

# GEOMETRYCZNY MODEL 3D MASZyny DO CZYSZCZENIA I POLEROWANIA WARZYW KORZENIOWYCH ORAZ ZIEMNIAKÓW

Streszczenie

Opracowano wirtualny geometryczny model CAD 3D maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków. Następnie na tym modelu geometrycznym maszyny przeprowadzono symulacje i analizy inżynierskie jego zachowań kinematycznych. Uzyskane wyniki zostaną wykorzystane do wykonania szczegółowego modelu maszyny. Model ten będzie podstawą do opracowania dokumentacji konstrukcyjnej maszyny.

**Słowa kluczowe:** model 3D, analiza kinematyczna, maszyna, czyszczenie, warzywa korzeniowe

## Wprowadzenie

W ostatniej dekadzie nastąpiła w kraju, zwłaszcza w miastach, zmiana sposobu podejścia konsumentów do nabywania owoców i warzyw. W coraz mniejszym zakresie nabywane są warzywa jesienią w takich ilościach, aby przechowywane w warunkach domowych, zaspokajały potrzeby rodzinne do czasu pojawienia się nowalijek. Obecnie warzywa najczęściej nabywa się w małych porcjach, przeznaczonych do bieżącej konsumpcji w dniu zakupu lub w ciągu najbliższych kilku dni. Kupujący przy wyborze kierują się ceną, ale także, przede wszystkim, wyglądem sprzedawanych warzyw i owoców. Ta zmiana zachowań konsumentów oraz potrzeba spełnienia zaleceń sanitarnych Unii Europejskiej [5] pociąga za sobą konieczność zmiany sposobu przygotowania warzyw do sprzedaży przez producentów. Aby dostosować się do powyższych wymogów oraz sprostać konkurencji, przygotowanie warzyw do sprzedaży wymusza zmechanizowanie tego procesu.

W procesie przygotowania do sprzedaży, warzywa muszą być dokładnie oczyszczone z resztek glebowych i roślinnych oraz przejść selekcję pod względem jakości [3, 4, 6]. Po tych zabiegach są one porcjowane, stosownie do potrzeb handlu detalicznego, na porcje o określonej masie. W związku z powyższym, na rynku sprzętu do produkcji rolno-spożywczej, obserwuje się znaczne zapotrzebowanie na maszyny wykonujące poszczególne etapy tych procesów. Dotychczas do mycia i czyszczenia warzyw i owoców twardych w kraju wykorzystuje się różnego rodzaju myjki i czyszczarki [3, 6]. Jednak warzywa, szczególnie marchew, po myciu pod dużym ciśnieniem po kilku godzinach dostawały srebrnego nalotu i wędły, co zniechęcało klientów do ich zakupu. Na podstawie przeglądu dostępnych informacji można stwierdzić, że połączenie płuczki bębnowej ze szczotkarką znacząco poprawi jakość czyszczenia warzyw korzeniowych, ziemniaków i owoców twardych. Tego typu maszyny są produkowane przez firmy np. z Wielkiej Brytanii i Nowej Zelandii [7, 8], ale ich cena jest zbyt wysoka. Polska firma produkuje takie maszyny [9], ale charakteryzują się one dużą wydajnością pracy.

W ramach realizacji projektu celowego firma P.W. ARIKON-AGRO we współpracy z PIMR Poznań podjęła się opracowania i wykonania stosunkowo taniej, niewielkiej maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych. W pracy zawarto wyniki analiz kinematyki modelu geometrycznego 3D zespołów roboczych tej maszyny.

## Cel pracy

Celem przedstawianej pracy było wygenerowanie modelu geometrycznego 3D zespołów roboczych maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków. Opracowywana maszyna ma się charakteryzować prostotą konstrukcji przy średniej wydajności w porównaniu do maszyn zachodnich producentów.

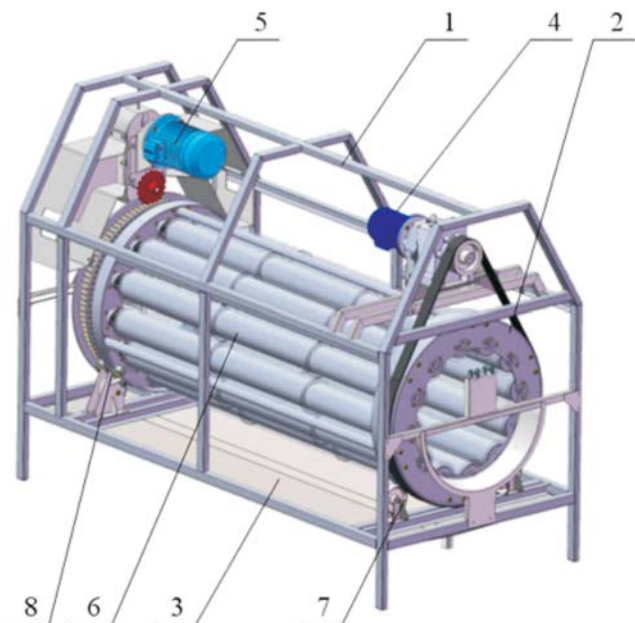
## Przedmiot badań i analiz

Opracowana maszyna do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków będzie wykonywała następujące zadania:

