

WINIARSKI Grzegorz¹
CABAN Jacek²
FILIPEK Przemysław³

PROJEKT KONSTRUKCYJNY WAGI PRZEMYSŁOWEJ

W artykule przedstawiono proces projektowania nowej wagi przemysłowej. Projekt zrealizowano w oparciu o dostępne narzędzia konstrukcyjne w środowisku Solid Works. Zaprezentowano układ kinematyczny i podstawowe obliczenia konstrukcyjne jakie musi spełnić waga przemysłowa. Zwrócono uwagę na wykorzystanie nowej konstrukcji dla regionu Lubelszczyzny m.in. w przemyśle rolno-spożywczym oraz przedsiębiorstwach transportowych.

THE CONSTRUCTION DESIGN OF INDUSTRIAL WEIGHT

The article presents the construction design process of industrial weight. The project uses the design tools available in the environment Solid Works. Presented basic kinematics and structural calculations to be met by industrial weight. It attention was turned was on utilization new construction for The Lubelskie Voivodeship in agriculture and the food industry as well as transportation enterprises.

1. WSTĘP

Rozwój przemysłu produkcji wag na Lubelszczyźnie sięga siedemdziesiątych lat XIX wieku [8]. Pomiar masy spośród wszystkich mierzonych wielkości należą do najbardziej rozpowszechnionych [4]. Waga to przyrząd pomiarowy do wyznaczania masy ciała [3]. Określenie masy ciała, produktu jest niezwykle istotne w branży rolno-spożywczej i przetwórczej, często związane jest pośrednio lub bezpośrednio z transportem. Umożliwia on przewozy towarów, wymianę handlową między Polską a krajami Unii [6], jak również jest bardzo istotny w skali małych rodzinnych przedsiębiorstw regionu Polski Wschodniej.

W procesie konstruowania należy spełnić szereg kryteriów, zastosować optymalne rozwiązania a czasem wybrać drogę kompromisów, ale od samego początku należy stawiać na jakość [1]. Proces konstruowania jest więc w pewnym sensie procesem ciągłym,

¹Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36.
e-mail: g.winiarski@o2.pl

²Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36.
Tel: + 48 538-42-05, Fax: + 48 538-42-00, e-mail: j.caban@pollub.pl

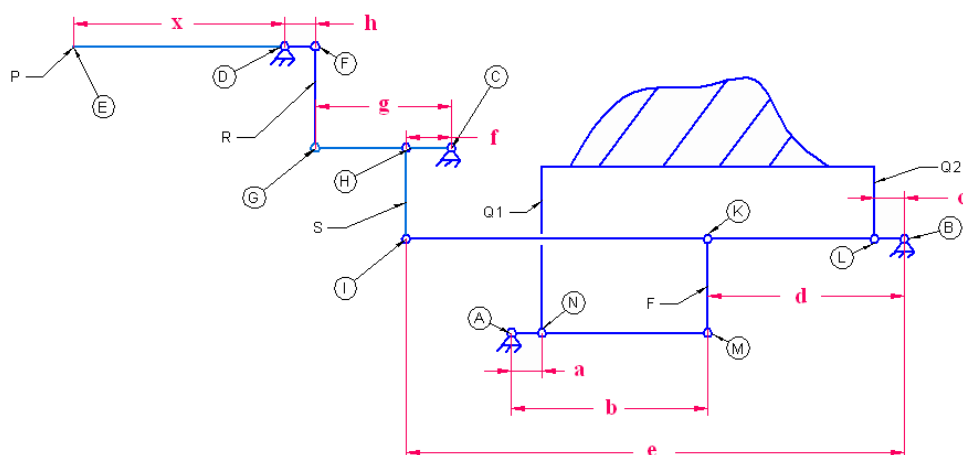
³Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36.
Tel: + 48 538-44-99, Fax: + 48 538-42-00, e-mail: p.filipek@pollub.pl

realizowanym etapami [2]. Przy obecnym stanie rozwoju konstruowania dominującą rolę zajmują procesy konstruowania CAD i procesy obliczeniowe CAM danego węzła konstrukcyjnego [9]. Technika ważenia stosowana w przemyśle i handlu musi być bardzo prosta ze względu na możliwość obsługi wag przez pracowników o niskich kwalifikacjach technicznych [3]. W projekcie zdecydowano się na konstrukcję mechaniczną, pomostową wagi przesuwnikowej o kompensacyjnej metodzie ważenia.

