

## TRANSPORTOWY POJAZD GAŚNIENICOWY O ZWIĘKSZONYM PRZEŚWICIE

*W artykule przedstawiono proces projektowania i budowy zdalnie sterowanego transportowego pojazdu gaśnicowego o zwiększonym prześwicie. Wykonano model 3D pojazdu oraz sporządzono obliczenia zapotrzebowania na siłę i moment napędowy. Zaprojektowany i wykonany został także układ elektroniczny i oprogramowanie sterowników. Wykonano rzeczywisty pojazd i przeprowadzono testy, które pojazd pozytywnie zaliczył.*

### WSTĘP

Obecnie najbardziej rozpowszechnionym środkiem transportu są pojazdy kołowe. Pierwsze pojazdy kołowe konstruowano już na przełomie XVIII i XIX wieku. Były one napędzane przez silniki parowe, a potem spalinowe i elektryczne. Do tej pory powstało dużo pojazdów tego typu, lecz zdecydowana większość z nich jest przeznaczona do poruszania się tylko po utwardzonej nawierzchni.

Sposób poruszania się w dużej mierze zależy od zastosowanych układów jezdnych w pojeździe. Napęd gaśnicowy jest napędem najlepiej przystosowanym do ciężkich warunków pod wpływem dużej sypkości gruntu czy dużego nachylenia.

W pojazdach gaśnicowych ważną rolę odgrywa wysokość podwozia, która określa jak dużą przeszkodę można przejechać bez obawy o otarcie się, oraz rodzaj gaśnicy i jej wymiary decydujące o nośności pojazdu. Dobrym rozwiązaniem jest podniesienie wysokości podwozia, które rozszerza możliwości pojazdu.

### 1. PRZEŚWIT POJAZDU

Wybierając pojazd do poszczególnych zadań każdy parametr powinien być dobrany optymalnie, duże znaczenie ma prześwit pojazdu, w którym liczy się każdy centymetr. Prześwit to odległość od najniższego punktu podwozia do nawierzchni, powinien on być dobrany tak, aby pokonywał założone przeszkody bez uszkodzenia pojazdu [5].

Jedną z najgorszych przeszkód do pokonania są głębokie koleiny z uskokami lub garbami w środkowej części pasa ruchu. Dodatkowo, wraz z wiekiem, sprężyny amortyzatorów robią się bardziej podatne na dociążenie samochodu i gwałtowną pracę, co dodatkowo obniża prześwit. Istnieje możliwość podnoszenia prześwitu podwozia, jednak wiąże się to z niedogodnościami, takimi jak pogorszenie się właściwości jezdnych, większa tendencja do przechyłania się na zakrętach, słabsza reakcja na ruchy kierownicą, większe spalanie.

Dosyć prostym sposobem jest zamontowanie zawieszenia gwintowanego, które składa się z czterech zestawów resorujących. W skład każdego zespołu wchodzi sprężyna oraz, ustawiony w jej środku, amortyzator zamocowany w obudowie, która jest nagwintowana. W celu podniesienia zawieszenia należy podnieść pojazd na podnośniku tak, aby odciążyć regulowane koło, co nie jest zbyt wygodne oraz mobilne. Podnoszenie odbywa się za pomocą specjalnego klucza, dołączonego do zestawu, którym trzeba dokręcić lub odkręcić śrubę amortyzatora.

### 2. ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE POJAZDU

Najważniejszymi parametrami które należy uwzględnić w projekcie to:

#### Prześwit pojazdu

Parametr, który odpowiada za pokonywanie wystających przeszkód z podłoża bez konieczności omijania ich, pozwala na wyjeżdżanie z grząskich gruntów. Wysoki środek ciężkości podnosi ryzyko utraty stateczności poprzecznej przy pokonywaniu nierówności o znacznym nachyleniu. Wysokość prześwitu podwozia powinna wynosić około 15 cm co da możliwość swobodnego pokonywania terenu, jakim jest podłoże kamieniste. Dodatkowo wysokość prześwitu będzie regulowana za pomocą 4 śrub podtrzymujących podwozie. Podnoszenie będzie wykonywane manualnie w czasie postoju. Zakres zmian wysokości będzie wynosił około 20 %.

