

inż. Kamil Panas
kamil1324@gmail.com
Politechnika Białostocka

Dr inż. Andrzej Łukaszewicz
a.lukaszewicz@pb.edu.pl
Politechnika Białostocka

INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO PROJEKTOWANIA LINII TECHNOLOGICZNEJ DO PAKOWANIA PRODUKTÓW Z UWZGLĘDNIENIEM ASPEKTÓW ERGONOMICZNYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono proces projektowania linii technologicznej do transportu i pakowania warzyw przy użyciu parametrycznego systemu 3D CAD - SolidWorks. Na podstawie obliczeń dobrano poszczególne podzespoły urządzenia, wykorzystano również rozwiązania konstrukcyjne dostępne na rynku. Zaprojektowane stanowisko, przeznaczone do montażu na platformie mobilnej, cechuje prosta konstrukcja. Składa się ona z przenośnika transportującego warzywa oraz ramy ułatwiającej pracownikom pakowanie produktów. W projekcie tym uwzględniono również aspekty ergonomiczne wykorzystując ruchome modele odwzorowujące posturę człowieka. Oprogramowanie SolidWorks pozwoliło na wykonanie trójwymiarowego modelu, przeprowadzenie analiz wytrzymałościowych oraz wykonanie dokumentacji technicznej i wizualizacji.

Słowa kluczowe: Projektowanie CAD, konstrukcje mechaniczne, linia technologiczna do pakowania, stanowisko ergonomiczne.

INNOVATIVE APPROACH TO DESIGN OF PACKAGING LINE INCLUDING ERGONOMIC ASPECTS

Summary: In this paper design process of packaging line using parametric 3D CAD system is shown. Designed station has simple and ergonomic structure. Station consists of modular conveyor and frame, which facilitates packing of vegetables. SolidWorks is used for making 3D model, stress analysis, technical documentation and visualization.

Keywords: Computer aided design, mechanical design, packaging line, ergonomomy.

1. WPROWADZENIE

Linia technologiczna, jako jeden ze sposobów organizacji procesu produkcji stanowi zespół stanowisk roboczych, na których poszczególne czynności związane z wytworzeniem produktu zostają uszeregowane w zależności od wykonywanego procesu technologicznego. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu wykonywanych czynności, co ma ogromne znaczenie przy produkcji masowej.

Podczas projektowania linii technologicznej niezwykle istotne jest odpowiednie zaplanowanie jej struktury. Szerokie zastosowanie znajdują przy tym systemy CAx. Główną zaletą projektowania przy użyciu systemów CAx jest znaczne skrócenie czasu opracowywania projektu. Poprawne wykonanie modelu 3D pozwala również na łatwe wprowadzanie niezbędnych zmian konstrukcyjnych. Możliwość wykonania analizy wytrzymałościowej, wizualizacji oraz dokumentacji technicznej na etapie projektowania pozwala na lepsze dostosowanie urządzenia do przyjętych założeń konstrukcyjnych.

2. OPIS PROJEKTU

Projekt ten jest odpowiedzią na potrzebę zorganizowania procesów transportu oraz pakowania, przeprowadzanych na platformie mobilnej do zbioru warzyw. Z tego względu jednym z założeń projektowych była określona przestrzeń robocza. Na stanowisku wykonywane będą następujące operacje:

- transport warzyw do stacji pakujących za pomocą przenośnika,
- selekcja jakościowa warzyw,
- pakowanie warzyw do kartonów przez pracowników.

