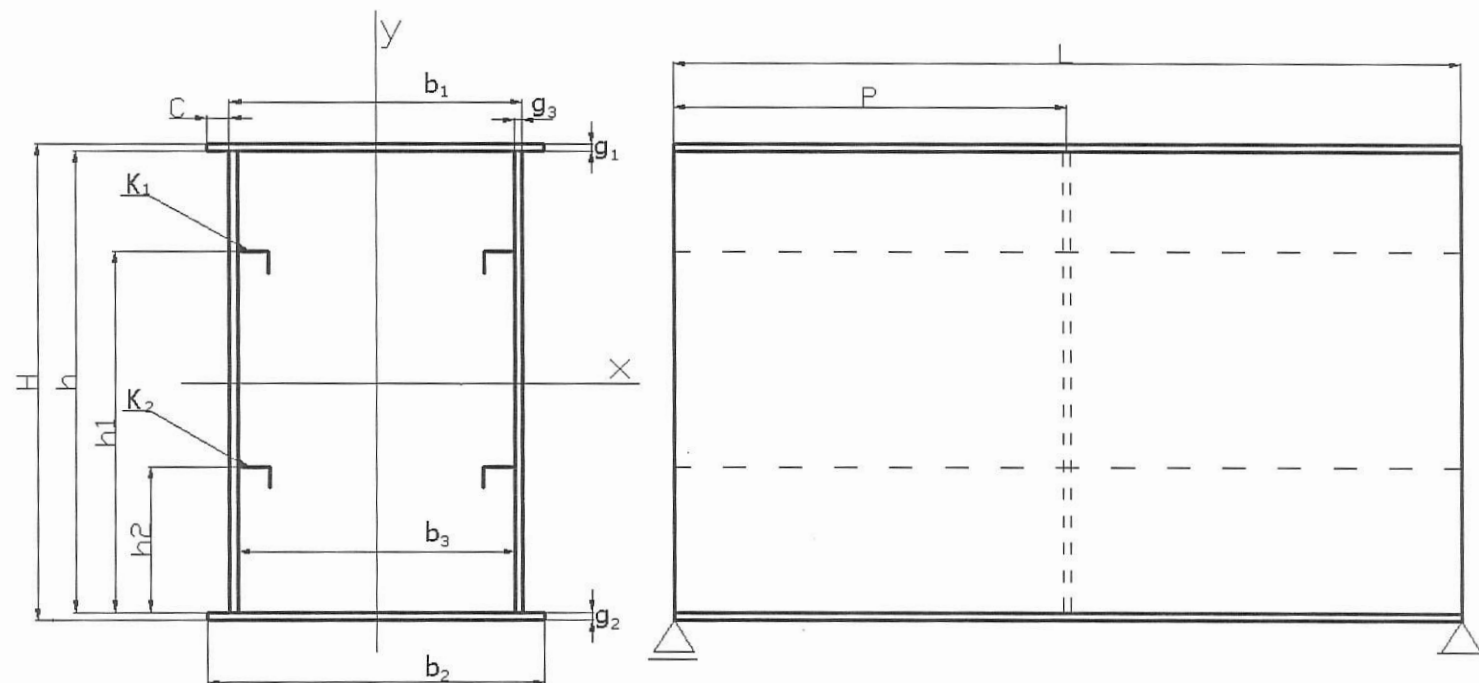
W konsekwencji ważne w eksploatacji parametry dynamiczne ustroju (poziomy naprężen, częstość, dekrement i czas tłumienia drgań) są następstwem arbitralnego doboru cech geometrycznych i materiałowych, a ostateczne, zbliżone do optymalnych cechy konstrukcyjne ustala się w następstwie kolejnych przybliżeń.

W teorii konstrukcji kreowanie ustroju nośnego za pomocą kolejnych przybliżeń należy do prostych sekwencyjnych problemów projektowania. Istota metodyki wymiarowania stalowych ustrojów nośnych na przykładzie suwnicy pomostowej polega na rozpatrywaniu wymiarowania w kategorii problemu odwrotnego, którego rozwiązanie polegałoby na wykre-

¹ Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. (+48 32) 603 4356; (+48 32) 603 4157, damian.gaska@polsl.pl



Rys. 1. Parametryczna postać cech geometrycznych ustroju nośnego suwnicy pomostowej
 Fig. 1. Parametrical figure of load-carrying crane structure geometrical features



Rys. 2. Parametryczna postać cech geometrycznych dźwigara ustroju nośnego suwnicy pomostowej
 Fig. 2. Parametrical figure of load-carrying crane structure girder geometrical features

owaniu, z pomocą sztucznej inteligencji oraz parametryzacji cech konstrukcyjnych, geometrycznych i materiałowych cech ustroju dla założonych parametrów dynamicznych i zmiennych decyzyjnych.