2. PROJEKT KONSTRUKCYJNY WAGI

2.1 Schemat strukturalny wagi przemysłowej przesuwnikowej

Waga przesuwnikowa to waga z urządzeniem przesuwnikowym, służącym do równoważenia ważonego ciała, umożliwiającą ważenie bez użycia odważników [3]. Zasadę działania tej wagi mechanicznej pokazano na rys.1. Przedstawia on schemat strukturalny, dzięki któremu możliwe jest dokonanie pomiaru masy ciała. Wykorzystując odpowiednie równania statyki możliwe jest wyznaczenie sił i przemieszczeń występujących w poszczególnych węzłach [3].



Rys.1. Schemat pomostowej wagi przesuwnikowej z oznaczeniami węzłów (A, B... N), sił występujących w cięgnach (Q1, Q2, F, S, R) oraz wymiarami (a, b, c, d, e, f, g, h, x).

Istotnym elementem dotyczącym projektowania wagi jest także jej skonstruowanie aby wynik pomiaru nie zależał od położenia masy na pomoście. Warunek ten jest spełniony gdy prawdziwa jest zależność (1):

$$a \cdot d = b \cdot c \quad (1)$$

gdzie: a – d - poszczególne wymiary elementów konstrukcyjnych wagi w mm.

Oznaczenia we wzorze są zgodne z oznaczeniami na schemacie kinematycznym a wszystkie wymiary podano w mm (rys. 1.).

2.2 Dobór wymiarów dźwigni i wyznaczenie występujących w nich sił oraz przemieszczeń

W projektowanej wadze zasadniczymi jej elementami konstrukcyjnymi są: rama, pomost oraz układ dźwigni odpowiadających za przeniesienie ciężaru na urządzenie wyrównywania masy. W celu uzyskania nośności wynoszącej 3000 kg dobrano wymiary dźwigni zestawione w tabeli 1. z uwzględnieniem nomenklatury jak na rys.1.

Tab. 1. Zestawienie wartości wymiarów podstawowych projektowanej wagi przemysłowej

Nr kolejny	Symbol wymiaru	Wymiar [mm]
1.	A	80
2.	B	650
3.	C	100
4.	D	812,5
5.	E	1650
6.	F	300
7.	G	950
8.	H	100
9.	X	1100

Dla tak dobranych wymiarów przedstawiono tabelarycznie wartości sił występujących w dźwigniach wyrażonych w N (tabela 2), zachowano oznaczenia jak na rys. 1.

Tab. 2. Zestawienie wartości sił występujących w układzie konstrukcyjnym wagi

Nr kolejny	Symbol siły	Siła [N]
1.	Q1	10 000
2.	Q2	20 000
3.	F	1230,77
4.	S	1818,18
5.	R	574,163
6.	P	52,1966

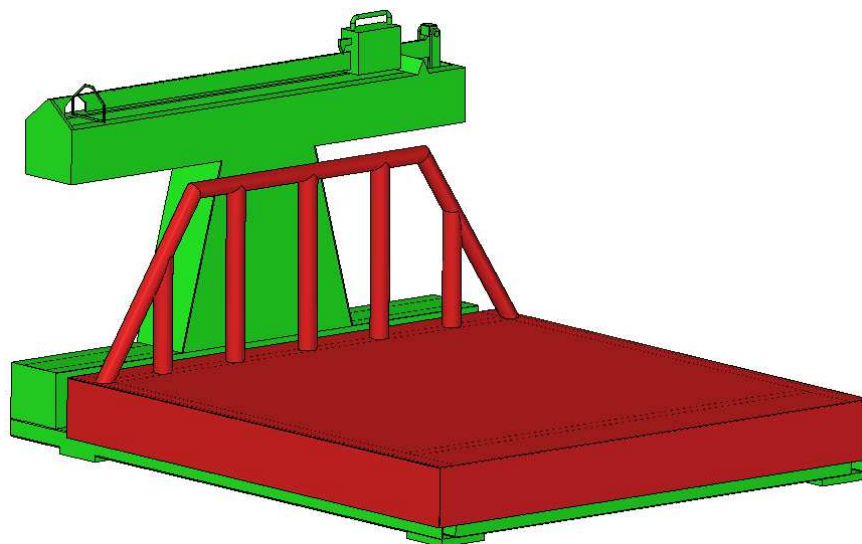
Tab. 3. Wartości przemieszczeń węzłów konstrukcyjnych projektowanej wagi

