

MODELLING AND COMPUTER ANALYSIS OF SUPERSTRUCTURE FRAME STRENGTH OF PROTOTYPE PNEUMATIC SEED DRILL ADAPTED FOR PRECISION AGRICULTURE

Summary

The calculation model of the pneumatic seed drill frame are presented in the article as well as the selected fragments of the structural strength analysis. Performed computer calculations allowed verification of the initial constructional assumptions. The most endangered places has been identified under the operation condition with the detailed analysis of constructional points. Multivariate FEM analysis can be used for the proper experimental research program for the carrying construction of the seed drill frame.

MODELOWANIE I KOMPUTEROWA ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA RAMY NOŚNEJ PROTOTYPOWEGO SIEWNIKA PNEUMATYCZNEGO PRZYSTOSOWANEGO DLA ROLNICTWA PRECYZYJNEGO

Streszczenie

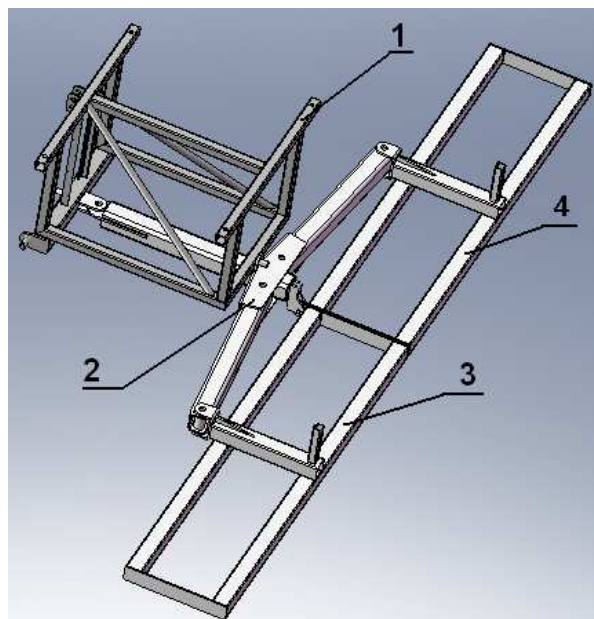
W artykule przedstawiono model obliczeniowy konstrukcji ramy nośnej siewnika pneumatycznego oraz zamieszczono wybrane fragmenty analizy wytrzymałościowej. Obliczenia pozwoliły na weryfikację przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych. Zidentyfikowano najbardziej zagrożone miejsca w konstrukcji dla przyjętych warunków eksploatacji, ze szczególnym uwzględnieniem niewralgicznych punktów konstrukcyjnych. Wielowariantowa analiza MES może posłużyć do opracowania właściwego programu badań eksperymentalnych opracowanej konstrukcji ramy nośnej siewnika.

1. Wstęp

Rolnictwo precyzyjne, którego istota polega na ścisłym dostosowaniu parametrów zabiegów agrotechnicznych do lokalnych warunków glebowych pozwala na lepsze wykorzystanie nasion, nawozów i pestycydów, tym samym ograniczenie ich zużycia. Nawozy i pestycydy są aplikowane tylko w tych miejscach pola, w których jest to celowe. W tym aspekcie spełnia ono główne postulaty rolnictwa ekologicznego. Wyśiew nasion zbóż, którego gęstość i głębokość są precyzyjnie regulowane w zależności od lokalnych warunków glebowych wymaga udoskonalenia techniki siewu. Tradycyjne siewniki zbożowe nie spełniają wielu wymagań rolnictwa precyzyjnego. Obecnie coraz częściej, z uwagi na lekkość i wydajność stosowane są w rolnictwie siewniki pneumatyczne. Celem niniejszej pracy jest skonstruowanie pneumatycznego siewnika zbożowego, dostosowanego do spełniania postulatów rolnictwa precyzyjnego, którego istotną cechą jest automatyczna kontrola gęstości i głębokości siewu na podstawie mapy zasiewu. Ważnym elementem konstrukcyjnym tego siewnika jest rama, która spełnia wiele sprzecznych wymagań. Optymalna konstrukcja ramy powinna być lekka, wytrzymała i łatwo składana do transportu, zapewniając jednocześnie optymalne prowadzenie redlic. Podział ramy na moduły funkcjonalne pozwala na tworzenie różnych zestawień dostosowanych do specyficznych wymagań. Zaproponowano nową konstrukcję ramy siewnika przystosowaną do ciągłego pomiaru masy wysianego ziarna i precyzyjnego prowadzenia i docisku redlic. Konstrukcja ta wymaga dokładnego obliczeniowego sprawdzenia w aspekcie wytrzymałościowym, co najlepiej może być osiągnięte za pomocą metody elementów skończonych [1, 2]. Niniejszy artykuł dotyczy tego właśnie zagadnienia.