2. PARAMETRYZACJA CECH KONSTRUKCYJNYCH USTROJU NOŚNEGO SUWNICY

W celu rozwiązania problemu wymiarowania ustrojów nośnych suwnic przeprowadzono topologiczne badania tychże ustrojów, których wynikiem jest parametryzacja cech konstrukcyjnych i identyfikacja oraz uogólnienie charakterystycznych węzłów konstrukcyjnych ustrojów (rys. 1 i 2). Parametryzacja cech ustrojów nośnych została przeprowadzona w sposób analityczny i numeryczny na wybranym zbiorze, dostępnej w OBRDiUT DETRANS w Bytomiu, dokumentacji technicznej suwnic.

Stworzona baza danych (rys. 3) zawierająca wartości parametrów opisujących konstrukcje suwnic stanowi zbiór informacji o cechach geometrycznych ustroju nośnego, masach poszczególnych jego zespołów i mechanizmów oraz niektórych parametrach dynamicznych zwyczajowo podawanych w dokumentacji technicznej, prezentując ukryte (niejawne wprost) doświadczenia konstruktorów zawarte w zapisie konstrukcji, jakim jest dokumentacja suwnicy. Baza takich danych pozwala na wyznaczenie warunku wytrzymałości statycznej, warunku wytrzymałości zmęczeniowej, warunku wytrzymałości połączeń oraz sprawdzenie stateczności zespołów i elementów specjalnych ustroju nośnego suwnicy pomostowej [1, 2].

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled "Zbiór danych suwnic". The spreadsheet contains a large table with multiple columns and rows of data. The columns are labeled with letters and numbers, representing various parameters of crane structures. The data is organized in a structured manner, with some cells containing formulas or references. The status bar at the bottom indicates a sum of 2307034.27 and a value of 18M.

Rys. 3. Postać bazy danych sparametryzowanych ustrojów nośnych suwnic pomostowych
Fig. 3. Figure of parametrical load-carrying crane structures data base

Niektóre, zwłaszcza dynamiczne parametry ustrojów muszą jednak zostać wyznaczone także doświadczalnie. W szczególności zmierzyć należy charakterystyczne przebiegi naprężeń w wybranych silnie wyężonych przekrojach ustroju oraz przyspieszenia ruchów roboczych i częstości drgań na wybranej reprezentatywnej grupie przemysłowych suwnic celem uzupełnienia i zweryfikowania wyników analitycznych.

3. OSZACOWANIE PRAWDOPODOBNYCH CECH GEOMETRYCZNYCH WYMIAROWANEGO USTROJU Z WYKORZYSTANIEM PARAMETRYZACJI ISTNIEJĄCYCH SUWNIC

Metodyka wymiarowania ustrojów nośnych suwnic pomostowych z wykorzystaniem parametryzacji cech konstrukcyjnych przewiduje trójetapowy proces wymiarowania ustroju nośnego suwnicy.

Pierwszy etap stanowią będą informacje z przeszłości, tj. identyfikacja w stworzonej bazie danych istniejących suwnic o zbliżonych do zadanych (wymaganych przez użytkownika) parametrach (por. rys. 3 – zaznaczone wiersze). Identyfikacja ta posłuży zmniejszeniu liczby poszukiwanych parametrów, które zostaną wykorzystane jako dane wejściowe sieci neuronowej.

W drugim etapie do określania jednego z podstawowych parametrów ustroju zostanie wykorzystana nauczona adekwatna sieć lub sieci neuronowe (rys. 5), której/których zadaniem będzie wskazanie na wyjściu podstawowego parametru geometrycznego (np. wysokości dźwigara h) dla zadanych parametrów ustroju (zaznaczone kolumny na rys. 3). Zakłada się, iż w drugim etapie wymiarowania ustroju z racji optymalizującego charakteru sieci neuronowej, zostanie określona zbliżona do optymalnej wysokość dźwigara h wg wymaganych (zadanych) przez użytkownika parametrów eksploatacyjno-ruchowych.

W trzecim etapie wymiarowania, dla określonych parametrów wejściowych i wyjściowej wysokości dźwigara h , nastąpi sprawdzenie normatywnych kryteriów wytrzymałości, stateczności, sztywności i trwałości w sposób analityczny i/lub numeryczny.

