

Krzysztof KRUKOWSKI, Studenckie Koło Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

PROJEKT KONSTRUKCJI REHABILITACYJNEGO STOŁU PIONIZACYJNEGO

Streszczenie. Praca przedstawia projekt konstrukcji stołu pionizacyjnego wykonany dla firmy zajmującej się produkcją sprzętu rehabilitacyjnego „Technomex”. Stół ten musiał spełniać szereg wymagań funkcjonalnych. Kolejnymi krokami na etapie wykonania projektu było zapoznanie się z problemem pionizacji, zapoznanie z istniejącymi na rynku rozwiązaniami konstrukcyjnymi stołów pionizacyjnych, wykonanie własnej konstrukcji poprzez modelowanie 3D i wykonanie analizy wytrzymałościowej.

1. WSTĘP

Jedną z największych grup osób niepełnosprawnych fizycznie to osoby o znaczącej dysfunkcji układu lokomocyjnego. Przyczynami takiego stopnia niepełnosprawności mogą być między innymi.: udar mózgu, dziecięce porażenie mózgowe czy też urazy kręgosłupa. U takich pacjentów bardzo często występują zaburzenia wielu funkcji: zmiany zwyrodnieniowe w układzie sercowo-naczyniowym, zespół niedociśnienia ortostatycznego, zastoje żyłne, zwiększenie ryzyka powstania choroby wieńcowej, wzrost ciężaru ciała, zaburzenie wymiany gazowej, wzmożenie ryzyka wystąpienia odmy czy zapalenia płuc, osteoporoza, zaniki mięśniowe z przykurczami wielostawowymi, złamania patologiczne kości długich, zmniejszenie zdolności do samodzielnego funkcjonowania, odleżyny, zwiększenie stresu w wyniku podejmowania aktywności życiowych pogłębiających zaburzenia. Dlatego też aby zapobiegać powstawaniu tych dysfunkcji stosuje się urządzenia do pionizacji, dzięki którym można:

- korygować niewłaściwą postawę lub deformację układu lokomotorycznego,
- ograniczyć odruchy motoryczno-patologiczne i stworzyć warunki do lepszej kontroli ruchów mimowolnych,
- ułatwić aktywność wzrokową i komunikację słowną,
- usprawnić oddychanie i krążenie,
- ułatwić odżywianie, utrzymanie higieny osobistej i transport chorego [1, 2, 3]

Obecnie na rynku jest duży wybór urządzeń do pionizacji. Ich głównego podziału na urządzenia statyczne, dynamiczne i mobilne dokonuje się na podstawie oceny ruchliwości urządzenia i wykorzystywanej podczas niej siły mięśni osoby niepełnosprawnej. Do statycznych urządzeń pionizacyjnych zaliczyć można: stoły pionizacyjne, łóżka pionizacyjne, i pionizatory stacjonarne. W każdym z tych urządzeń zpionizowany niepełnosprawny nie ma możliwości przemieszczania się o własnych siłach. Przykładami dynamicznych urządzeń pionizacyjnych są wszelkiego rodzaju parapodia dynamiczne. Umożliwiają one osobie niepełnosprawnej poruszanie się bez pomocy rehabilitanta.

2. WYKONANIE MODELU ZAPROJEKTOWANEJ KONSTRUKCJI STOŁU PIONIZACYJNEGO

2.1. Wymagania które powinna spełniać konstrukcja

Oprócz standardowych wymagań stawianych stołom rehabilitacyjnym, konstrukcja powinna spełniać szereg wymogów dodatkowych:

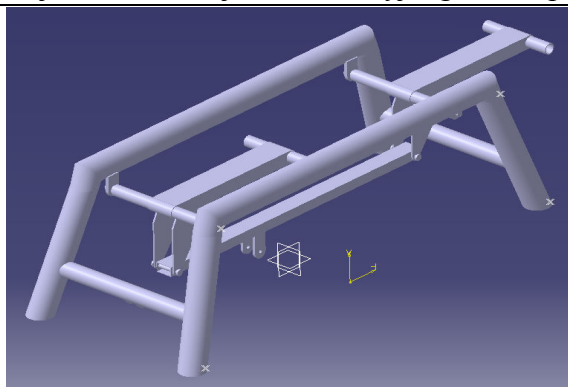
- konstrukcja powinna zapewniać możliwość regulacji wysokości leżyska przy zachowaniu jego pozycji poziomej,
- konstrukcja powinna zapewniać możliwość pionizacji leżyska w zakresie $0-87^{\circ}$,
- design wykonanego modelu powinien być maksymalnie zbliżony do pozostałych urządzeń wykonywanych przez firmę „Technomex”,
- wysokość leżyska powinna zostać zminimalizowana przy jednoczesnym zachowaniu w/w wymagań.

