

Komputerowy manekin 3D

Zakład Mechaniki i Budowy Maszyn IMBiGS wielokrotnie uczestniczył w projektowaniu nowych stanowisk operatorów dla różnych maszyn i urządzeń, gdzie ergonomia i bezpieczeństwo użytkownika mają duże znaczenie. Podczas prac projektowych wykorzystywano tradycyjne metody począwszy od dokumentacji konstrukcyjnej, poprzez model, kończąc na prototypie. Obecnie do tego celu wykorzystywany jest manekin 3D.

Koszty budowy prototypów stanowią sporą część nakładów badawczych koniecznych do zaprojektowania nowego urządzenia. Z tego względu nowym trendem jest zastępowanie kolejnych wersji prototypów technikami symulacji komputerowej.

Niewątpliwą zaletą zastosowania projektowania komputerowego jest skrócenie czasu projektowania i ograniczenie kosztów. Rozwój technik inżynierskich spowodował, że większość firm projektowych wykorzystuje już oprogramowanie 3D. Aby nadążyć za ich wymaganiami w zakresie badań, rozpoczęto w IMBiGS prace mające na celu stworzenie komputerowego modelu manekina.

Wykorzystanie go podczas projektowania pod kątem spełnienia wymagań ergonomicznych i funkcjonalności projektowanych elementów wymagało znajomości wymiarów człowieka, zwanych wymiarami antropometrycznymi. Ich zastosowanie umożliwia ustalenie wielkości przestrzeni pracy, adekwatnych rozmiarów powierzchni pracy i jej wysokości, rozmiarów siedzisk i urządzeń pracowniczych oraz optymalne rozmieszczenie wymienionych elementów, urządzeń sygnalizacyjnych i sterowniczych względem siebie i względem użytkownika.

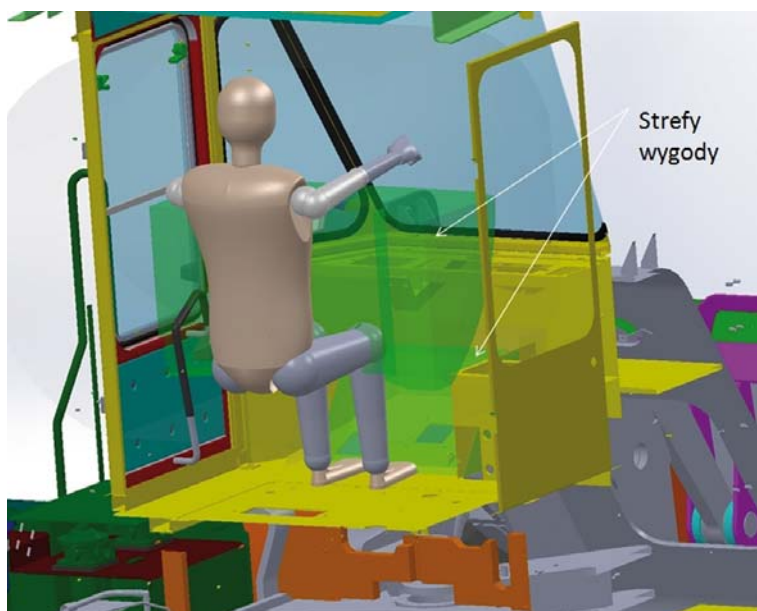
Rozkład częstości cech antropometrycznych zwykle przybiera postać rozkładu Gaussa. Dlatego też, w przy-

padku, gdy nie ma możliwości projektowania dla 100% populacji, przy projektowaniu miejsca pracy zaleca się przyjęcie jako granicznych wartości cech odpowiadających 5 i 95 centylowi.

Polska norma PN-ISO 3411:1999 – „Maszyny do robót ziemnych – Wymiary ciała operatora oraz wymiary minimalnej przestrzeni wokół operatora” szczegółowo określa wymiary operatora maszyn. Wprowadza ona określenia operatora niskiego, średniego i wysokiego, co ma reprezentować odpowiednio 5, 50 i 95 centyl populacji.

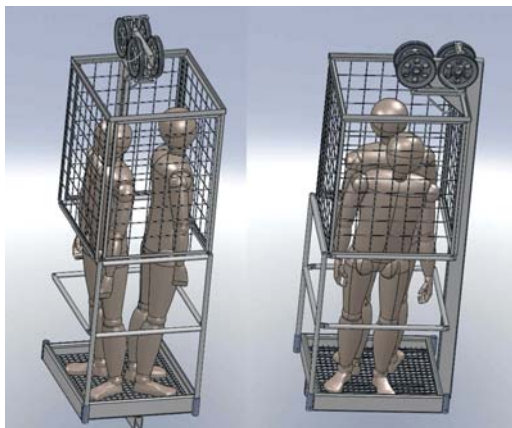
Do pełnego zdefiniowania manekina 3D należałoby stworzyć tabelę konfiguracji zawierającą wszystkie wymiary przedstawione w normie. W naszym przypadku przyjęto uproszczenie w budowie manekina, skupiając się na podstawowych częściach ciała ludzkiego wg następującego schematu: głowa, korpus, ramię, przedramię, dłoń, udo, gołeń i stopa. W tym przypadku, przed zbudowaniem manekina trzeba zdefiniować wyłącznie długości kończyn, wymiary tułowia i głowy.