Do podstawowych parametrów ustroju zaliczyć należy:

1. udźwig – Q ,
2. rozpiętość – L ,
3. szerokość dźwigara – b_1 ,
4. grubość pasa górnego – g_1 ,
5. wysokość dźwigara – h ,
6. podstawowe kryterium wytrzymałościowe,
7. częstość drgań własnych,

z których część stanowi parametry wejściowe, a część wyjściowe sieci neuronowej (rys. 5).

Podstawowe kryterium wytrzymałościowe zastosowane w sieci przedstawione jest w postaci liczby od 0 do 1, prezentującej stopień zbliżenia maksymalnych wartości naprężeń obliczeniowych do wytrzymałości obliczeniowej wg metody stanów granicznych lub metody naprężeń dopuszczalnych [1]. Kryterium to dotyczy płaskiego stanu naprężenia, jaki zaistnieje w najbardziej obciążonym punkcie przekroju poprzecznego dźwigara dla najbardziej nie-

korzystnego skojarzenia obciążeń działających na suwnicę, przy ustawieniu wciągarki w środku rozpiętości.

Najbardziej niekorzystne skojarzenie obciążeń i położenie zespołów ruchowych suwnicy zostanie dla każdego z wymiarowanego ustroju wybrane spośród 18 normowych skojarzeń obciążeń działających na suwnicę, które ze względu na częstość występowania w eksploatacji podzielono na [3]:

- obciążenia regularne,
- obciążenia nieregularne,
- obciążenia wyjątkowe.

Na rys. 4 przedstawiono umiejscowienie oraz oznaczenia i symbole obliczeniowych sił od obciążeń charakterystycznych działających na suwnicę pomostową, umożliwiających wyznaczanie w/w podstawowego kryterium wytrzymałości, a w szczególności:

1. Obliczeniowe siły od obciążeń charakterystycznych regularnych:

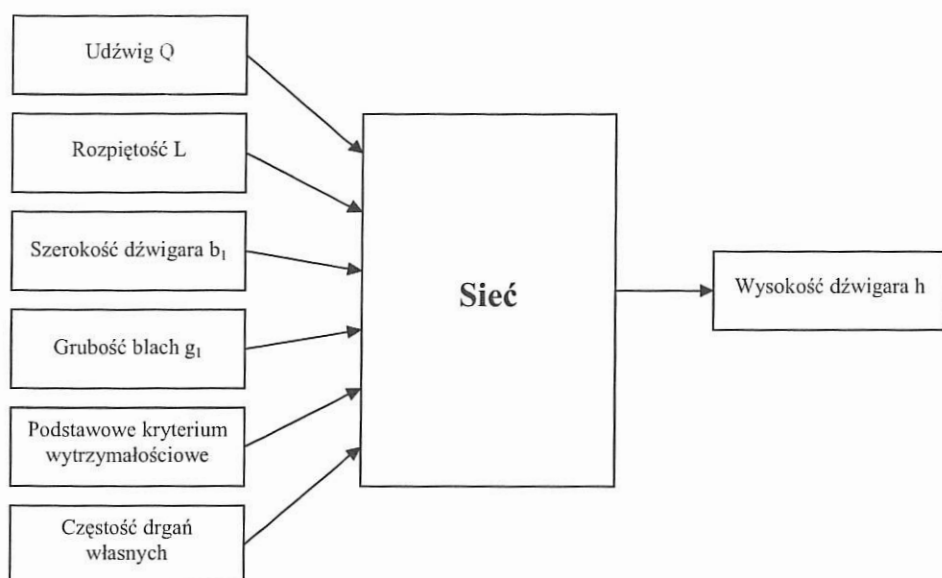
- siły ciężkości wynikającej z masy własnej urządzenia F_w , F_{w0} ,
- siły ciężkości podnoszonego ładunku wraz z siłą dynamiczną F_d ,
- siły dynamicznej nagłego zwolnienia ładunku F_{dn} ,
- sił dynamicznych spowodowanych jazdą po nierównej powierzchni:
ustroju nośnego F_{djs} ,
wózka F_{djw} ,
- sił dynamicznych przyspieszania ruchów roboczych (napędów) dźwignicy:
- napędu jazdy dźwignicy S_s ,
- napędu jazdy wózka S_w .

2. Obliczeniowe siły od obciążeń charakterystycznych nieregularnych:

- siły od obciążenia wiatrem w stanie roboczym F_{wrs} , F_{wrw} , F_{wrH} ,
- siły od obciążenia śniegiem i lodem F_{sl} ,
- siły od obciążeń wynikających ze zmian temperatury $F_{\Delta t}$,
- siły powodowane zukosowaniem dźwignicy F_{ys} , F_{x1is} , F_{x2is} , F_{y1is} , F_{y2is} , F_{yw} , F_{x1iw} , F_{x2iw} , F_{y1iw} , F_{y2iw} .