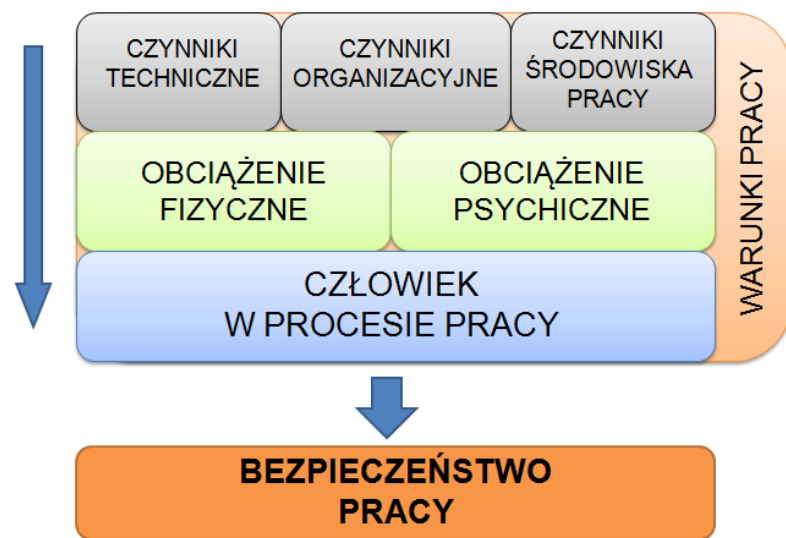
Z tego względu, projekt stanowiska jest złożeniem dwóch głównych członów - przenośnika, umożliwiającego automatyczny transport selerów na platformie oraz konstrukcji odpowiedzialnej za ułatwienie pracownikom pakowania warzyw do kartonów. Projekt stanowiska musi uwzględniać wiele czynników, m.in. środowisko pracy, bezpieczeństwo i ergonomię oraz łatwość montażu na maszynie [7].

Podczas prac projektowych określono założenia eksploatacyjne i konstrukcyjne (tab. 2.1), które warunkują dobór poszczególnych podzespołów urządzenia.

Tab. 2.1. Założenia projektowe

Założenia	
Eksploatacyjne	Konstrukcyjne
<ul style="list-style-type: none">– bezpieczeństwo pracy na stanowisku,– ergonomia pracy,– łatwe użytkowanie oraz naprawa,– obsługa przez 5 pracowników: 3 osoby pakujące warzywa i 2 osoby paletujące,– łatwość utrzymania w czystości.	<ul style="list-style-type: none">– wydajność przenośnika: 60 - 150 szt/min,– przestrzeń robocza: 2,5 m x 7 m,– modułowość oraz mobilność stanowiska,– proste wykonanie oraz łatwy montaż na maszynie,– użycie materiałów odpowiednich dla przemysłu spożywczego,– zastosowanie napędu elektrycznego przenośnika z możliwością regulacji obrotów.