2.1. Rozwiązania konstrukcyjne ruchomych elementów stołu pionizacyjnego

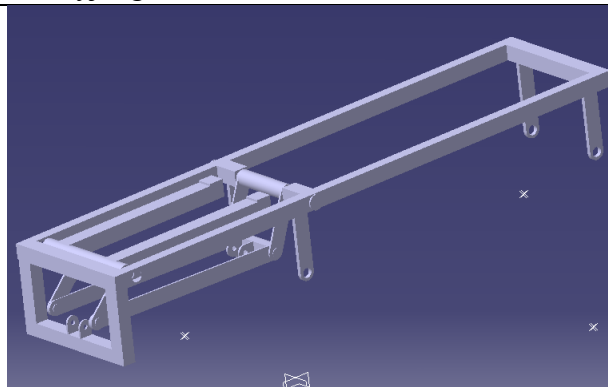
W zaprojektowanej konstrukcji stołu wyróżnić można dwa podstawowe mechanizmy. Pierwszy z nich realizuje ruch podnoszenia i opuszczania leżyska w pozycji poziomej. Mechanizm ten został w znacznym stopniu odwzorowany z istniejącej konstrukcji stołu rehabilitacyjnego „OPAL” firmy „Technomex”. Takie posunięcie umożliwiło zachowanie pewnych charakterystycznych cech podstawy stołu (dzięki temu już na pierwszy rzut oka będzie on identyfikowany ze swym wytwórcą) i ograniczenie kosztów jego produkcji poprzez zastosowanie sprawdzonego rozwiązania od lat seryjnie produkowanego przez firmę „Technomex”. Mechanizm unoszenia leża przedstawiony jest na rys. nr 1.

Zastosowanie drugiego mechanizmu – mechanizmu pionizacyjnego – w projektowanym stole jest nowym, oryginalnym rozwiązaniem. Mechanizm ten, jak i poprzedni, wykorzystuje działanie siłownika elektrycznego, którego ruch przenoszony poprzez połączony układ elementów realizuje proces pionizacji leża. Dla zapewnienia bezpieczeństwa pionizacja może zostać wykonana tylko wtedy gdy leże stołu znajduje się w najniższym położeniu. Pionizowanym elementem konstrukcji jest „rama większa” którą można zaobserwować na rys. nr3. Siłownik jest przymocowany do „ramy mniejszej” która w procesie pionizacji jest elementem nieruchomym. Mechanizm pionizacyjny („rama mniejsza” z uchwytem na siłownik oraz układ elementów realizujących przeniesienie ruchu siłownika bezpośrednio na „ramę większą”) przedstawia rys. nr 2.

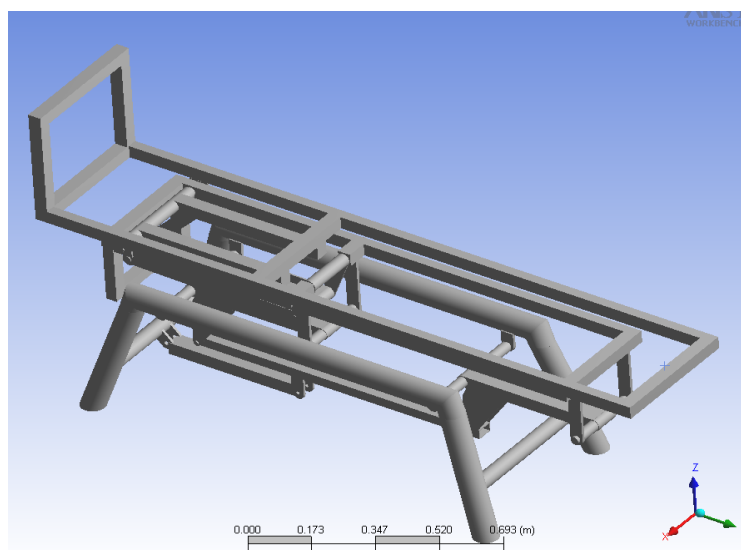
Jednym z najtrudniejszych kroków na etapie modelowania było połączenie pracy obu tych mechanizmów w jednej konstrukcji rehabilitacyjnego stołu pionizacyjnego. Ostateczny model całej konstrukcji przedstawia rys. nr 3.