Wykorzystanie systemu komputerowego do analiz konstrukcji inżynierskich przedstawiono na przykładzie konstrukcji ramy nośnej siewnika pneumatycznego, wykonanego w ramach projektu rozwojowego na Wydziale Maszyn Robo-

czych i Transportu Politechniki Poznańskiej (rys. 1).



Rys. 1. Model obliczeniowy ramy nośnej siewnika: 1 - rama centralna, 2 - rama główna, 3 - rama redliczna prawa, 4 - rama redliczna lewa

Fig. 1. Calculation model of the seed drill's carrying construction: 1 - backbone, 2 - main frame, 3 - right coulter frame, 4 - left coulter frame

2. Model obliczeniowy ramy nośnej siewnika

Konstrukcje ram nośnych maszyn rolniczych są najczęściej przestrzennymi układami spawanymi lub łączonymi za pomocą połączeń śrubowych, zbudowanymi z profili hutniczych zamkniętych i otwartych. Budowa modeli obliczeniowo-matematycznych przy takiej (przestrzennej struk-

turze) postaci geometrycznej sprawia wiele problemów w szczególności, gdy wymaga to stosowania różnorodnych elementów skończonych. Podczas przygotowywania modelu obliczeniowo-matematycznego ramy siewnika główny nacisk położono na dokładność analizy, ze szczególnym uwzględnieniem dokładności odwzorowania geometrii konstrukcji, jak również charakteru i wartości obciążeń. Odpowiednio, gęsta siatka podziału na elementy skończone powinna umożliwić wierne odzwierciedlenie rzeczywistych kształtów rozpatrywanego obiektu [3].

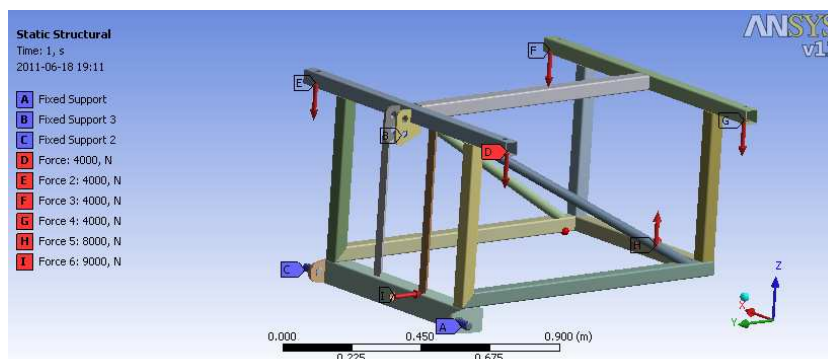
Model obliczeniowy opracowano wykorzystując system komputerowy ANSYS 11.0. Na bazie modelu geometrycznego konstrukcji ramy nośnej opracowano model dyskretny. Do jego budowy zastosowano elementy powierzchniowe (płytowo-powłokowe), trójkątne i czworokątne.