- przyjmowanie do bębna czyszczącego zanieczyszczonych warzyw korzeniowych bądź ziemniaków,
- czyszczenie i polerowanie przez szczotkowanie wraz z opłukiwaniem przyjętych porcji warzyw bądź ziemniaków,
- wysypywanie oczyszczonych warzyw korzeniowych bądź ziemniaków do podstawionego pojemnika,
- odprowadzanie zużytej wody wraz z zanieczyszczeniami do kanału ściekowego.

Maszyna do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków, której model przedstawia rys. 1, będzie wyposażona w obrotowy bęben zbudowany z 12 rzędów obracających się w jednym kierunku wałów szczotkowych. Każdy wał szczotkowy będzie zbudowany z trzech wymiennych, o różnej twardości włosia, walcowych szczotek. Twardość włosia szczotek będzie zmieniała się (zmniejszała) w kierunku od wejścia do wyjścia z bębna czyszczonego produktu. Dodatkowo wewnątrz tworzonego z obrotowych szczotek bębna będzie znajdowała się rura z zainstalowanymi dyszami rozpryskującymi ciśnieniowo wodę wspomagającą proces czyszczenia przez opłukiwanie i mycie czyszczonych produktów.

Będzie to maszyna stacjonarna, mogąca pracować samodzielnie lub jako moduł linii do czyszczenia, selekcji i porcjowania warzyw korzeniowych i ziemniaków. Zostanie ona wyposażona w dwa silniki elektryczne połączone z motorreduktorami z regulowaną prędkością obrotową. Jeden z silników będzie napędzał cały bęben szczotkowy, natomiast drugi, poprzez koło drabinkowe, wszystkie tworzące bęben wały szczotkowe (rys. 1).

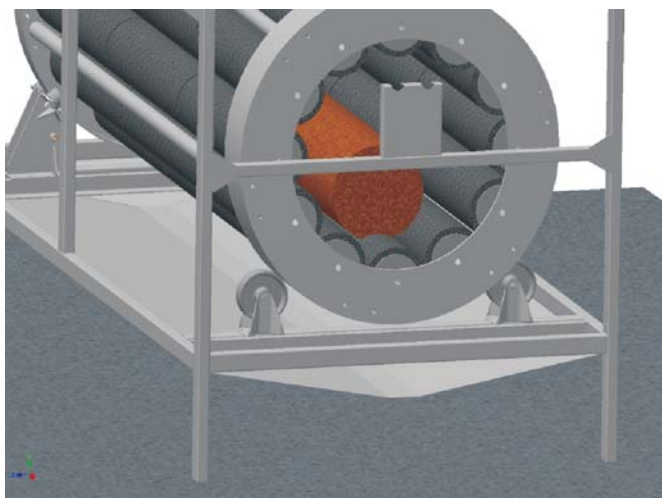


Rys. 1. Model strukturalny maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków. 1 - rama, 2 - bęben czyszczący, 3 - rynna spustowa, 4 - układ napędowy bębna, 5 - układ napędowy wałów szczotkowych, 6 - wał szczotkowy, 7 - rolka podporowa, 8 - rolka prowadząca

Fig. 1. Structural model of the machine for cleaning and polishing root vegetables and potatoes. 1 - frame, 2 - cleaning drum, 3 - discharge spout, 4 - cleaning drum drive system, 5 - brush shaft drive system, 6 - brush shaft, 7 - support roll, 8 - leading roll

### Analiza wyników badań

Maszyna do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków będzie pracować poprawnie wówczas, gdy warstwa czyszczonego materiału (warzywa, ziemniaki), która będzie przez nią przechodziła, będzie posiadała odpowiednią grubość. Grubość warstwy czyszczonego materiału w połączeniu z prędkością obrotową bębna bezpośrednio wpływa na wydajność pracy maszyny. Zbyt wysoka warstwa przemieszczających się, czyszczonych warzyw bądź ziemniaków będzie, bowiem utrudniać lub uniemożliwiać ich właściwe oczyszczenie i polerowanie.