Dodatkowe uproszczenie polega na wykorzystaniu tych samych elementów zarówno po prawej, jak i po lewej stronie tułowia – z wyłączeniem dłoni. Pozwala to na uproszczenie konstrukcji i tabeli konfiguracji, dzięki czemu łatwiejsze staje się wybieranie pomiędzy wysokim, średnim a niskim manekinem. Przy tych założeniach oraz wykorzystaniu pakietu SolidWorks



Rys. IMBiGS

Manekin pozwala na określenie najwygodniejszej pozycji dla operatora oraz stref, w których powinny znaleźć się elementy sterownicze ręczne i nożne



Rys. IMBiGS

Przeprowadzone badania i symulacje z manekinami 3D doprowadziły do określenia przestrzeni niezbędnej do swobodnego przebywania na pomoście jednocześnie dwóch osób

powstał parametryczny model manekina 3D reprezentujący odpowiednio 5, 50 i 95 centyl populacji.

Na podstawie jednego manekina można wykonać wiele wariantów, w zależności od tego, do jakich badań będą one wykorzystywane. Np. podczas projektowania placu zabaw dla dzieci, można użyć konfiguracji odpowiadającej wymiarom dziecka do lat 12.

Do badań wykorzystano trójwymiarowy model ładowarki kołowej Ł 534, produkowanej w HSW S.A. w Stalowej Woli. Pierwszym etapem badań było określenie minimalnej przestrzeni roboczej, zgodnie z normą PN-ISO 3411:1999.

Po sprawdzeniu poprawności wykonania kabiny pod tym względem, zajęto się określeniem miejsc poprawnego rozmieszczenia elementów sterowniczych. Do badania tego wykorzystano strefy zasięgu i wygody określone przez Polską normę PN-EN ISO 6682:2009 „Maszyny do robót ziemnych – Strefy wygody i zasięgu w odniesieniu do elementów sterowniczych. Badanie takie polega na określeniu współrzędnych przez bezpośredni pomiar w modelu lub na maszynie. Na potrzeby Zakładu

Mechaniki i Budowy Maszyn IMBiGS stworzony został trójwymiarowy model stref zasięgu i wygody, bezpośrednio związany z manekinem. Ułatwia to przeprowadzenie badań, pozwala na określenie najwygodniejszej pozycji dla operatora i elementów sterowniczych. Podsumowując, w wyniku prac:

- powstał trójwymiarowy parametryczny model manekina 3D spełniający wymagania normy PN-ISO 3411:1999 – „Maszyny do robót ziemnych – Wymiary ciała operatora oraz wymiary minimalnej przestrzeni wokół operatora”;
- przeprowadzono badania kabiny ładowarki Ł 534, w wyniku których analizowano poprawność ustawienia przestrzeni roboczej, oraz określono strefy, w których powinny znajdować się elementy sterownicze;
- stwierdzono możliwość zastosowania manekina do projektowania innych urządzeń – np. pomostu roboczego.

Opracowany model manekina 3D może mieć szerokie zastosowanie w cyfrowym procesie projektowania różnorodnych maszyn roboczych.

Jego zastosowanie znacznie ograniczy koszty prac projektowych oraz istotnie skróci czas projektowania. ■

dr inż. Mirosław Chłosta
mgr inż. Krzysztof Chojnacki

Literatura

1. Winkler T., Komputerowe wspomaganie projektowanie systemów antropotechnicznych. WNT, Warszawa, 2005
2. Dudczak A., Koparki – teoria i projektowanie. PWN, 2000
3. Chojnacki K., Łapczyński L., Komputerowe manekiny i płaskie modele ciała człowieka – Etap III i IV Wykonanie parametrycznego manekina 3D, wykonanie prób i badań
4. Normy przedmiotowe:
 - a. PN-EN ISO 3164:2009. Maszyny do robót ziemnych – Laboratoryjna ocena konstrukcji chroniących operatora – Wymagania dotyczące przestrzeni chronionej
 - b. PN-EN ISO 3411:2007. Maszyny do robót ziemnych – Wymiary operatorów i minimalna przestrzeń wokół operatora
 - c. PN-EN ISO 6682:2009. Maszyny do robót ziemnych – Strefy wygody i zasięgu w odniesieniu do elementów sterowniczych
 - d. PN-ISO 5006-2:1997 Maszyny do robót ziemnych – Widoczność ze stanowiska operatora – Metoda oceny
 - e. PN-ISO 5006-3:1997. Maszyny do robót ziemnych – Widoczność ze stanowiska operatora – Kryteria
 - f. PN-ISO 7095:1996. Maszyny do robót ziemnych – Ciągniki i ładowarki gąsienicowe – Elementy sterownicze
 - g. PN-ISO 10968:2000. Maszyny do robót ziemnych – Elementy sterownicze dla operatora
 - h. PN-EN ISO 15536-1. Ergonomia – Komputerowe manekiny i płaskie modele ciała człowieka – Część 1: Wymagania ogólne
 - i. PN-EN ISO 15536-2. Ergonomia – Komputerowe manekiny i płaskie modele ciała człowieka – Część 2: Sprawdzenie funkcji i walidacja wymiarów w przypadku stosowania systemów komputerowych do tworzenia manekinów