3. Opracowanie warunków brzegowych modelu

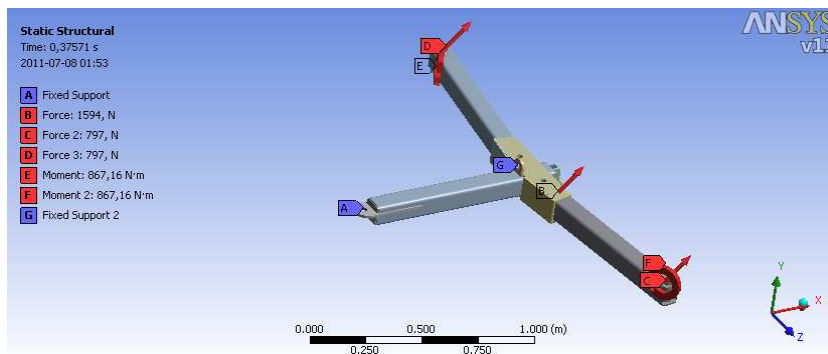
Analizując charakter pracy siewnika pneumatycznego przyjęto obciążenia, w których uwzględniono:

- obciążenia pochodzące od zamodelowanych elementów ramy nośnej,
- obciążenia pochodzące od oporu redlic,
- obciążenia pochodzące od siły wywieranej przez dociskające redlice siłowniki pneumatyczne,
- obciążenia pochodzące od zasobników ziarna i elementów nie zamodelowanych, mających wpływ na odkształcenia i naprężenia konstrukcji ramy nośnej maszyny.

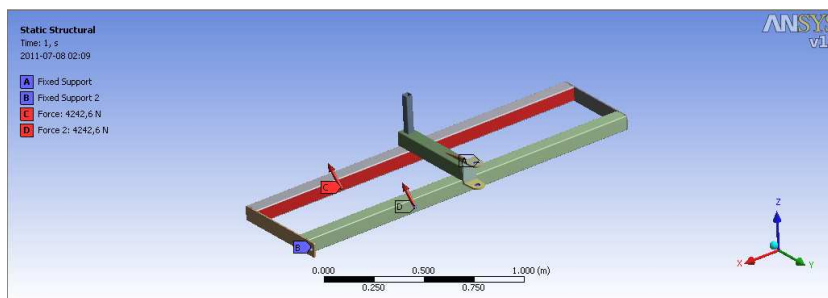
Schematyczny rozkład obciążeń zewnętrznych, zaimplementowanych do modelu zamieszczono na rys. 2, 3, 4.



Rys. 2. Model geometryczny i schemat obciążenia ramy centralnej: A, B, C - utwierdzenie ramy, D, E, F, G – obciążenia od zasobników materiału siewnego, H – obciążenie od docisku pneumatycznego redlic, I - obciążenie od oporu roboczego redlic
Fig. 2. Geometric model and loading scheme of the backbone: A, B, C - anchoring of the frame, D,E,F,G - load from seed trays, H - load from the pneumatic pressure coupler, I - load from the working resistance coupler



Rys. 3. Model geometryczny i schemat obciążenia ramy głównej: A i G - utwierdzenie ramy głównej, B, C, D - siła wypadkowa pochodząca od oporu roboczego i nacisku pneumatycznego redlic, E, F - moment wypadkowy od momentu gnącego i skręcającego
Fig. 3. Geometric model and loading scheme of the main frame: A and G - anchoring of the frame, B, C, D - the net force of resistance coming from the working and coupler pneumatic pressure, E, F - resultant moment of the bending moment and torsion



Rys. 4. Model geometryczny i schemat obciążenia belki redlicznej: A, B - utwierdzenie belki, C i D - siły pochodzące od oporu roboczego i siły docisku pneumatycznego
Fig. 4. Geometric model and loading scheme of the coulter frame: A, B - anchoring of the frame, C, D - forces from the working resistance and pneumatic clamping force

Obciążenia pochodzące od elementów nie stanowiących konstrukcji ramy nośnej siewnika zostały uwzględnione w modelu obliczeniowo-matematycznym w postaci mas skupionych lub sił zewnętrznych. Należą do nich: dwa zbiorniki na materiał siewny oraz wentylator z instalacją pneumatyczną, w której skład wchodzi: przewody elastyczne i głowice rozdzielcze.

4. Przypadki obciążeń konstrukcji

Dla konstrukcji nośnej ramy siewnika opracowano obciążenie zestawione w tab. 1.