Rys. 2. Model obliczeniowy maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw wraz z modelem ładunku  
Fig. 2: The computational model of the machine for cleaning and polishing vegetables along with the model of load

Grubość warstwy czyszczonych warzyw wpływa także na wartość naprężeń w elementach konstrukcji nośnej maszyny, a w szczególności w jej węzłowych punktach. Dla wyznaczenia maksymalnych wartości naprężeń w tych punktach opracowano więc wstępny wirtualny geometryczny model obliczeniowy CAD 3D maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków (rys. 2). Model ten posłużył do przeprowadzenia symulacji i analiz inżynierskich, które zostaną wykorzystane w trakcie dalszych prac konstrukcyjnych.

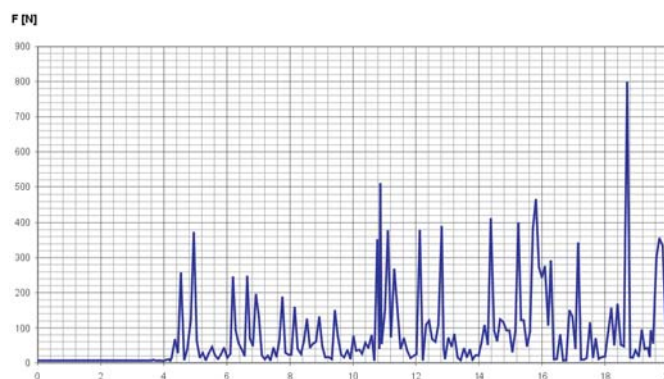
Model modyfikowano dla potrzeb przeprowadzenia analizy każdego z rozpatrywanych przypadków. Przez modyfikacje należy rozumieć np.: zmianę funkcji ruchu oraz zmianę zdefiniowanych relacji pomiędzy częściami. Wewnątrz bębna czyszczącego umieszczono walec symulujący ładunek. Walec ten posiada objętość i wagę maksymalnego ładunku warzyw, jaki może znajdować się wewnątrz maszyny. Bęben czyszczący opiera swoją masę na czterech rolkach o poziomej osi obrotu (rys. 2). Wszystkie cztery rolki powiązано z mocowaniami rolek w ramie za pomocą wiązań typu zawias. Każdej z rolek zadano wiązanie typu kontakt 3D z bębniem czyszczącym [1, 2].

Do modelu obliczeniowego globalnie przyłożono wektor siły grawitacji ( $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ). Masa konstrukcji została przez program komputerowy obliczona automatycznie na podstawie objętości zamodelowanej bryły oraz gęstości przypisanego do niej materiału.

Model obliczeniowy został poddany analizie z użyciem systemu Autodesk Inventor Professional 2013.

W wyniku przeprowadzonych symulacji uzyskano siły działające na rolki prowadzące bębna czyszczącego. Wyniki symulacji posłużą do analizy inżynierskiej mającej na celu określenie poprawności dobranych elementów konstrukcyjnych maszyny w zakresie przenoszenia obciążeń od elementów roboczych maszyny. W symulacji wyznaczono siły działające na elementy prowadzące bębna czyszczącego w trakcie pracy maszyny z maksymalnym ładunkiem i prędkością obrotową bębna równą  $7 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ .

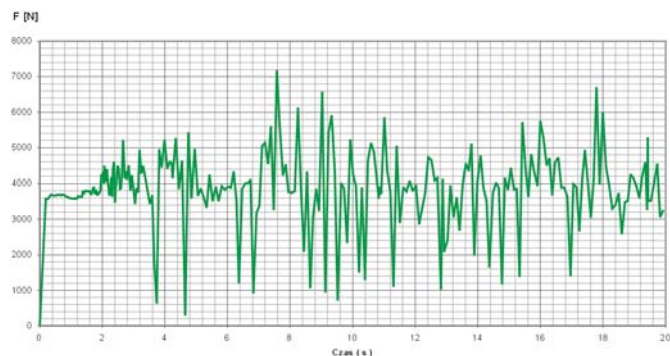
Na rys. 3 przedstawiono wykres przebiegu zmian sił wypadkowych działających na prawą rolkę ograniczającą ruch bębna czyszczącego wzdłuż jego osi obrotu. Wykres ten dotyczy jedynie rolki wewnętrznej uniemożliwiającej przesuwanie się bębna, wynikające z jego pochylenia o 1 stopień względem poziomu. Maksymalna siła, jaka działała na rolki wewnętrzne w trakcie pracy maszyny, wyniosła 80 daN.



Rys. 3. Wypadkowa siły działająca na prawą rolkę prowadzącą  
Fig. 3. The resultant force acting on the right guide roller

Na rys. 4 przedstawiono przebieg zmienności sił wypadkowych działających na prawą przednią rolkę podporową bębna czyszczącego. Siły te są uzależnione od ciężaru bębna czyszczącego wraz z ładunkiem. Dla przyjętych założeń konstrukcyjnych i eksploatacyjnych ich wartość w stanie spoczynku bębna kształtuje się w zakresie od 320 do 370 daN. Dla

pozostałych rolek podporowych wartości sił w tym etapie badań symulacyjnych posiadały podobne wartości.