#### Rodzaj podwozia

Zastosowanie podwozia gaśnicowego pozwala na łatwiejsze poruszanie się w ciężkich warunkach jezdnych dzięki poprawieniu przyczepności do podłoża oraz rozłożeniu masy co zmniejsza ryzyko zakopania. Podłoże kamieniste wymaga odpowiednio mocnych i szerokich gaśnic, odpornych na ostre krawędzie kamieni. Szerokość jednej gaśnicy będzie wynosiła około 5 cm, dzięki temu pojazd bez większych problemów powinien radzić sobie przy grząskim podłożu.

#### Czas pracy

Czas potrzebny na dotarcie łązika do określonego celu i powrót do bazy przy jednym naładowanym akumulatorze. Cel może być oddalony maksymalnie od bazy (pilota) o 100 m, po przekroczeniu tego pułapu zasięg na kamerze będzie niedostępny. Sterowanie jest nadal możliwe ponieważ zasięg pilota to około 150 m.

#### Sterowanie

Sterowanie łązika powinno odbywać się płynnie i w sposób intuicyjny, ponadto ma być proste a zarazem wykorzystujące wszelkie atuty pojazdu.

#### Łączność

Łączność pojazdu z bazą będzie odbywała się bezprzewodowo, za pomocą nadajnika i odbiornika, które będą współpracować za pośrednictwem fal radiowych. Rozwiązanie to jest stosunkowo proste, posiada dużą niezawodność i odpowiedni do projektu zasięg około 150 m. Nadajnik będzie podłączony do modułu z mikrokontrolerem Arduino, dzięki któremu użytkownik będzie mógł, za pośred-

nictwem odpowiednich przycisków, wysłać sygnał do odbiornika, który będzie znajdował się w łaziku. Odbiornik także wymaga podłączenia do modułu Arduino, który będzie przetwarzał sygnał i wykonywał odpowiednie procesy zgodnie z zaprogramowanym schematem.

Kamera zainstalowana w pojeździe będzie posiadała łączność przez sieć Wi-Fi. Dzięki zastosowaniu takiej łączności obraz wyświetlany na pilocie będzie dobrej jakości oraz nie będą występowały problemy z klatkowaniem filmu. Zasięg sieci kamery wynosi około 100 m, więc po przekroczeniu tego pułapu użytkownik straci obraz lecz dalej będzie mógł sterować łazikiem aby wrócić do zasięgu kamery.

## Wymiary

Rozmiar łazika powinien być dostosowany do wymagań projektu, bez przeszkód powinien pokonywać lekkie nierówności oraz rowy. Prześwit będzie ulokowany na wysokości 15 cm, szerokość całego pojazdu 28 cm a długość 45 cm co pozwoli na swobodne obracanie się pojazdu oraz możliwość pokonania wystających przeszkód. Na nadwoziu pojazdu można zamontować pojemnik służący do transportu niewielkich mas (do 5 kg).

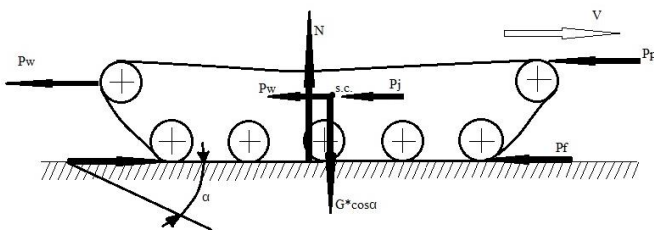
Założenia projektowe przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Założenia projektowe

Czas pracy pojazdu	30 min
Wymiary:	
Długość	0,4 m
Wysokość	0,3 m
Szerokość	0,3 m
Wysokość prześwitu podwozia	0,15 m
Zasięg komunikacji bezprzewodowej	100 m
Waga pojazdu	20 kg
Budowa gąsienicy	Gąsienica łańcuchowa
Szerokość gąsienicy	0,07 m
Długość odcinka nośnego gąsienicy	0,3 m
Srednica koła napędowego	60 mm
Srednia prędkość pojazdu	3 km/h
Rodzaj napędu	Silnik elektryczny
Mikroprocesor	Arduino
Zasilanie	Akumulator 12 V 7 Ah
Kamera	IP camera 480p
Oświetlenie	LED

## 3. OBLICZENIE MOMENTU NAPĘDOWEGO

W celu dobrania silników do założeń projektowych wymagane jest obliczenie momentu rozruchowego jaki jest potrzebny, aby pojazd mógł się poruszać.