Tab. 1. Parametry wyjściowe i współczynniki bezpieczeństwa
Table 1. Output parameters and safety factors

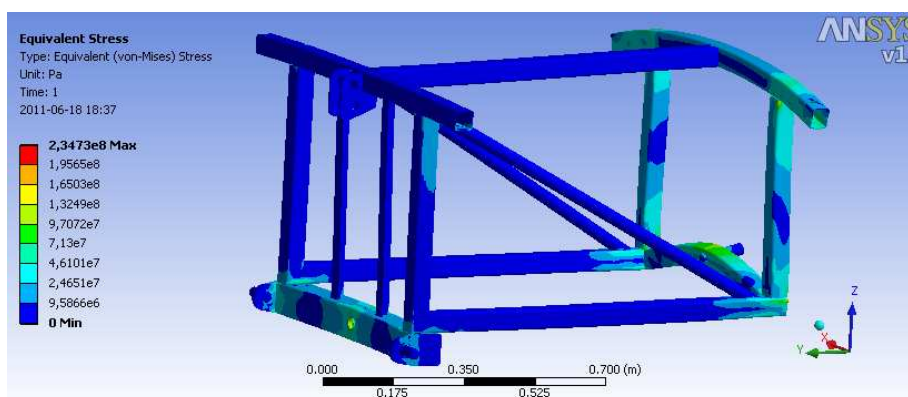
L.p.	Nazwa	Wartość	Jednostki	Współczynnik bezpieczeństwa
1.	Obciążenie o docisku pneumatycznego	200	N	1.6
2.	Obciążenie od oporu redlic	200	N	1.6
3.	Rozstaw belek redlicznych	0,442	m	-
4.	Liczba redlic na belce	16	szt.	-
5.	Masa zbiornika z materiałem siewnym	500	kg	1.6
6.	Ilość zbiorników na materiał siewny	2	szt.	-

Ramę nośną 1 siewnika pneumatycznego utwierdzono w trzech punktach na dwóch sworzniach oraz belce górnej trójpunktowego układu zawieszenia siewnika odbierając wszystkie stopnie swobody.

Ramę główną siewnika utwierdzono w dwóch punktach na dyszlu pociągowym i uchwycie obrotowym, ramę belki red licznej umocowano także w dwóch punktach na środkowej belce obrotowej oraz na skrajnym płaskowniku. Wszystkie obciążenia zadane na poszczególnych ramach konstrukcji nośnej pochodzą z iloczynu sił zawartych w tab. 1 i współczynnika bezpieczeństwa.