Rys. 4. Wypadkowa siły działająca na prawą przednią rolkę podporową

Fig. 4. The resultant force acting on the right front support roll

Badania symulacyjne pokazały, że w czasie pracy maszyny występują krótkotrwałe wzrosty i spadki wartości sił działających na poszczególne rolki. Dla wszystkich czterech rolek wzrosty siły wypadkowej od bębna czyszczącego kształtowały się podobnie i wynosiły ponad 620 daN. W przypadku prawej przedniej rolki podporowej zaobserwowano wzrost siły wypadkowej do wartości 720 daN. Była to maksymalna wartość, jaką uzyskano w wyniku przeprowadzenia tej analizy symulacyjnej pracy projektowanej maszyny czyszczącej.

#### Podsumowanie i wnioski

Opracowano wstępny wirtualny model 3D maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków. Wirtualny model 3D posłużył do przeprowadzenia badań symulacyjnych i analiz inżynierskich, które zostaną wykorzystane w trakcie dalszych prac konstrukcyjnych. Na podstawie analizy wyników wspomnianych badań wyprowadzono następujące wnioski:

1. Badania symulacyjne pokazały, że w czasie pracy maszyny występują krótkotrwałe wzrosty i spadki wartości sił działających na poszczególne rolki podporowe. Dla wszystkich czterech rolek podporowych wzrosty siły wypadkowej od bębna czyszczącego kształtowały się podobnie i wynosiły ponad 620 daN. W przypadku prawej przedniej rolki podporowej zaobserwowano wzrost siły wypadkowej do wartości 720 daN. Była to maksymalna

wartość, jaką uzyskano w wyniku przeprowadzenia tej analizy symulacyjnej pracy projektowanej maszyny czyszczącej.

2. Zastosowane pierwotnie w modelu koła podporowe posiadały nośność na poziomie 450 daN na każdą rolkę. Średnia siła działająca na koło podporowe wyniosła, więc ok. 80% nośności. Jednak podczas pracy mogą występować okresowe wzrosty wartości siły dla poszczególnych kół podporowych przekraczające nośność podaną przez producenta, które w efekcie mogą doprowadzić do ich szybkiego zużycia. Z tego względu do budowy prototypu zastosowano koła podporowe bębna czyszczącego o większej nośności.
3. Opracowany model geometryczny 3D po dokonaniu niezbędnych, wynikłych z przeprowadzonych analiz symulacyjnych poprawek, stał się podstawą do opracowania szczegółowego wirtualnego modelu 3D maszyny, na podstawie którego wykonano jej techniczną dokumentację konstrukcyjną.

#### Bibliografia

- [1] Bohdziewicz J., Czachor G.: Wpływ obciążenia na przebieg odkształcenia warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, nr 1 (119), s. 85-91.
- [2] Gołacki K., Rowiński P.: Dynamiczne metody pomiaru własności mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agrophysica*, 2006, nr 8 (1), s. 69-82.
- [3] Kowalski J. i in.: Postęp naukowo-techniczny a racjonalna gospodarka energią w produkcji rolniczej. PTIR, Kraków, 2002.
- [4] Kurpaska S., Tabor S.: Energochłonność polowej produkcji niektórych warzyw korzeniowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, nr 11 (86), s. 269-276.
- [5] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1148/2001 z dnia 12 czerwca 2001 r. w sprawie kontroli zgodności norm handlowych mających zastosowanie do świeżych owoców i warzyw.
- [6] Tanaś W., Komlach D. I.: Badanie walcowego separatora czyszczącego w warunkach separacji mieszaniny technologicznej w procesie sortowania bulw ziemniaków. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, nr 2 (120), s. 235-244.
- [7] [www.wymasolutins.com](http://www.wymasolutins.com)
- [8] [www.haithindustrial.co.uk](http://www.haithindustrial.co.uk)
- [9] [www.Pro-vega.pl](http://www.Pro-vega.pl)

## GEOMETRICAL 3D MODEL OF THE MACHINE FOR CLEANING AND POLISHING ROOT VEGETABLES AND POTATOES

### Summary

Virtual geometrical CAD 3D model of the machine both for cleaning and polishing root vegetables and potatoes was performed. Next, simulations and engineering analyses of kinematic behaviours of the machine were made on this geometrical model. Achieved results will be used for carrying out a detailed model of the machine. Then it will be a base to draw up a technical specification of the machine in the course of further construction work.

**Key words:** 3D model, kinematic analysis, machine, cleaning, root vegetables

Pracę wykonano w ramach projektu celowego nr ROWIII253/2012 pn.: „Maszyna do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych i ziemniaków”, dofinansowanego w części obejmującej badania stosowane i prace rozwojowe przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT.