

Grzegorz CHOMKA, Jerzy CHUDY, Piotr MARCHEWKA

WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW CAD W PROJEKTOWANIU WYCIĄGAREK SAMOCHODOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości programu SolidWorks, typowej aplikacji 3D, w projektowaniu mechanicznych wyciągarek samochodowych. W tym celu stworzono model wciągarki mechanicznej i poddano go analizie MES w module SolidWorks Simulation.

WSTĘP

Wprowadzenie nowoczesnych, zintegrowanych systemów wspomagania projektowania CAD/CAE pozwala na znaczne przyspieszenie prac projektowych. Umożliwiają one tworzenie modeli mechanizmów wraz z analizą kolizji, przeprowadzanie symulacji wytrzymałościowych czy zmęczeniowych wraz z analizą odkształceń oraz optymalizację konstrukcji i dokonanie niezbędnych poprawek. W ten sposób unika się żmudnych i czasochłonnych obliczeń wytrzymałościowych i skraca się czas prototypowania. Niektóre z tych możliwości zostaną zaprezentowane na przykładzie modelu wyciągarki samochodowej o napędzie mechanicznym wykonanej za pomocą aplikacji SolidWorks.

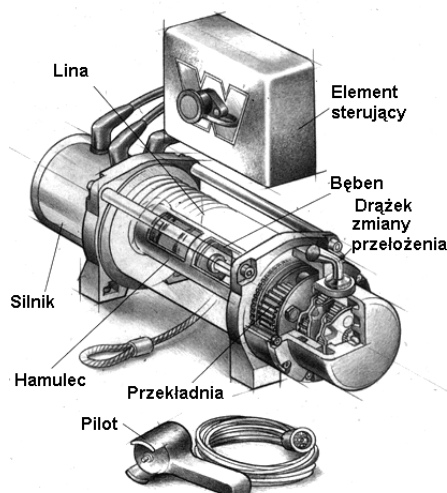
1. WYCIĄGARKI SAMOCHODOWE

Wyciągarka samochodowa zgodnie z normą PN-M-45000:1996 jest to dźwignica z rodziny ciągników, czyli urządzeń, w których przemieszczanie materiału następuje za pomocą cięgna [1]. Stanowi ona często wyposażenie pojazdów samochodowych przeznaczonych do jazdy terenowej. Stosowana jest również w lawetach do wciągania uszkodzonego pojazdu na platformę oraz w pojazdach ratowniczych, jako element mający za zadanie wyciągnięcie obiektu z przeszkody.

Głównymi parametrami charakteryzującymi wyciągarki samochodowe są:

- *uciąg* – jest to siła jaką może wytworzyć wyciągarka, wyrażana zazwyczaj w kilogramach. Masa jaką może przeciągnąć wyciągarka zależy głównie od mocy silnika i odległości przedmiotu od maszyny. Im mniej jest liny na bębnie wyciągarki tym większy możemy ciągnąć przedmiot.
- *prędkość zwijania liny* – jest istotnym parametrem szczególnie w sportach motorowych. Podaje się ją w metrach na minutę i zależy głównie od mocy silnika i przełożenia przekładni oraz obciążenia.

- Najważniejsze elementy wciągarki przedstawiono na rysunku 1. Zalicza się do nich:
- źródło napędu w postaci: silnika elektrycznego, hydraulicznego lub połączenia ze skrzynią biegów za pomocą przystawki odbioru mocy.
 - hamulec,
 - wałek,
 - przekładnia zębata,
 - sprzęgło,
 - bęben z nawiniętą liną,
 - element sterujący.



Rys. 1. Budowa wciągarki elektrycznej WARN oraz przykładowe jej zastosowanie
Źródło: [2]

W wyciągarkach samochodowych wykorzystuje się napęd elektryczny, mechaniczny lub hydrauliczny. Każdy z nich charakteryzuje się specyficznymi cechami, które ograniczają ich zastosowanie w niektórych typach pojazdów.

1.1. Wyciągarki elektryczne

Są to konstrukcje, w których elementem napędzającym jest silnik elektryczny prądu stałego o napięciu 12 lub 24 V i mocy od 0,8 do 4,8 kW. Posiadają one prostą budowę, składającą się z silnika elektrycznego, przekładni planetarnej lub ślimakowej wraz ze sprzęgłem, bębna z liną, hamulca, korpusu, prowadnic do układania liny na bęben. Konstrukcja wyciągarek elektrycznych jest na ogół bardzo lekka nieprzekraczająca 40 kg. Wyciągarki elektryczne, to najpopularniejsze wyciągarki samochodowe. Są tanie, nie wymagają ingerencji w układ napędowy lub hydrauliczny pojazdu. Uciąg takich wyciągarek waha się pomiędzy 1 000 kg dla lekkich pojazdów do 8 000 kg dla wyciągarek w ciężkich samochodach terenowych. Należy przy tym pamiętać, aby uciąg był około 1,5 do 2 razy większy od masy pojazdu. Prędkość zwijania liny z pełnym obciążeniem dla wyciągarek elektrycznych zawiera się w zakresie od 1 do 3,2 m/min. Dla wysokich biegów przekładni stosowanych podczas zwijania małego obciążenia lub nawijania luźnej liny na bęben prędkość ta osiąga 28 m/min.