**Rys. 1.** Siły działające na pojazd gąsienicowy

Siła ciężkości pojazdu  $P_w$  przyłożona jest w środku ciężkości pojazdu. Podczas poruszania się obiektu na wzniesieniach trzeba ją rozłożyć na dwie składowe:  $G \cdot \sin \alpha$ , która jest przyłożona równoległe do kierunku poruszania się pojazdu oraz składową  $G \cdot \cos \alpha$ , będącą prostopadłą do kierunku ruchu. W literaturze [1] spotyka się upraszczanie wzoru do siły wypadkowej przedstawionej wzorem (1):

$$P_w = G \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

gdzie:  $P_w$  – siła ciężkości pojazdu  
 $G$  – ciężar pojazdu  
 $\alpha$  – kąt nachylenia podłoża

Do zakładanego modelu, z racji na jego przeznaczenie i częstość wykorzystywania go w trudnych warunkach terenowych, przyjęto kąt pochylenia podłoża na poziomie 45°. Uzyskana siła ciężkości pojazdu to 196,2 N.

Siła oporów toczenia to siła, na którą składa się bardzo wiele czynników takich jak:

- podłoże po którym porusza się pojazd, im podłoże jest równiejsze tym siła potrzebna to pokonania oporów jest mniejsza;
- ciężar pojazdu;
- ilość kół oraz ich średnica;
- szerokość układu gąsienicowego;
- lepkość podłoża po którym się porusza łazik.

Pojazd poruszający się po nieutwardzonej drodze wgłębia się w podłoże powodując zagłębienia w ziemi, często też oblepia gąsienicę stwarzając utrudnienia w poruszaniu się pojazdu, do wyrażenia matematycznego tych zjawisk użyto wzoru (2):

$$P_f = f \cdot G \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

gdzie:  $P_f$  – siła oporów toczenia  
 $f$  – współczynnik oporów toczenia

We wzorze przyjęto najbardziej niekorzystną sytuację jeźdźcą dla pojazdu, w której ma on do pokonania powierzchnię piaszczystą o współczynniku oporu toczenia 0,2. Dla przyjętej sytuacji siła oporów jest równa 33,4 N.

Normalna reakcja gruntu jest to wypadkowa wszystkich sił działających stycznie od gruntu na powierzchnię styku z gąsienicą. Przy projektowaniu pojazdów dąży się do uzyskania równomiernego rozkładu siły normalnej w tym celu środek ciężkości pojazdu powinien znajdować się na środku długości przylegania gąsienic do podłoża. Przyjmując że gąsienica jest nieodkształcalna można skorzystać ze wzoru na reakcję siły normalnej (3):

$$N = G \cdot \cos \alpha \pm P_H \cdot \tan \gamma \quad (3)$$

gdzie:  $N$  – Siła normalna  
 $P_H \cdot \tan \gamma$  – siła na haku

Pomijając siłę na haku pojazdu ze wzoru otrzymano wartość 103,1 N.

Siła bezwładności pojazdu. Podczas startu pojazdu porusza się on ruchem przyspieszonym, dlatego też działają na niego siły bezwładności które wyrażają się wzorem (4):

$$P_j = -m \cdot \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

gdzie:  $P_j$  - siła bezwładności  
 $m$  – masa pojazdu  
 $dV$  – przyrost prędkości  
 $dt$  – przyrost czasu

Przyjmując, że pojazd przyspiesza od chwili startu do zakładanej prędkości w czasie jednej sekundy siła bezwładności jest równa -60 N.