Nr kolejny	Symbol przemieszczenia	Przemieszczenie [mm]
1.	δE	50
2.	δF	4,54
3.	δG	4,54
4.	δH	1,43
5.	δI	1,43
6.	δK	0,71
7.	δL	0,09
8.	δM	0,71
9.	δN	0,09

Zmiana wartości sił Q_1 oraz Q_2 spowodowana zmianą położenia masy na pomoście ma wpływ jedynie na wartość siły F . Siły S , R a także P pozostają stałe, co jest wynikiem spełnienia zależności (1). Siła (masa) P jest to siła (masa) jaką musi mieć urządzenie do wyrównywania masy, aby przy maksymalnym obciążeniu 3000 kg możliwe było jego zrównoważenie (zważenie). Zakładając przemieszczenie punktu E , $\delta E = 50$ mm, wartości przemieszczeń poszczególnych węzłów zestawiono odpowiednio w tabeli 3. Zachowano nomenklaturę symboli wg. rys.1.

2.3 Model 3D

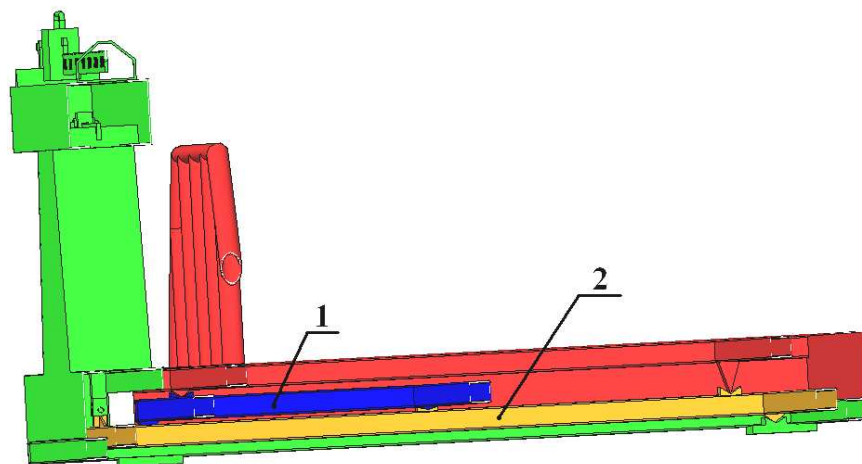
Model wagi zaprojektowany został w programie Solid Edge ST2, który służy do wykonywania trójwymiarowych modeli części i zespołów oraz przygotowania dokumentacji technicznej [5]. Zastosowanie wspomaganie komputerowego wpływa nie tylko na dokładność rysunków i nieograniczone możliwości korekty, ale przede wszystkim ułatwia pracę i oszczędza czas [7].



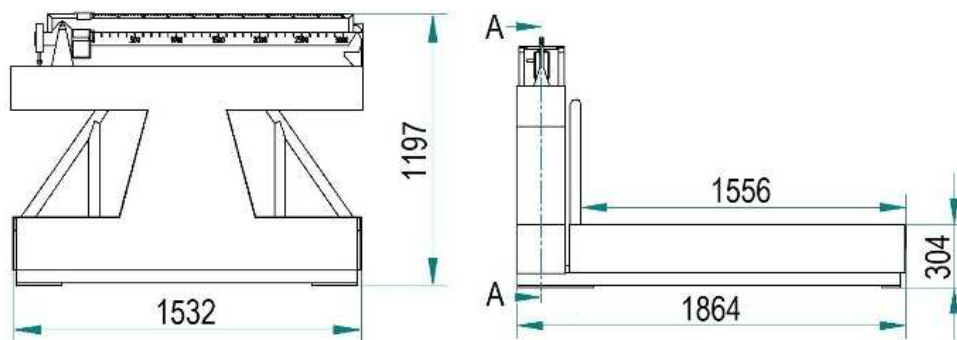
Rys. 2. Widok ogólny konstruowanej wagi przemysłowej

Ważnym aspektem każdego projektu powinna być ochrona środowiska. Należy rozumieć to jako tworzenie konstrukcji, która będzie wykonana i funkcjonowała z jak najmniejszym negatywnym wpływem na środowisko a po zakończeniu etapu użyteczności ulegnie ponownemu przetworzeniu - najlepiej w całości.

Na poszczególnych rysunkach przedstawiono proces konstruowania wagi w środowisku Solid Works. Widok ogólny projektowanej pomostowej wagi przemysłowej zaprezentowano na rysunkach 2 oraz 3. Na rysunkach 4 do 6 przedstawiono wymiary charakterystyczne podstawowych elementów konstrukcyjnych projektowanej wagi przemysłowej o nośności 3000 kg.

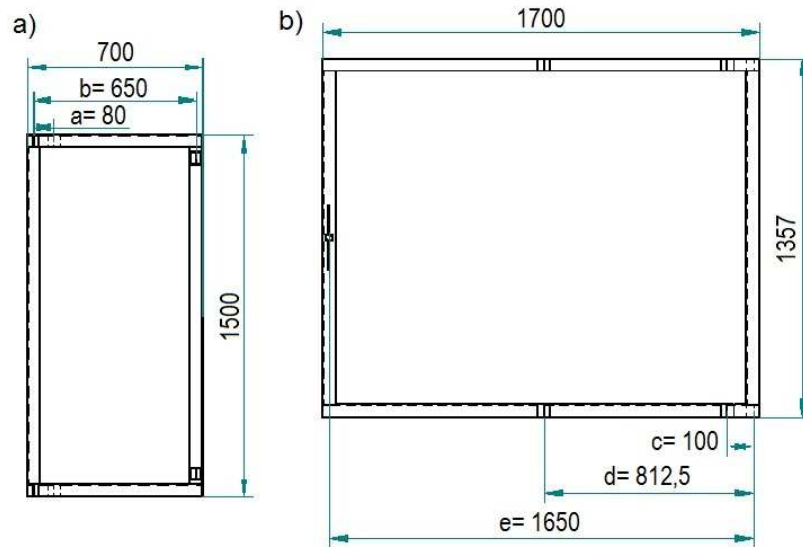


Rys. 3. Widok elementów konstrukcyjnych wagi, rama – 1, rama główna – 2

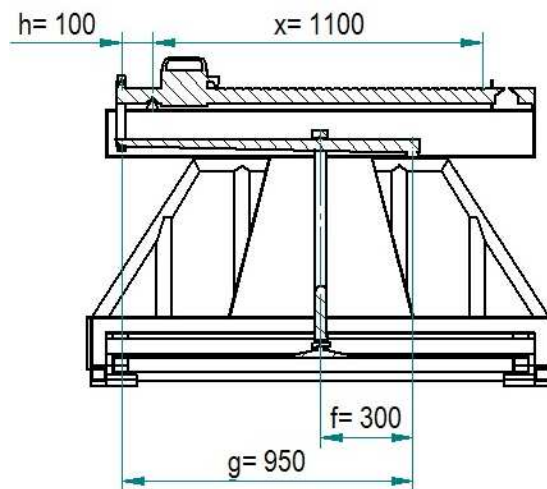


Rys. 4. Wymiary charakterystyczne konstruowanej wagi przemysłowej

Rysunek 4 prezentuje wymiary gabarytowe projektowanej wagi przesuwnikowej o nośności 3000 kg. Wymiary ramy wagi (rys. 5.) pozwalają na swobodne ustawienie palety typu Euro. Na rysunku 6 przedstawiono wagę w przekroju A-A, z widocznym wagowskazem.



Rys. 5. Wymiary główne: a) rama 1 (AM wg rys. 1.), b) wymiary zewnętrzne ramy głównej – 2 (IB wg rys. 1.)

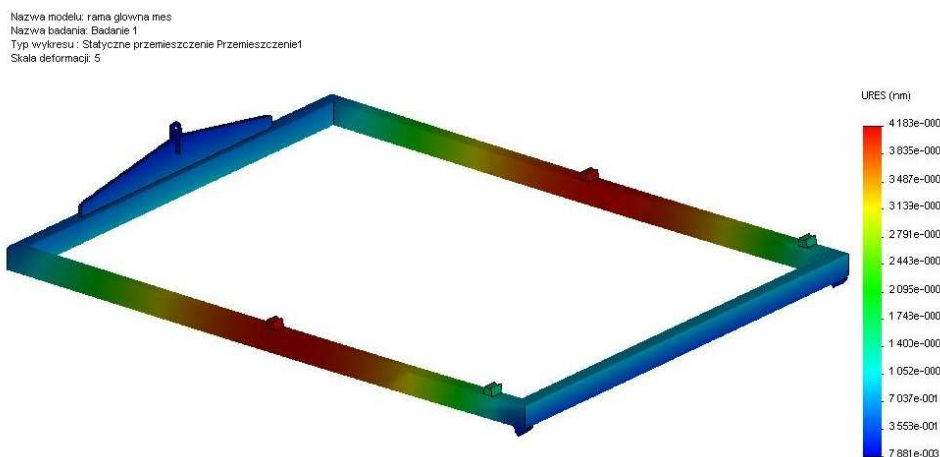


Rys. 6. Przekrój A – A (CG oraz FE wg. schematu na rys. 1.), u góry widoczny wagowskaz

Rama jako główna część wagi jest bardzo odpowiedzialnym elementem. Oprócz funkcji niesienia, spełnia rolę łącznika pomiędzy pozostałymi elementami konstrukcyjnymi. Ramę wagi stanowi ramownica prosta wykonana z profilu o przekroju prostokątnym 40x60 - materiał konstrukcyjny stal S235JR.

2.4. Obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji

Analizy wytrzymałościowej wagi dokonano w środowisku Solid Works Simulation.



Rys. 7. Rama główna wagi poddana analizie MES

Do obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji przyjęto model bryłowy rama jako najważniejszy w całej konstrukcji. Wykonano analizę statystyczną konstrukcji o wysokiej jakości siatki z włączonym efektem termicznym i obliczaniem sił swobodnych obiektu.

Naprężenia w analizowanym obiekcie są mniejsze od naprężeń dopuszczalnych, więc konstrukcja jest bezpieczna i spełnia kryteria wytrzymałościowe.

3. WNIOSKI

Każde założenia konstrukcyjne muszą wykorzystywać maksymalnie doświadczenie oraz tradycję konstrukcyjną. Zrealizowany projekt zakłada wykorzystanie wagi przemysłowej w prywatnych gospodarstwach rolnych i rolno-przemysłowych Lubelszczyzny w przedziale najbardziej wykorzystywanych pomiarów masy różnych produktów.

Waga przesuwnikowa eliminuje stosowanie odważników do ważenia i umożliwia ważenie dużych mas. Zapewnia wymaganą dokładność pomiaru, charakteryzuje się prostą konstrukcją i obsługą oraz zwartą budową. Jedynym mankamentem może być wymaganie ręcznej obsługi, ale w przypadku małych przedsiębiorstw rodzinnych nie stanowi to problemu.

Przedstawiono aspekty konstrukcyjne z wykorzystaniem współczesnych narzędzi konstrukcyjnych w oparciu o wiedzę inżynierską i możliwe uytylitarne wykorzystanie projektu dla regionu. Sukcesem każdego projektu jest jego prawidłowe skonstruowanie w oparciu o wiedzę konstrukcyjną jak również możliwości wnioskowania i podejmowania decyzji przez konstruktora.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Caban J.: *Zastosowanie stali wysokowytrzymałych w budowie nadwozi samochodów*, IX Międzynarodowe Sympozjum Studenckich Kół Naukowych „Inżynierowie nowej ery” 12-13 maja 2008, pod red.: Kiernicki Z., Gardyński L. Lublin, 2008.
- [2] Dietrich M.: *Podstawy konstrukcji maszyn, tom 1*, Warszawa, WNT 1995.
- [3] Jankowski J.: *Wagi i ważenie w przemyśle i handlu*, Warszawa, WNT 1983.
- [4] Jankowski J.: *Wagi i ważenie wysokiej dokładności*, Warszawa, WNT 1982.
- [5] Kazimierczak G., Pacula B., Budzyński A.: *Solid Edge. Komputerowe wspomaganie projektowania*, Gliwice, Helion 2005.
- [6] Lesiak P.: *Funkcjonowanie systemu transportowego w Polsce w warunkach integracji europejskiej*, Transport Samochodowy Zeszyt 2 (20), Warszawa, ITS, 2008.
- [7] Montusiewicz J., Czerkawska A.: *Komputerowy zapis konstrukcji – ćwiczenia do programu AutoCAD, cz. 1*, Lublin, Wydawnictwa Uczelniane 2008.
- [8] Schabowska K.: *Lubelskie Fabryki Wag zarys dziejów, konstrukcje*, Lublin, Politechnika Lubelska 2010.
- [9] Winiarski G., Caban J.: *Budowa modelu 3D jednocyndrowego silnika o zapłonie samoczynnym*, II Lubelski Kongres Studenckich Kół Naukowych TYGIEL 2010, 22-23 września 2010, pod red.: Caban J., Szala M. Lublin, Politechnika Lubelska 2010.