Zaletą wyciągarki elektrycznej oprócz łatwego montażu jest to, że może ona działać pomimo wyłączenia silnika pojazdu, tak długo jak pozwala na to akumulator. Tylko wyciągarka elektryczna potrafi działać niezależnie od silnika pojazdu, w jakim jest zainstalowana. Wadą wyciągarki elektrycznej, jak każdego urządzenia elektrycznego jest wrażliwość silnika na zawilgocenie oraz możliwość jego przegrzania i uszkodzenia.

Najbardziej znanymi producentami wyciągarek elektrycznych są firmy WARN, Superwinch i Ramsey.

1.2. Wyciągarki hydrauliczne

Urządzenia o napędzie hydraulicznym przeznaczone są do zadań, z którymi nie poradziłyby sobie wyciągarki elektryczne. Wyciągarki hydrauliczne mają budowę zbliżoną do elektrycznych, lecz źródłem napędu jest silnik hydrauliczny a podzespoły są masywniejsze (wyciągarki tego typu mogą ważyć około 150 kg) z powodu możliwości przenoszenia większych momentów. Uciąg, jaki posiadają wyciągarki hydrauliczne waha się od 4 500 kg dla małych konstrukcji nawet do 18 000 kg dla dużych. Prędkość zwijania liny jest mniejsza niż w urządzeniach elektrycznych i waha się pomiędzy 4 a 10 m/min.

Montaż wyciągarki hydraulicznej w pojeździe jest dość skomplikowany. Należy go bowiem wyposażyć w pompę hydrauliczną o odpowiedniej wydajności oraz całą instalację hydrauliczną, co w mniejszych pojazdach jest kłopotliwe. Wadą tej konstrukcji jest to, że w czasie pracy musi być włączony silnik pojazdu, który napędza pompę hydrauliczną.

Wyciągarki hydrauliczne posiadają kilka ważnych zalet, takich jak:

- duża moc wynikająca z bardzo dużego momentu obrotowego (dla silnika o mocy 9 KW moment obrotowy równy jest około 200 N/m),
- mocna budowa oraz całkowita odporność na wodę,
- możliwość pracy w trybie ciągłym.

Głównymi producentami wyciągarek hydraulicznych są WARN, Superwinch i Ramsey.

1.3. Wyciągarki mechaniczne

Na przełomie lat 30. i 40. XX wieku wraz z pojawieniem się samochodów terenowych takich jak Jeep Willis czy wojskowa ciężarówka Dodge'a powstały pierwsze wyciągarki. Były to konstrukcje o mechanicznym przeniesieniu napędu z silnika pojazdu za pośrednictwem końcówki odbioru mocy wraz z przekładnią sterującą do wyciągarki. Nie posiadają one hamulca, ponieważ są połączone ze skrzynią biegów pojazdu. Wyłączenie silnika nie spowoduje więc samoczynnego rozwijania się liny, ponieważ pojazd będzie „na biegu”.

Wyciągarki mechanicznej nie można użyć do opuszczania ciężaru w przeciwieństwie do pozostałych. Wyciągarki mechaniczne cechuje duża moc, wytrzymałość i prędkość zwijania liny. Bez problemów osiągają one prędkość zwijania dochodzącą do 53 m/min, co sprawia, że są montowane w pojazdach do jazdy w trudnym terenie lub samochodach przeznaczonych do rywalizacji sportowej.

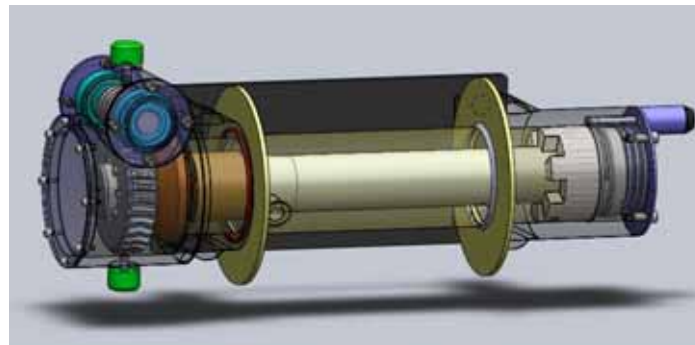
Montaż wyciągarki mechanicznej zazwyczaj przewidziany jest w fazie projektowania pojazdu, konstruktor dobiera jej parametry do masy i przeznaczenia pojazdu, dlatego trudno jest znaleźć uniwersalny zestaw montażowy, w przeciwieństwie do wyciągarek elektrycznych czy hydraulicznych. Jeżeli jednak pojazd jest wyposażony w końcówkę odbioru mocy, lub w jego konstrukcji przewidziana jest możliwość jej montażu, to założenie wyciągarki dedykowanej dla danego modelu nie stwarza problemów.