Na podstawie obliczonych sił można sporządzić równanie ruchu pojazdu (5):

$$P = P_f + P_w + P_j + P_H + P_p \quad (5)$$

gdzie:  $P$  – siła napędowa  
 $P_f$  – siła oporów toczenia  
 $P_w$  – siła ciężkości pojazdu  
 $P_j$  – Siła bezwładności  
 $P_H$  – Siła na haku  
 $P_p$  – Siła oporów powietrza

Z wykonanych obliczeń można założyć, że minimalna siła napędowa powinna wynieść 170 N.

Do wyznaczenia momentu napędowego należy założyć sprawność układu gaśienicowego. Wraz ze wzrostem prędkości sprawność układu spada, bezpiecznym założeniem będzie przyjęcie sprawności układu na poziomie 0,7. Do obliczeń trzeba także wziąć pod uwagę, że straty generuje także przeniesienie napędu, współczynnik ten przyjmujemy się zazwyczaj z zakresu 0,95÷0,98. W modelu zostało przyjęte kolejny raz najniekorzystniejsze zjawisko ze współczynnikiem 0,95. Analizując wzór na siłę napędową otrzymano (6):

$$P = \frac{M_k}{r_k} * \eta_g * \eta_m \quad (6)$$

gdzie:  $\eta_g$  – współczynnik sprawności układu gaśienicowego  
 $\eta_m$  – współczynnik sprawności przeniesienia napędu  
 $M_k$  – moment przyłożony do koła napędowego  
 $r_k$  – promień koła napędowego

Po przekształceniu wzoru powstaje równanie dla momentu napędowego (7):

$$M_k = \frac{P}{\eta_g * \eta_m} * r_k \quad (7)$$

Po podstawieniu wartości uzyskano moment napędowy równy 8,16 Nm [1].

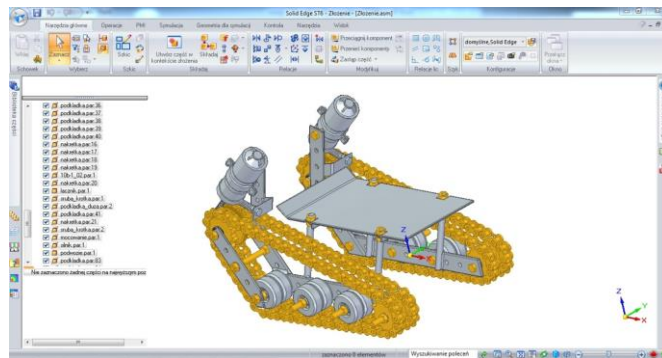
### Dobór silników

Na podstawie obliczeń dobrano docelowy silnik prądu stałego z przekładnią ślimakową NIDEC 403.383 o mocy 36 W i momencie obrotowym równym 8 Nm. Biorąc pod uwagę rygorystyczne założenia podczas obliczeń silnik ten powinien w zupełności spełniać wymagania zapotrzebowania na moment i moc dla pojazdu. Z racji na fakt, że silnik jest zasilany napięciem 24 V powinien zostać zasilony przez przetwornicę napięcia a pobór prądu przez silnik jest równy 7 A.

Ze względów recyklingowych do łożyska zostały zamontowane silniki z odzysku o mocy ok. 50 W, momencie napędowym ok. 9 Nm, zasilane napięciem 12 V. Silniki te były stosowane w układzie wycieraczek samochodów osobowych Toyota [2].

## 4. MODEL POJAZDU GAŚIENICOWEGO O ZWIĘKSZONYM PRZEŚWICIE

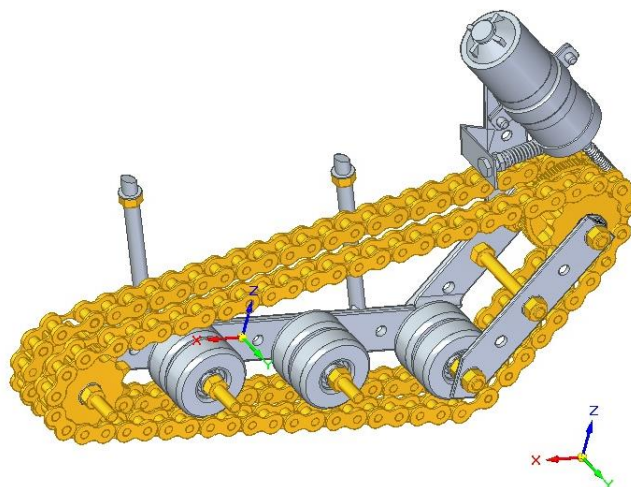
Do wykonania modelu użyto programu Solid Edge ST6 (rysunek 2). Program pozwala w prosty sposób na zaprojektowanie modelu 3D oraz rysunków 2D, jego rozbudowany a jednocześnie intuicyjny interfejs umożliwia także tworzenie symulacji [3].



Rys. 2. Interfejs programu Solid Edge ST6

Gaśienica została zaprojektowana z dwóch łańcuchów jednorzędowych 3/4 cala na stronę. Napęd został zamocowany w najwyższym punkcie gaśienicy na łożyskowanej osi, pozwala to na uzyskanie niewielkich sił tarcia na osi napędowej. Oś napędowa składająca się z dwóch kół zębatach na łańcuch 3/4 cala i koła zębatego napędowego, została połączona na sztywno, bez wzajemnej możliwości obrotu kół między sobą. Napęd zamocowano sztywno do ramy poprzez dokręcenie do niej płaskownika wraz z zamocowanym uchwytem hydraulicznym do rur, w którym zamocowano silnik. Ponadto silnik dociskany jest do koła napędowego przy pomocy sprężyny umocowanej w dolnej części silnika. Sprężyna posiada śrubę napinającą, którą umożliwi regulację siły docisku ślimaka do koła zębatego.

Ruch obrotowy kół zębatach jest wzbudzany poprzez przekładnię ślimakową, umocowaną pomiędzy łańcuchami (rys. 3).



Rys. 3. Model gaśienicy

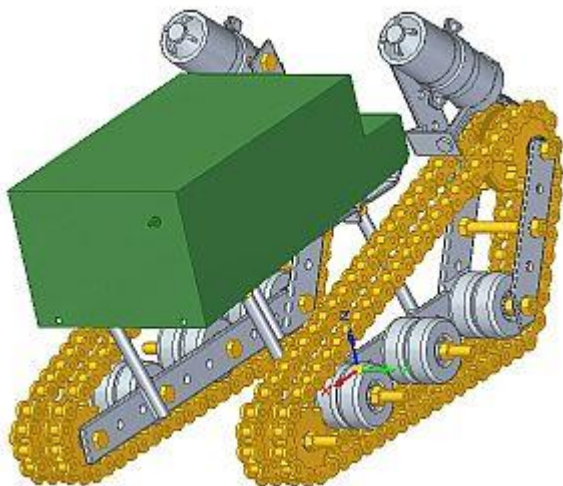
Kolejne dwa koła zębata umocowane są na śrubie dokręconej do ramy pojazdu, w odróżnieniu od osi napędowej na tylnych osiach koła obracają się niezależnie między sobą, pozwala to na większą elastyczność łańcuchów podczas jazdy. Oprócz kół zębatach na pozostałych osiach zamocowane jest sześć kół plastikowych, owleczonych powierzchniowo gumą. Zwykle koła są podporą dla łańcucha, natomiast koła zębata stanowią prowadzenie dla łańcucha, a dzięki dużym rozmiarom łańcucha nie potrzeba dodatkowego prowadzenia. Wszystkie komponenty gaśienicy są mocowane przy pomocy śrub i nakrętek 8 mm, nie wymaga to skomplikowanych procesów montażu i jest tanie.

Ponieważ oś napędowa nie jest przykręcona do ramy, a jedynie opiera się na łożyskach, konieczne było zastosowanie płaskownika z mocowaniem na łożysko, łączącego dwie kolejne śruby.

Funkcją korpusu są jego właściwości ochronne. Korpus umożliwia dostęp do części elektronicznych osób trzecich a także

chroni przed czynnikami atmosferycznymi. Ochronę oszacowano na poziomie IP 33, chroni przed ciałami stałymi o średnicy większej niż 2,5 mm oraz natryskiem wody pod dowolnym kątem do 60° od pionu z każdej strony nie wywołując uszkodzeń pojazdu.