Rys.1. Mechanizm unoszenia leża



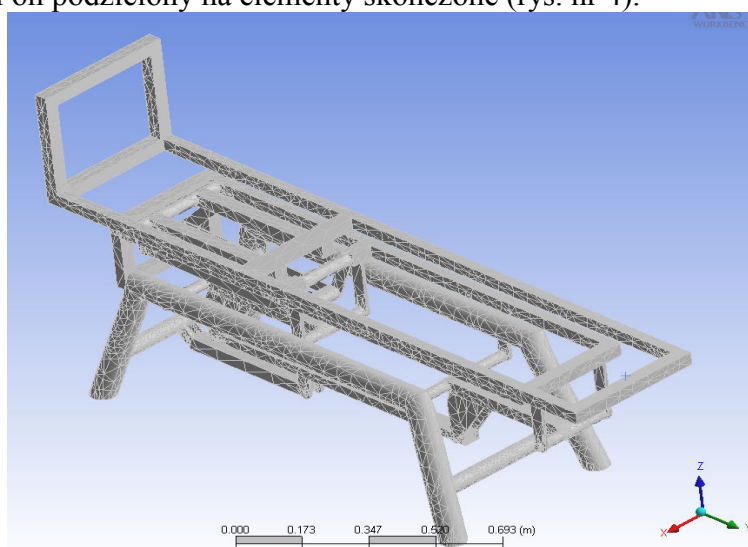
Rys.2. Mechanizm pionizowania leża



Rys.3. Model stołu pionizacyjnego

3. PRZEPROWADZENIE ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ ZAPROJEKTOWANEJ KONSTRUKCJI

W celu zweryfikowania zaprojektowanej konstrukcji przeprowadzono, w środowisku ANSYS, analizę wytrzymałościową. Modelowi nadane zostały cechy materiałowe, a następnie został on podzielony na elementy skończone (rys. nr 4).



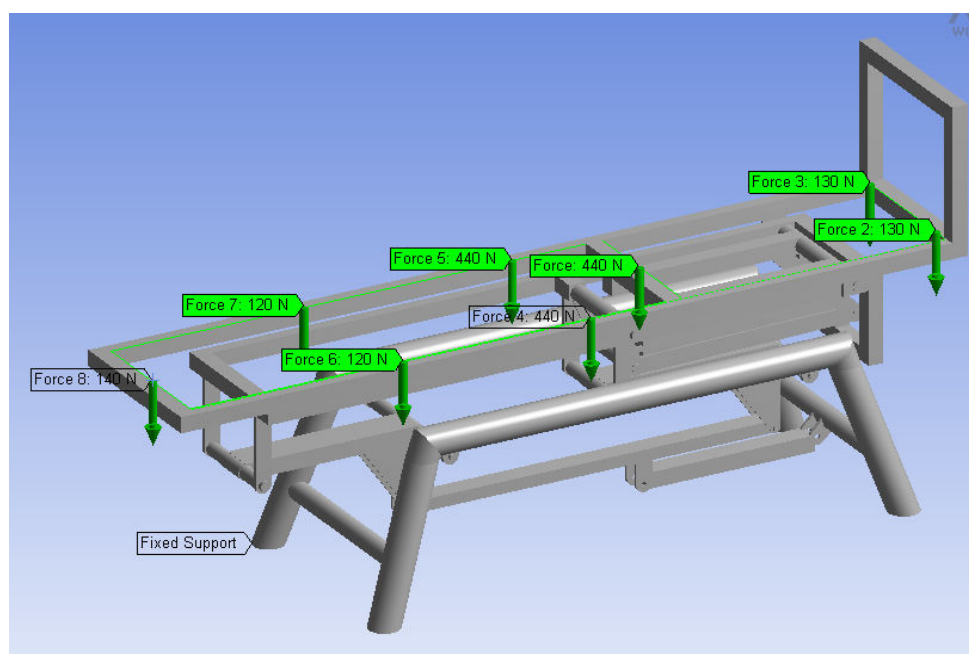
Rys.4 Model stołu pionizacyjnego podzielony na elementy skończone

3.2. Warunki brzegowe

Do wykonania analizy jako wstępne założenia wykorzystane zostały podpory stałe (Fixed Support) odbierające wszystkie stopnie swobody stołu na powierzchniach stykających się z podłożem (Rys.nr5).