2. PROJEKT WYCIĄGARKI SAMOCHODOWEJ WYKONANY W ŚRODOWISKU CAD

Przystępując do wykonania modelu wyciągarki przyjęto następujące założenia projektowe:

- uciąg – 5 000 kG;
- maksymalna prędkość zwijania liny 20 m/min;
- połączenie z końcówką odbioru mocy za pośrednictwem skrzyni rozdzielczej, której zadaniem jest odłączanie napędu od wyciągarki;
- montaż w samochodzie o masie własnej do 3,5 tony;
- łożyskowanie ślizgowe;
- wyposażenie w przekładnię ślimakową o przełożeniu $i = 30$;
- wyposażenie w sprzęgło kłowe o sterowaniu elektromagnetycznym.

W pierwszej fazie projektowania wykonano wstępne, porównawcze obliczenia wytrzymałościowe podstawowych detali konstrukcji. Na ich podstawie stworzono przestrzenny model wyciągarki (rys. 2). W zaprojektowanej wyciągarce moment obrotowy przekazywany jest z końcówki odbioru mocy przez przekładnię sterującą i wał napędowy do przekładni ślimakowej. Następnie moment przekazywany jest poprzez wielowypustowy łącznik na wał wyciągarki, który za pośrednictwem sprzęgła kłowego obraca bębnem i powoduje nawijanie się liny. Chcąc swobodnie wypleść linę z bębna w celu jej przymocowania do podpory, należy odłączyć napęd za pomocą przekładni sterującej i wykorzystując sterowanie elektromagnetyczne rozsunąć kły sprzęgła kłowego.



Rys. 2. Model wyciągarki mechanicznej o uciążu 5000 kG

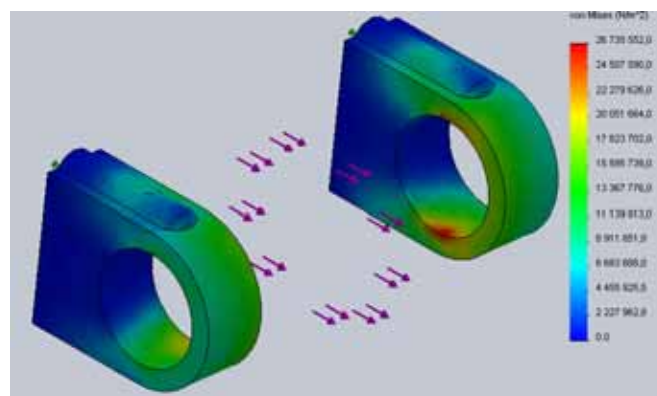
Źródło: Opracowanie własne

Do badań wytrzymałościowych MES w module SolidWorks Simulation wybrano m.in. następujące detale urządzenia: korpus, łącznik wału, półsprzęgło kłowe i wał. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki dotyczące korpusu wyciągarki dla dwu przypadków obciążenia:

- centralnego – lina znajduje się pośrodku bębna,
- skrajnego lina nawinięta jest tuż przy jednej z podpór wywołując nierównomierne reakcje.

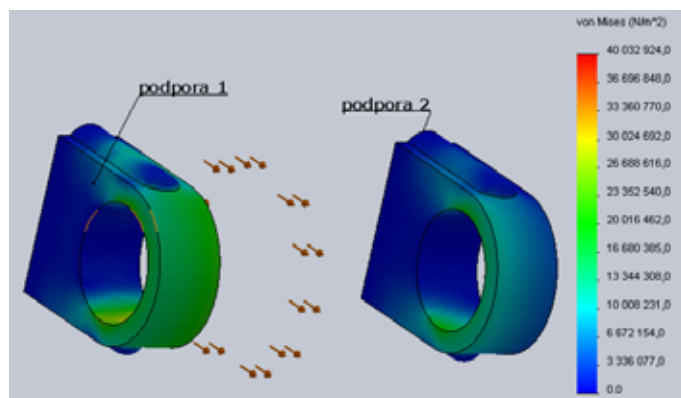
Analizowano jedynie naprężenia i ich śpiętrzenia, chociaż moduł SolidWorks Simulation pozwala również na przedstawienie przemieszczeń. Ze względu na ich nieznaczące wartości zrezygnowano jednak z ich prezentacji.