3. Obliczeniowe siły od obciążeń charakterystycznych wyjątkowych

- siły od obciążeń wywołanych podnoszonym z podłoża ładunkiem przy maksymalnej prędkości podnoszenia F_d ,
- siły od obciążeń wiatrem w stanie burzowym F_{wbs} , F_{wbw} ,
- siły od obciążeń próbnych F_{pd} , F_{ps} ,
- siły od obciążeń spowodowanych uderzeniem w zderzaki F_{zds} , F_{zdw} ,
- siły od obciążeń wywołanych wychyleniem F_{wych} ,
- siły od obciążeń powstałych w wyniku nagłego wyłączenia energii F_{wei} ,
- siły od obciążeń spowodowanych przewidywanym uszkodzeniem mechanizmów lub ich części F_{uszk} ,
- siły od obciążeń wywołanych zewnętrznym oddziaływaniem na podłoże dźwignicy F_{sej} , F_{fal} ,
- siły od obciążeń powstających w czasie montażu, demontażu i transportu F_{mont} .



Rys. 5. Przykładowy schemat neuronowego modelu wyznaczenia parametru ustroju nośnego suwnicy
 Fig. 5. Example of neuron model diagram for determining the load-carrying crane structure parameter

5. PODSUMOWANIE

Przedstawiona metodyka wymiarowania ustrojów nośnych suwnic pomostowych z wykorzystaniem parametryzacji cech konstrukcyjnych oraz właściwej sztucznej inteligencji (sieci neuronowej) opiera się na wynikach wieloletnich doświadczalnych badań obciążeń eksploatacyjnych i widm naprężeń w suwnicach pomostowych i bramowych [5].

Istniejący stan wiedzy w zakresie zaawansowanych metod numerycznych umożliwia zweryfikowanie praktycznie każdej konstrukcji [6], pod warunkiem że jest ona znana, a dokładniej, jeżeli znane są jej cechy konstrukcyjne. Poszukiwanie za pomocą MES optymalnych cech ustroju przez ich korygowanie w kolejnych przybliżeniach jest pracochłonne. Zastosowanie parametryzacji ustroju w połączeniu z właściwą sztuczną siecią neuronową do identyfikacji zbliżonych do optymalnych cech ustroju suwnicy może być rozwiązaniem odwrotnego problemu wymiarowania. Aktualny stan wiedzy [4], a przede wszystkim dostępne programy i niektóre opublikowane prace z zakresu zastosowań sztucznej inteligencji są motywacją dla podjęcia nowego problemu w zakresie wymiarowania.

W tej sytuacji podjęcie problematyki wymiarowania stalowych ustrojów nośnych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji i parametryzacji konstrukcji może wnieść oryginalny wkład w rozwój teorii konstruowania w zakresie optymalizacji konstrukcji, która wykorzystywałaby sztuczne sieci neuronowe w miejsce dotychczas stosowanych funkcji celu trudnych do sformułowania i jak dotychczas mało przydatnych w procesie wymiarowania złożonych konstrukcji stalowych.

Literatura

1. Gąska D., Chmurawa M.: Geometryczne modelowanie suwnicy jako podstawa wymiarowania jej ustroju nośnego w świetle norm europejskich. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z. 56, Gliwice 2004, s. 223-228.
2. Chmurawa M., Gąska D.: Zasady wymiarowania ustrojów nośnych dźwignic w świetle europejskich norm bezpieczeństwa. Transport Przemysłowy nr 3, 2005, s. 27-32.
3. EN 13001-1÷3.1:2005. Cranes. General Design. Part 1: General Principles and Requirements. Part 2: Load actions. Part 3.1: Limit States and Proof of Competence of Steel Structures.
4. Tadeusiewicz R.: Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami. Akademicka Oficyna Wyd. PLJ, Warszawa 1998.
5. Gallos M., Kulig J.: Badania główne obciążeń eksploatacyjnych suwnic bramowych. Praca bad. OBRDiUT „Detrans” o symb. BW-471044. Bytom 1975-1978.
6. Rusiński E., Czmochoński J., Smolnicki T.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych. Oficyna Wyd. Pol. Wroc., Wrocław 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Antoniak

Praca badawcza wykonana w ramach BW-426/RT-3/2005