Siły obciążające model wyznaczone zostały na podstawie ciężarów poszczególnych części ciała człowieka o przyjętej wadze 200 kg. Ciężary segmentów ciała wyznaczone zostały przy zastosowaniu współczynników Dempstera. Kolejne siły odpowiadające poszczególnym segmentom ciała to odpowiednio (Rys. nr 5):

- siły F2 i F3 odpowiadają sumie ciężarów stopy i podudzia kończyny dolnej (130 N),
- siły F1, F4 i F5 odpowiadają ciężarom ud i tułowia (440 N),
- siły F6 i F7 odpowiadają ciężarom kończyn górnych (120 N),
- siła F8 odpowiada ciężarowi głowy (140 N).

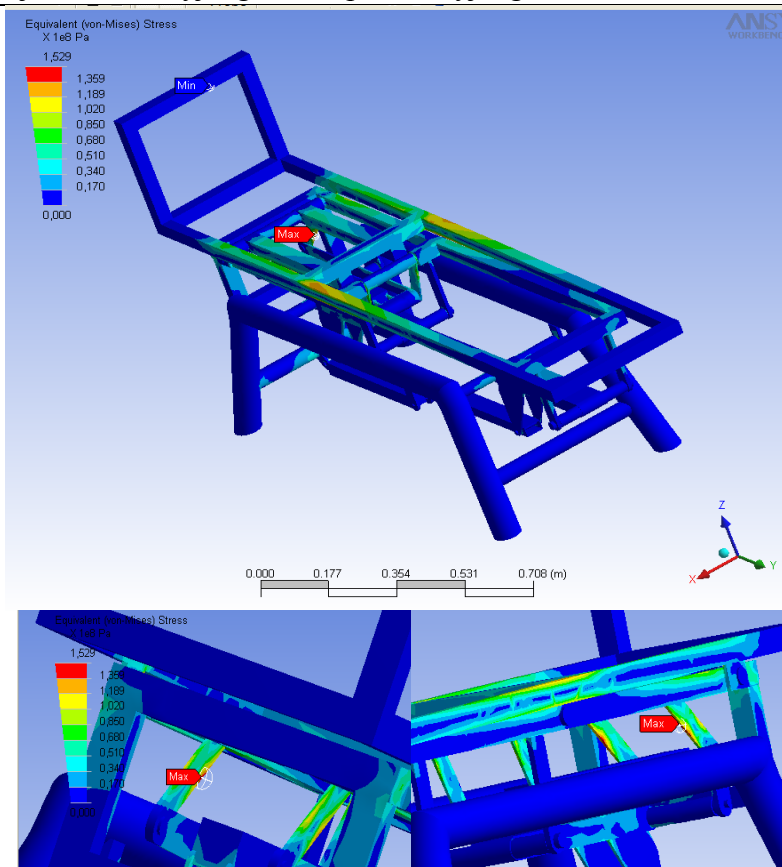


Rys.5 Rozkład sił i podpór zdefiniowanych w programie ANSYS

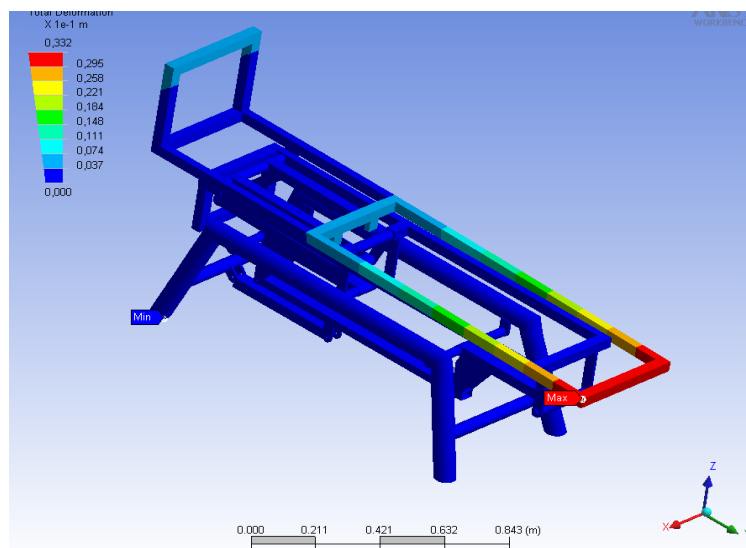
3.3. Wyniki analizy wytrzymałościowej

Za pomocą programu ANSYS wyznaczone zostały naprężenia i przemieszczenia konstrukcji wywołane poprzez zdefiniowane warunki brzegowe. Rys. nr 6 przedstawia naprężenia konstrukcji, natomiast rys. nr 7 obrazuje przemieszczenia.