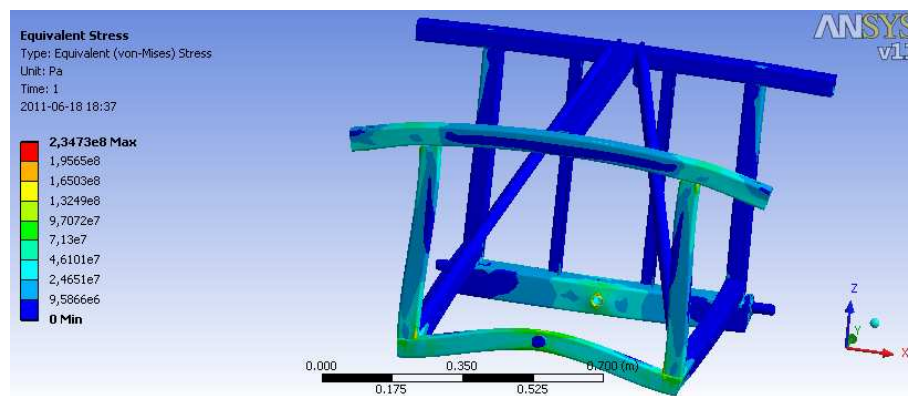
5. Wyniki analizy

Z przeprowadzonej analizy dla przyjętych obciążeń opisanych w punkcie 4. wynika, że nierzalcznym miejscem, w którym występują największe naprężenia zredukowane w ramie centralnej jest miejsce połączenia tylnej poprzecznicy ze sworzniem (naprężenia zredukowane wynoszą 200 MPa) oraz połączenie przedniej poprzecznicy z tulejką (naprężenia wynoszą około 195 MPa). Na rys. 5 i 6 przedstawiono całościowy rozkład naprężeń zredukowanych ramy centralnej. Na rys. 7 i 8 pokazane są największe naprężenia zredukowane, występujące w ramie głównej. Naprężenia dla tego przypadku nie przekraczają 76 MPa. Na rys. 9 i 10 zaprezentowano rozkład naprężeń w belce redlicznej zarówno prawej jak i lewej, ponieważ obciążenia są identyczne. Niebezpiecznym miejscem w tej konstrukcji, w którym naprężenia osiągają 429 MPa jest uchwyt obrotowy, za pośrednictwem którego rama jest mocowana do belki głównej oraz połączenie profili podłużnych z poprzecznym gdzie naprężenia sięgają 115 MPa.



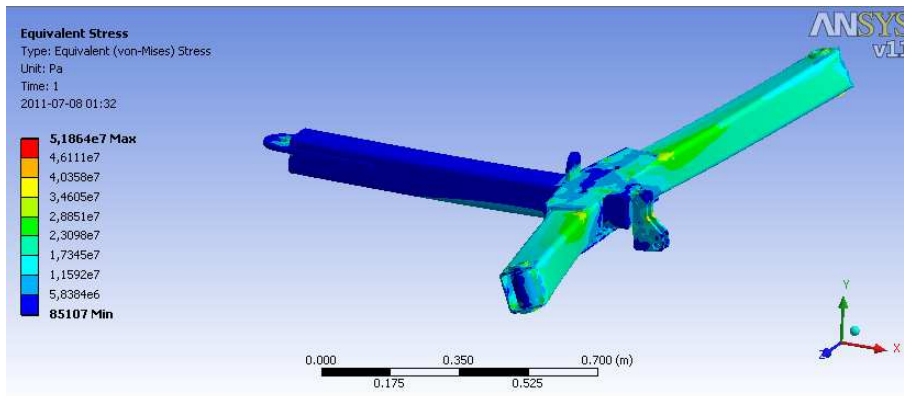
Rys. 5. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy centralnej - widok z perspektywy

Fig. 5. Reduced stress [Pa] for backbone - the view from the perspective

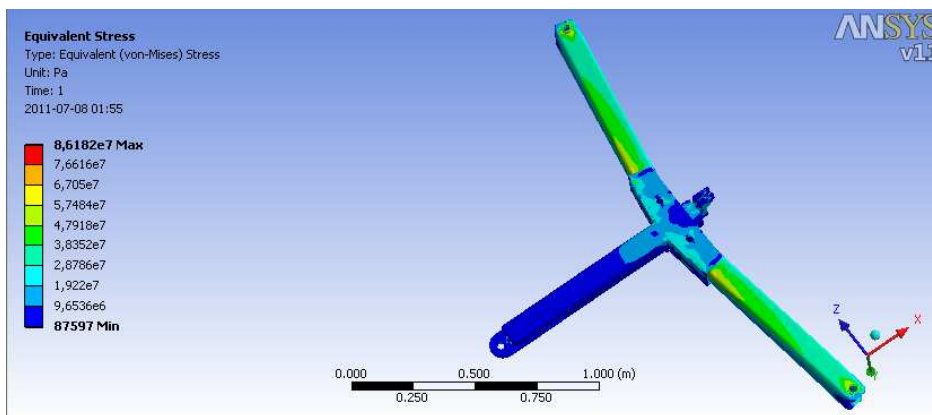


Rys. 6. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy centralnej - widok z tyłu

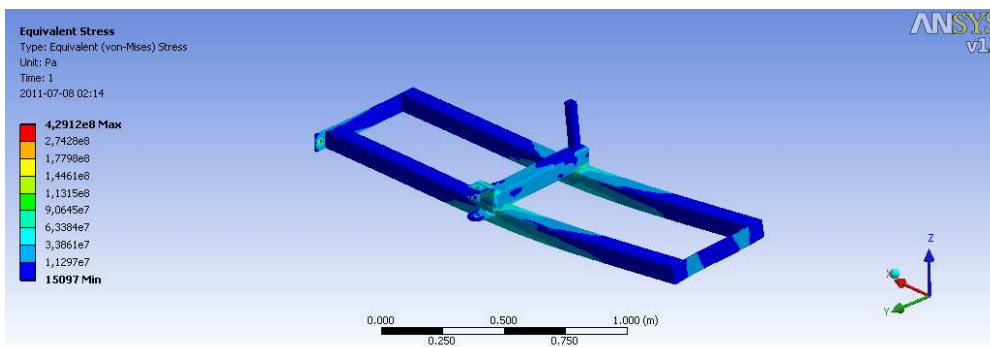
Fig. 6. Reduced stress [Pa] for backbone - the rear view



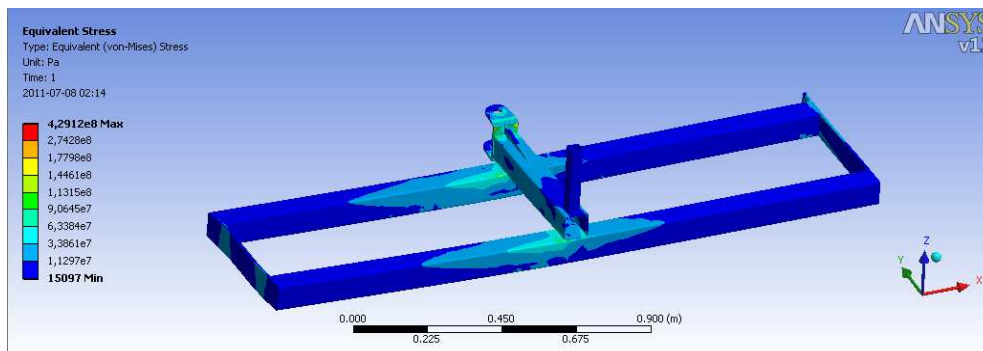
Rys. 7. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy głównej- widok z tylnej perspektywy
 Fig. 7. Reduced stress [Pa] for main frame - the rear view from the perspective



Rys. 8. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy głównej - widok od spodu
 Fig. 8. Reduced stress [Pa] for main frame the bottom view



Rys. 9. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy belki red licznej- widok z przedniej perspektywy
 Fig. 9. Reduced stress [Pa] for coulter frame - the front view from the perspective



Rys. 10. Naprężenia zredukowane [Pa] dla ramy belki redlicznej - widok z tylnej perspektywy
 Fig. 10. Reduced stress [Pa] for coulter frame - the rear view from the perspective

6. Podsumowanie

Analiza MES ramy nośnej siewnika pneumatycznego pozwoliła na identyfikację najbardziej narażonych i wyężonych węzłów konstrukcyjnych. Przeprowadzona analiza statyczna z uwzględnieniem nadwyżek dynamicznych wykazała, że zaprojektowana nowatorska konstrukcja ramy siewnika posiada dostateczny zapas wytrzymałości. Najsilniej wyężonym węzłem konstrukcji jest połączenie tylnej poprzecznicy z belką boczną i zastrzałem (rys. 5). Duże spiętrzenia naprężeń odnotowano również w przedniej belce poziomej na wspawanej tulejce, do której mocowany jest dyszel ramy głównej. Bardzo ważnym elementem potwierdzającym prawidłowość przeprowadzonej analizy oraz przyjętych założeń będzie weryfikacja eksperymentalna, w warunkach eksploatacji. W kolejnym etapie pracy zaplanowano takie badania.

Uzyskane wyniki obliczeń dla różnych wariantów obciążenia stanowią podstawę do planowania oraz przygotowania programu badań empirycznych, a w szczególności identyfikacji punktów spiętrzenia naprężeń, w których należy przeprowadzić ich pomiary.

7. Literatura

- [1] Zienkiewicz O. C.: Metoda elementów skończonych. Warszawa: Arkady, 1972.
- [2] Dacko M., Borkowski W., Dobrociński S., Niezgoda T., Wieczorek M.: Metoda Elementów Skończonych w mechanice konstrukcji. Warszawa: Arkady, 1994.
- [3] Szczepaniak J., Pawłowski T.: Metoda elementów skończonych w zagadnieniach projektowania maszyn rolniczych. Prace PIMR, 1992, nr 2.