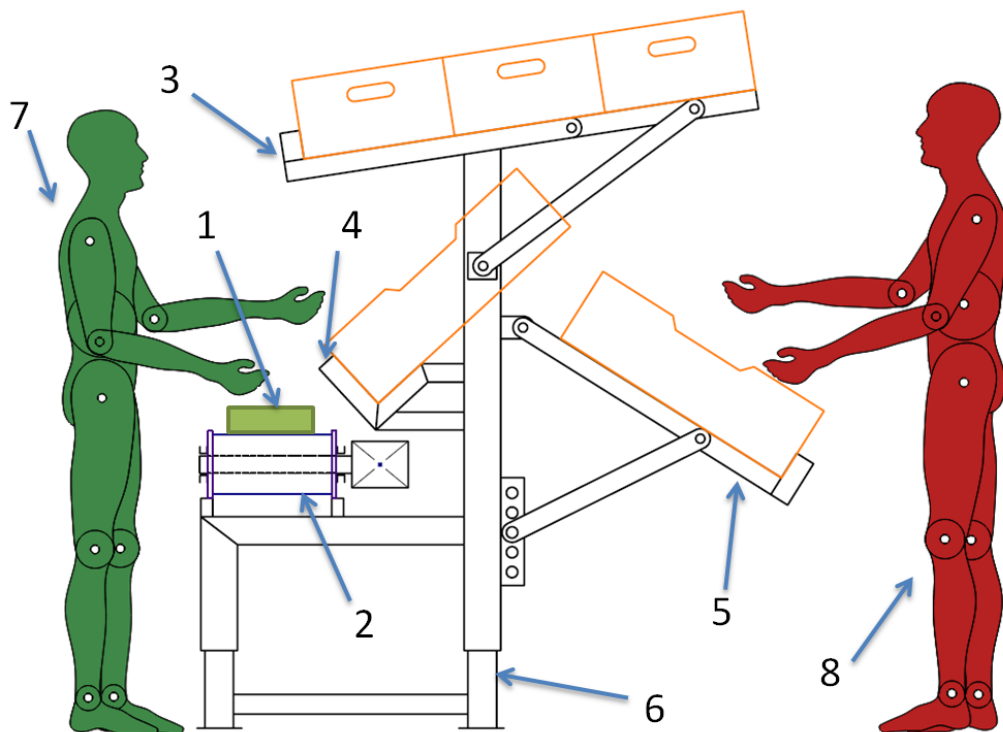
Jednym z głównych założeń konstrukcyjnych stanowiska jest wydajność przenośnika, oznaczająca ilość materiału, który w danej jednostce czasu zostanie przetransportowany. Granica ta wynika z tempa pracy pracowników odpowiedzialnych za pakowanie warzyw. Założenie to wymaga prawidłowego doboru napędu przenośnika - silnika elektrycznego z odpowiednim przełożeniem, oraz zapewnienia możliwości sterowania urządzeniem. Konstrukcja stanowiska musi być dostosowana do wymiarów, postawy oraz ruchów człowieka, w taki sposób, by nie sprawiała mu trudności podczas pracy. Umieszczenie stanowiska ma istotny wpływ na ergonomię pracy na maszynie. Swoim ustawieniem oraz budową konstrukcja nie powinna zajmować dużo miejsca, ze względu na ograniczoną jego ilość na platformie. Komfort oraz swoboda ruchów pracowników przekłada się na lepszą wydajność pracy. Celem projektowania jest więc stanowisko, które w optymalny sposób uwzględnia możliwości, ograniczenia oraz potrzeby operatora. Zależność pomiędzy warunkami pracy a bezpieczeństwem przedstawiona została na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Zależności między warunkami pracy a bezpieczeństwem [2]

3. KONCEPCJA STANOWISKA

Przed wykonaniem końcowego modelu 3D urządzenia, niezwykle istotne jest właściwe rozplanowanie jego struktury spełniającej wszystkie założenia konstrukcyjne. W tym celu wykonano wstępny schemat stanowiska, przedstawiony na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Schemat projektowanego stanowiska; 1 - produkt pakowany, 2 - przenośnik warzyw, 3 - przyborek pustych kartonów, 4 - konstrukcja ułatwiająca pakowanie, 5 - regulowane ramię podtrzymujące pełne kartony, 6 - podstawa stanowiska z możliwością regulacji wysokości, 7 - pracownik pakujący warzywa, 8 - pracownik odpowiedzialny za zestawienie kartonów na palety.

Istotną częścią stanowiska jest przenośnik, czyli urządzenie transportu bliskiego, przeznaczone do przemieszczania materiałów sypkich lub określonych ładunków, po określonym torze [1]. Istnieje wiele typów przenośników, dlatego niezwykle ważny jest odpowiedni wybór sposobu transportu, zarówno z punktu widzenia prawidłowości konstrukcji urządzenia, ekonomicznego zastosowania oraz późniejszej jego eksploatacji. Istotny wpływ na właściwy wybór przenośnika wywiera szereg czynników, takich jak:

- rodzaj i własności materiału transportowanego,
- warunki lokalne,
- możliwość odpowiedniego kształtowania pracy przenośnika,
- koszty nabycia i eksploatacji.

Założeniom konstrukcyjnym najlepiej odpowiadał przenośnik członowy (modułowy). Należy on do grupy przenośników cięgnowych. Materiał przemieszczany jest przy użyciu członów połączonych ze sobą w zamknięty obwód. Doskonale nadają się do transportu ładunków jednostkowych po zakrzywionym torze ruchu oraz są łatwe do utrzymania w czystości, co doskonale pasuje do warunków na platformie kombajnu do zbioru warzyw. Przykładowy przenośnik członowy ukazany został na rys. 3.2.



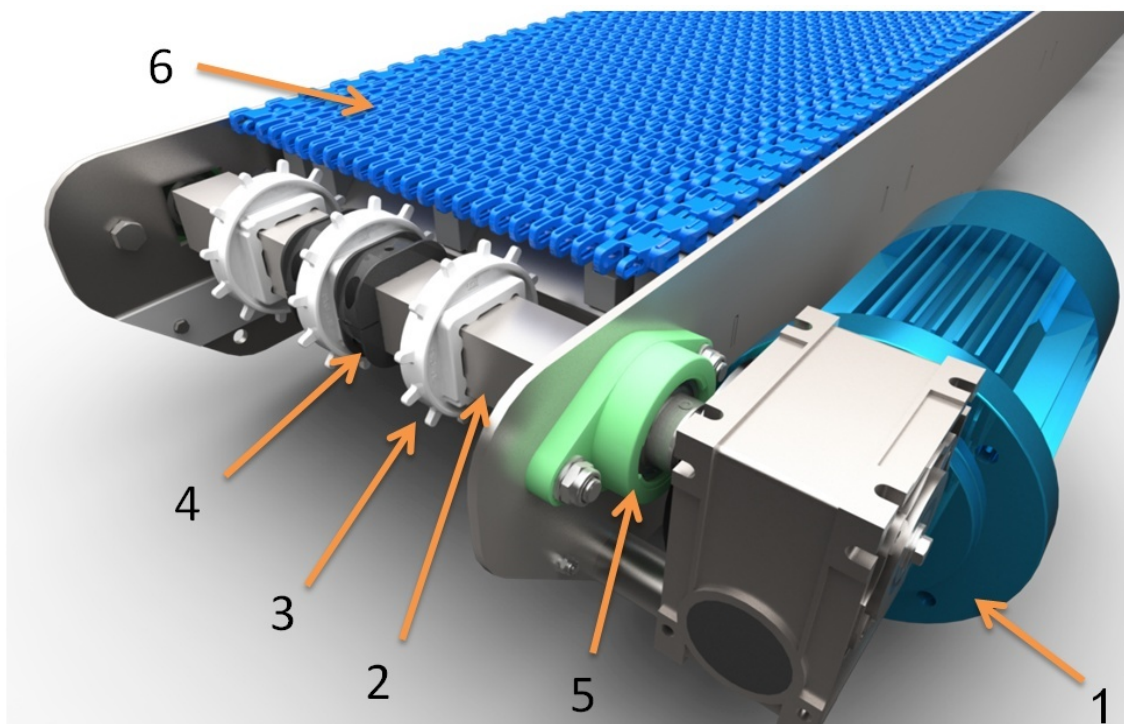
Rys. 3.2. Przykład przenośnika modułowego [8]

Zalety taśm modułowych:

- możliwość transportu produktów po łuku,
- dobre właściwości mechaniczne - człony wykonane z tworzywa sztucznego, odporne na warunki atmosferyczne oraz dobre właściwości ślizgowe,
- łatwość utrzymania czystości linii,
- możliwość użycia dodatkowego wyposażenia, m.in. zabieraki, ograniczniki boczne,
- możliwość łatwej wymiany uszkodzonych modułów,
- możliwe tworzenie taśm o różnej szerokości oraz długości.

Napęd projektowanego przenośnika stanowi silnik elektryczny - motoreduktor o odpowiedniej mocy i przełożeniu. Umiejscowiony jest on na jednym z końców przenośnika. Na drugim końcu umocowana jest rolka z tworzywa sztucznego, która pełni rolę nawrotną taśmy. Ruch taśmy przenośnika wywołany jest za pośrednictwem wału napędowego przez trzy koła zębate z tworzywa sztucznego zazębiające się z modułami taśmy. Ilość kół zębatych obliczona została na podstawie danych katalogowych. Środkowe koło zębate umocowane jest na wale poprzez pierścień zaciskowy, odbierający możliwość ruchu wzdłuż wału. Pozostałe koła zębate dopasowują swoją pozycję dzięki zazębieniu się z wgłębieniami taśmy. Dodatkowo

ruch taśmy na boki ograniczony jest przez zastosowane osłony obudowy przenośnika. Układ ten przedstawiony został na rys. 3.3.

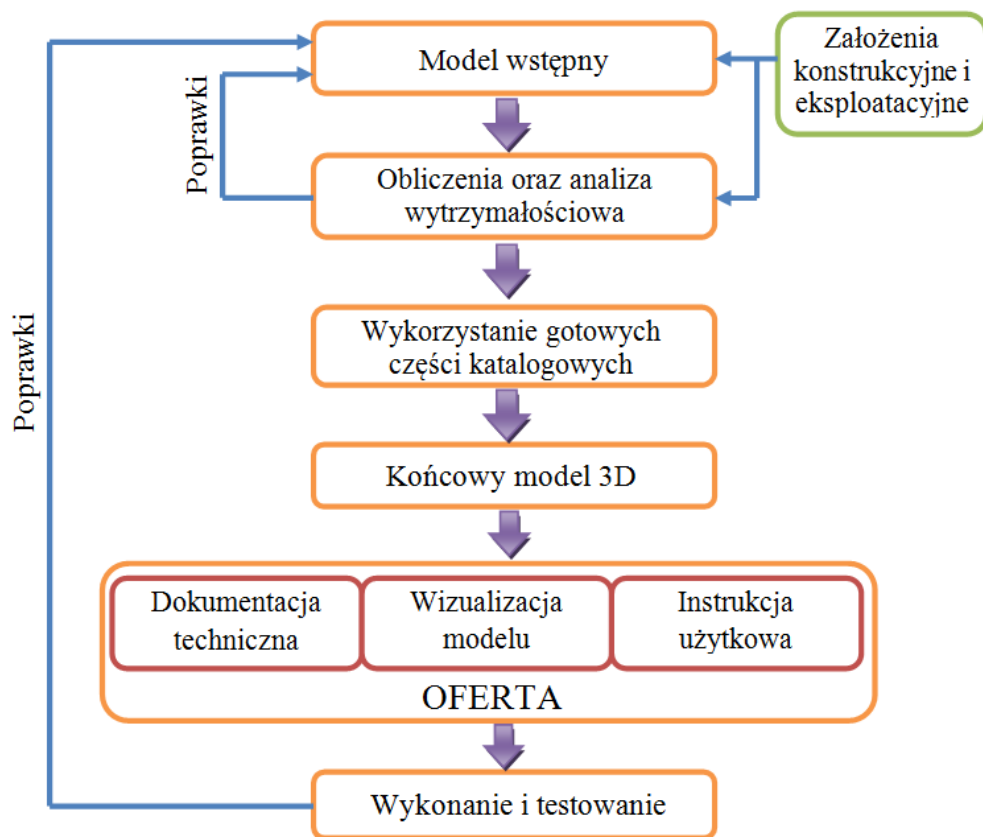


Rys. 3.3. Układ napędowy przenośnika: 1 - motoreduktor, 2 - wał napędowy, 3 - koło zębate, 4 - pierścień zaciskowy, 5 - łożysko, 6 - taśma na prowadnicach

4. PRZEBIEG PROCESU PROJEKTOWEGO

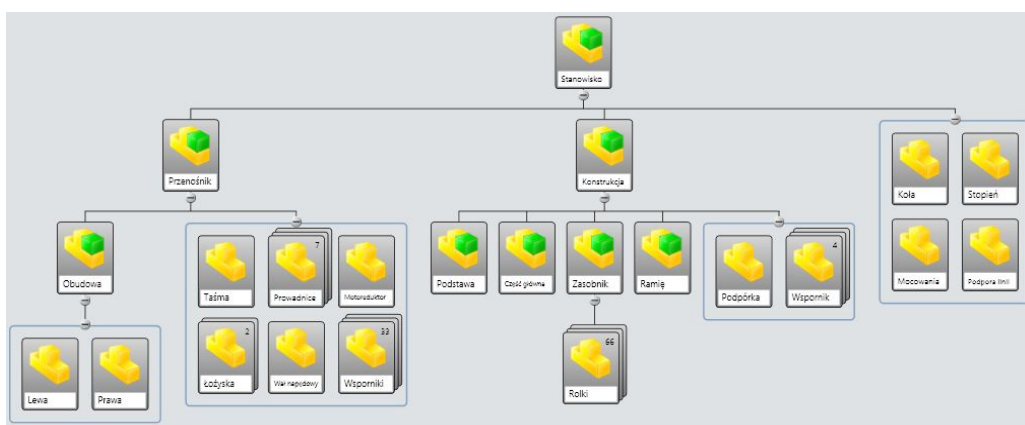
Wymagania stawiane konstruktorom zmuszają ich do szczegółowej analizy sposobów realizowania projektów, oraz wyboru najlepszej metody projektowania [4]. Proces projektowy wymagał utworzenia poprawnego oraz edytowalnego modelu 3D stanowiska. Jako główne narzędzie wspomagające proces opracowywania stanowiska do transportu i pakowania warzyw wykorzystano parametryczne oprogramowanie SolidWorks. Stosując różne techniki modelowania należało postępować w taki sposób, aby wykonanie nieuniknionych w procesie konstruowania modyfikacji, wymagało minimum zaangażowania [3].

Uproszczony przebieg prac projektowych ukazany został na 3.1. Przedstawiony schemat ukazuje, że proces projektowy jest procesem złożonym, wymagającym wprowadzania poprawek oraz ciągłego udoskonalania produktu. Projekt stanowiska, będący tematem pracy, wymagał opracowania wstępnej koncepcji, uwzględniającej wszystkie założenia konstrukcyjne i eksploatacyjne. Model wstępny uwzględniać musiał również ergonomiczne aspekty pracy na stanowisku. Odpowiednie obliczenia i analizy, posłużyły do doboru części katalogowych, m.in. motoreduktora, łożysk oraz komponentów taśmy modułowej.



Rys. 3.1. Schemat przebiegu prac projektowych

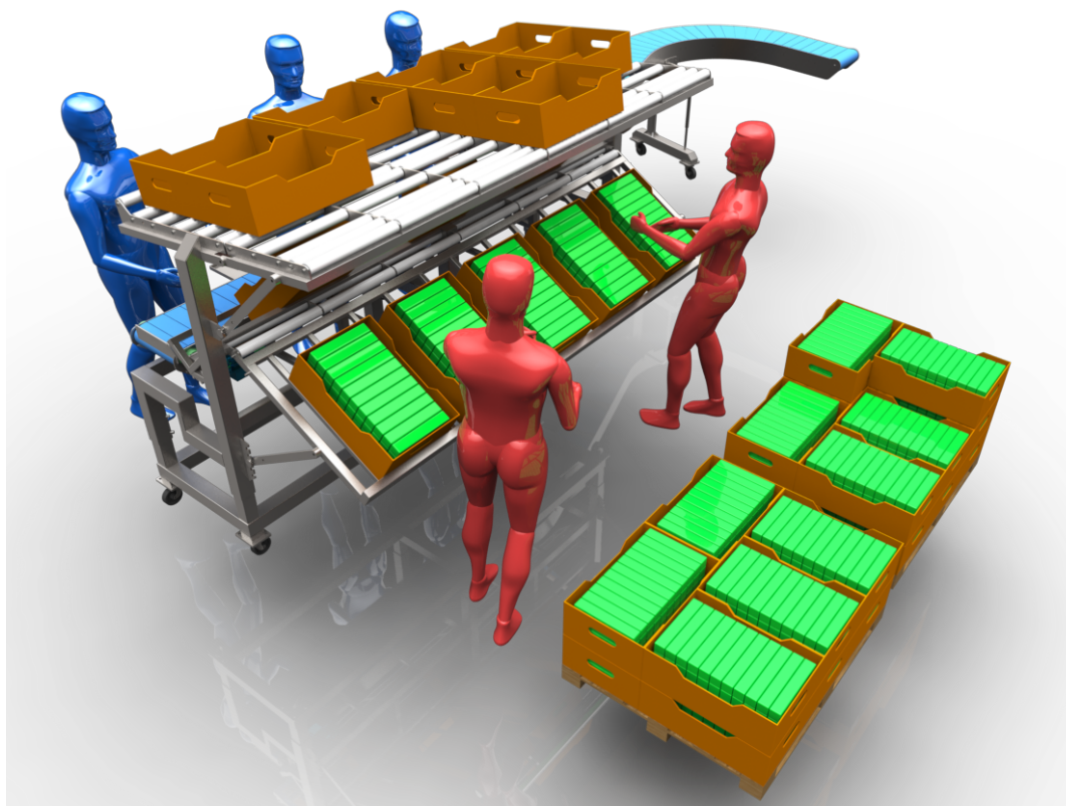
Model końcowy stanowiska złożony jest z wielu części i podzespołów, jako efekt powiązania wielu elementów geometrycznych. Wymaga to większej ilości danych, które muszą być załadowane i przeliczane w trakcie pracy, co prowadzi do zwiększonego wykorzystania zasobów pamięci komputera. Z tego względu, niezwykle istotne jest odpowiednie zaplanowanie struktury złożenia, którą przedstawić można w postaci schematu blokowego (rys. 3.2).



Rys. 3.2. Podział struktury złożenia projektowanego stanowiska

Projekt stanowiska podzielony został na podzespoły. Główne podzłożenia stanowią przenośnik warzyw oraz konstrukcja do pakowania. Po utworzeniu bazowych konstrukcji spawanych, stopniowo dodawano kolejne komponenty. Przy tworzeniu obudowy przenośnika korzystano z arkuszy blach, które przy użyciu odpowiednich operacji, zagięte są pod wymaganym kątem.

Model końcowy uwzględnia ergonomię pracy na stanowisku. Podstawa ramy ma regulowaną wysokość (możliwość podniesienia ramy o 230 mm) i ustalenia jej pozycji za pomocą śrub. Pracownicy mają również możliwość regulacji ramienia podtrzymującego pełne kartony. Pobieranie kartonów z zasobnika oraz przestawianie ich na drugą stronę ułatwiają rolki obrotowe. Do stanowiska dostawić można stopień podwyższający w razie zapotrzebowania. W celu sprawdzenia ergonomii projektowanej konstrukcji wykorzystano zaimportowany model człowieka (rys. 3.3).



Rys. 3.3. Wizualizacja pracy na stanowisku

4.1. PRZYGOTOWANA BIBLIOTEKI PROJEKTU

Biblioteki zintegrowane z oprogramowaniem CAD umożliwiają wykorzystanie istniejących bądź przygotowanych wcześniej części, operacji lub schematów. Pozwala to skrócić czas potrzebny do wykonania danego modelu 3D. Często wykorzystywane części handlowe, np. śruby, nakrętki, łożyska, nie wymagają ponownego modelowania, lecz tylko wybrania z gotowej listy i wstawienia do projektu. Poza istniejącymi zbiorami oferowanymi przez różnych producentów, istnieje również możliwość utworzenia własnej biblioteki, zawierającej przygotowane elementy. Poprawna i funkcjonalna biblioteka projektu pomaga zredukować ilość czasu oraz wykonywanej pracy oraz pozwala na szybki i łatwy dostęp do utworzonych plików części i złożeń [5].

Wykonany model stanowiska wymagał utworzenia biblioteki profili hutniczych na podstawie katalogu producenta. W tym celu, po stworzeniu własnego szkicu profilu i zapisaniu go jako plik biblioteki SolidWorks, określono „właściwości dostosowane”. Dzięki nim, podczas wykonywania dokumentacji, wymiary profilu automatycznie wyświetlane są na liście materiałów oraz liście elementów ciętych. Utworzone szkice profili prostokątnych wykorzystywano przy projektowaniu konstrukcji spawanych. Kolejną czynnością, wykonywaną podczas tworzenia

biblioteki projektu, był import dobranych części katalogowych, zapisanych w formatach neutralnych, m.in. motoreduktora, łożysk oraz komponentów taśmy modułowej.

4.2. WIZUALIZACJA WYKONANEGO MODELU 3D

Do wizualizacji projektu stanowiska do transportu i pakowania warzyw używano modułu PhotoView dostępnego z oprogramowaniem SolidWorks. Częściom nadano materiał, dobrano odpowiednią scenę oraz oświetlenie. Wizualizację utworzonego modelu stanowiska ukazano na rys. 4.2.1.



Rys. 4.2.1. Wizualizacja modelu 3D stanowiska

5. PODSUMOWANIE

Wykonanie projektu linii technologicznej wymagało spełnienia wielu założeń konstrukcyjnych oraz uwzględnienia zasad ergonomii pracy. Proces projektowy został znacznie ułatwiony poprzez wykorzystanie narzędzi CAx. Podstawowym narzędziem przy wykonywaniu projektu było oprogramowanie 3D CAD - SolidWorks. Przy użyciu różnych technik modelowania wstępna koncepcja stanowiska przekształcona została na model 3D przy wykorzystaniu własnej biblioteki projektu. Główną zaletą projektowania przy użyciu systemów CAD jest znaczne skrócenie czasu opracowywania projektu. Poprawne wykonanie modelu 3D pozwala również na łatwe wprowadzanie niezbędnych zmian konstrukcyjnych [6]. Możliwość wykonania analizy wytrzymałościowej, wizualizacji oraz dokumentacji technicznej na etapie projektowania pozwala na lepsze dostosowanie urządzenia do przyjętych założeń konstrukcyjnych.

LITERATURA

1. Goździecki M., Świątkiewicz H., *Przenośniki*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1979.
2. Kawecka-Endler A., Mrugalska B., *Praktyczne aspekty projektowania ergonomicznego w budowie maszyn*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
3. Wełyczko A., *CATIA V5. Przykłady efektywnego zastosowania systemu w projektowaniu mechanicznym*. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2005.
4. Panas K., Łukaszewicz A., *Effective work in design of new product in MCAD systems*. Machine Dynamics Research, Vol. 37, nr 3 (2013), s. 45-52.
5. Panas K., Jabłoński M., Łukaszewicz A., *Personalizacja środowiska pracy w parametrycznych systemach 3D CAD*. Komputerowe wspomaganie nauki i techniki: CAX'2013, X Warsztaty naukowe, Bydgoszcz 2013.
6. Panas K., Łukaszewicz A., *Effective work tools in new product designing in parametric CAD systems*, W: "Computer aided designing, engineering, manufacturing and data analysis: Selected problems", (ed. T. Jachowicz, M. Kłonica), 2013, s. 122-132;
7. Panas K., *Zastosowanie narzędzi CAX do opracowania projektu stanowiska do transportu i pakowania warzyw*, praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Białostocka, Białystok 2014
8. www.haberkorn.pl

Niniejsza artykuł został wykonany w ramach pracy S/WM/1/2013 realizowanej w Politechnice Białostockiej.