Wyniki otrzymane po przeprowadzonej analizie to odpowiednio: maksymalne naprężenie o wartości 152,9 MPa występujące na jednym z elementów mechanizmu pionizującego i przemieszczenie o maksymalnej wartości 33 mm.



Rys.6. Naprężenia otrzymane po wykonanej analizie i zbliżenie widoku naprężeń maksymalnych



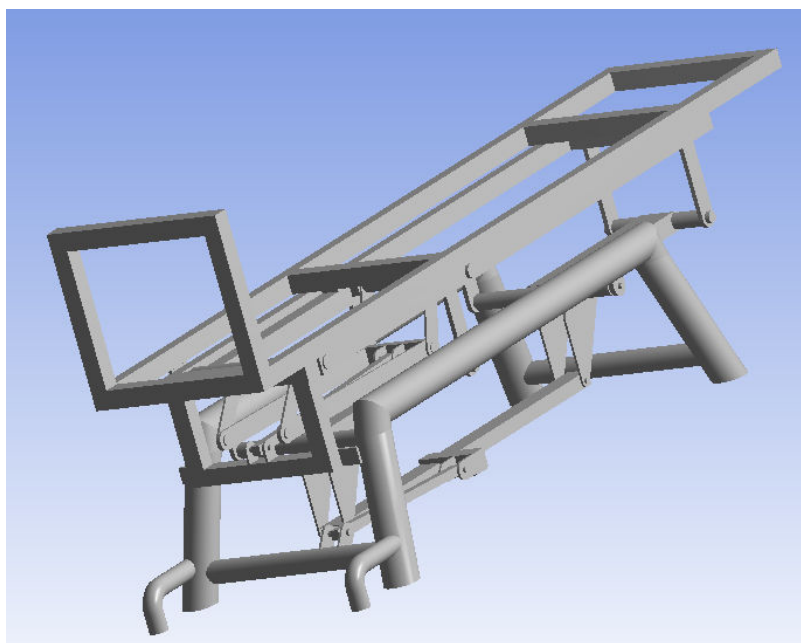
Rys.7. Przemieszczenia otrzymane po wykonanej analizie

3. PODSUMOWANIE

Porównując naprężenie otrzymane poprzez analizę wytrzymałościową (maksymalne 152,9 MPa), przy obciążeniu stołu ciężarem ok. 200 kg, z wartością określającą granicę sprężystości (ok. 250 MPa) można wnioskować, iż takie statyczne obciążenie nie powinno

doprowadzić do trwałych zmian konstrukcyjnych. Największe naprężenia pojawiają się na elementach mechanizmu pionizującego gdyż jest on bezpośrednio związany z „ramą większą” na którą przyłożone zostały siły. Dość duże maksymalne przemieszczenie rzędu 33 mm powstałe na przedniej części „ramy większej” stołu można uzasadnić długością tego elementu i brakiem jakiegokolwiek punktu podpory na jego przedniej części. Minimalizacja powstałych przemieszczeń możliwa jest poprzez dodanie do „ramy większej”, w jej przedniej części, belki wspierającej (Rys. nr 8).

W chwili obecnej prototyp stołu jest wykonywany w firmie „Technomex”. Po wykonaniu zostanie on poddany badaniom doświadczalnym w celu weryfikacji otrzymanych wyników. Do ostatecznej konstrukcji dodane zostaną elementy polepszające stateczność stołu przy procesie pionizacji, zminimalizowana zostanie również jego wysokość. Przykład zastosowania tych rozwiązań przedstawione są na rys. nr 8.



Rys.8. Model stołu pionizacyjnego uwzględniający minimalizację wysokości leża

LITERATURA

- [1] Marciniak J, Szewczenko A.: Sprzęt szpitalny i rehabilitacyjny. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2003.
- [2] Nałęcz M.: Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna. Warszawa: Akademicka oficyna wydawnicza Exit, 2004.
- [3] Tejszerska D, Świtoński E.: Biomechanika inżynierska. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.

THE DESIGN OF STATIC PARAPODIUM

Summary. The design of the construction of the static parapodium, prepared for the TECHNOMEX company, is presented in the paper. The design had to meet many functional demands imposed by this company. During designing process it was necessary to acquaint with the existing constructions, design the new one and perform stress and strain analysis.