Uzyskane wyniki z wysoką dokładnością potwierdziły rezultaty obliczeń analitycznych. Naprężenia średnie nie przekroczyły wartości 12 MPa przy obciążeniu centralnym i 18 MPa przy obciążeniu niesymetrycznym. Pojawiające się śpiętrzenia naprężeń o wartościach odpowiednio 26,7 MPa i 40 MPa występujące w obszarze kontaktowym uginającego się czopa wału z piastą mają charakter lokalny i nie powodują przekroczenia dopuszczalnych nacisków powierzchniowych łożyska ślizgowego.



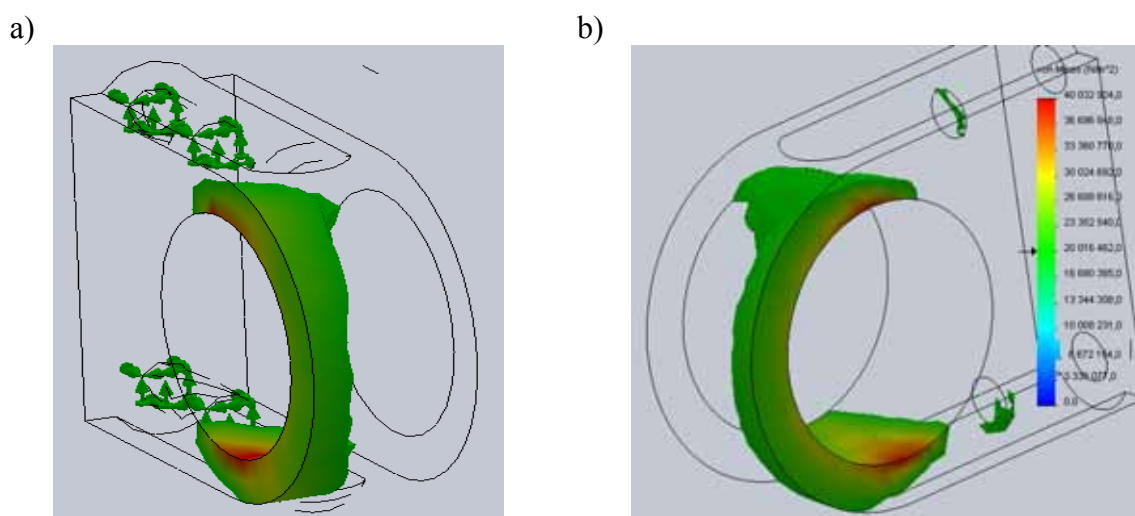
Rys. 3. Naprężenia występujące w korpusie przy symetrycznym wariacie obciążenia

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4. Naprężenia występujące w korpusie przy niesymetrycznym wariancie obciążenia

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Spiętnienia naprężeń występujące w piasku korpusu a) wariant symetryczny $\delta_{\max} = 26,7$ MPa, b) wariant niesymetryczny $\delta_{\max} = 40$ MPa

Źródło: Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

W niniejszej publikacji przedstawiono jedynie fragment analiz wytrzymałościowych wyciągarki dotyczący obejm korpusu. Badaniami w rzeczywistości objęto także pozostałe elementy. Pozwoliły one stwierdzić, że zbieżność obliczeń teoretycznych i symulacji metodą elementów skończonych jest bardzo wysoka. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu projektowania, gdyż po przyjęciu założeń konstrukcyjnych można przejść bezpośrednio do fazy modelowania. Po wygenerowaniu modelu można przeprowadzić analizy kinematyczne i wytrzymałościowe, a następnie przystąpić do generowania dokumentacji 2D. Dzięki temu eliminuje się z procesu projektowego etapy szkicowania, obliczeń wytrzymałościowych oraz tworzenia pierwotnej dokumentacji płaskiej, często obarczonej błędami, które ujawniają się dopiero w prototypie.

BIBLIOGRAFIA

1. PN-M-45000 – Dźwignice. Podział i symbole klasyfikacyjne.
2. <http://www.warn.com>

USING CAD SYSTEMS DESIGN IN CAR WINCHES

Abstract

This paper presents the capabilities of SolidWorks, a typical 3D application in the design of automotive mechanical winches. To this end, a model of mechanical winch and subjected to FEM analysis, SolidWorks Simulation module.

Autorzy:

dr inż. **Grzegorz Chomka** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Jerzy Chudy** – Politechnika Koszalińska

inż. **Piotr Marchewka** – Politechnika Koszalińska