Korpus jest mocowany do ramy przy pomocy trzech śrub o średnicy 8 mm. Dodatkowo w tylnej części obudowy zamocowano główny wyłącznik a w jego przedniej części została zamocowana kamera. Rysunek 4 przedstawia złożenie całkowite modelu pojazdu gąsienicowego o zwiększonym prześwicie.



Rys. 4. Złożenie całkowite

## 5. ELEKTRONIKA I OPROGRAMOWANIE

Do budowy pilota (nadajnika) został użyty mikrokontroler Arduino Nano z wbudowanym mikroprocesorem ATmega328. Jest to małe i funkcjonalne urządzenie, które w zupełności wystarczy do obsługi nadajnika dla pojazdu. Do komunikacji z komputerem oraz zasilania Arduino Nano zostało wyposażone w USB Mini-B lub standard ICSP. Do dyspozycji użytkownika jest 14 wyjść/wejść cyfrowych oraz 8 wyjść/wejść analogowych. Ponadto mikrokontroler wyposażono w piny TX i RX do komunikacji oraz standardowe wejścia 5 V, GND czy reset. Napięcie pracy mikrokontrolera wynosi 5 V. Wykorzystywana wersja procesora posiada 32 KB pamięci flash a szybkość zegara to 16 MHz [6].

Wybór mikrokontrolera Arduino Nano został przeprowadzony na podstawie jego niewielkich wymiarów, ponieważ pilot powinien mieścić się w dłoni operatora. Wymiary mikrokontrolera to 45 mm długości i 18 mm szerokości.

Jako odbiornik urządzenia zamontowany w pojeździe wykorzystano Arduino Uno (rys. 5). Jest to mikrokontroler oparty na ATmega328. W odróżnieniu od Arduino Nano w Leonardo znajduje się 20 wejść/wyjść cyfrowych oraz 6 wejść/wyjść analogowych. Dodatkowo posiada osobne gniazdo zasilania oraz przycisk reset. Podobnie jak w Nano napięcie zasilania to 5 V a pamięć flash to 32 KB [7].

Wybór tego mikrokontrolera sugerowany był ceną oraz możliwością skorzystania z większej liczby wejść i wyjść. Wymiary płytki są większe niż w Nano czyli 67 mm długości oraz 54 mm szerokości, jednak nie jest to problemem w pojeździe, gdzie do dyspozycji jest duża powierzchnia zabudowy.



Rys. 5. Płytki Arduino UNO [7]

Do komunikacji między mikrokontrolerami użyto modułów nadajnika i odbiornika firmy Telmal (rys. 6). Transmisja danych przebiega na paśmie radiowym 433 MHz.

Nadajnik pracuje na zasilaniu 3.5 V (9 mA) lub 12 V (40 mA), jego zasięg w zależności od zasilania i wbudowanej anteny, może sięgać nawet do 200 m, a szybkość transmisji jest na poziomie 10 KB/s. Natomiast odbiornik pracuje na zasilaniu 5 V (5.5 mA) [8].



Rys. 6. Nadajnik i odbiornik radiowy [8]

Napęd elektryczny wykorzystany w pojeździe posiada dwa silniki bocznikowe, które są zasilane napięciem stałym z akumulatora 12 V. Każdy silnik generuje około 50 W mocy, a dzięki połączeniu, za pomocą przekładni ślimakowej, zwiększany jest moment na kole napędowym gąsienicy. W czasie jazdy jeden silnik pobiera około 4 A ze źródła. Aby sterowanie silnika było optymalne zastosowano układ zbudowany z 4 tranzystorów nazywany „mostkiem H”. Dobierając odpowiednie parametry tranzystorów zastosowano tranzystory MOSFET sterowane za pomocą drivera kompatybilnego z Arduino.

## 6. WYKONANIE POJAZDU

Rama gąsienic została wykonana z odpowiednio przygotowanych płaskowników o grubości 3 mm co daje dużą sztywność konstrukcji. Do płaskowników dospawane zostały nagwintowane szpilki na których mogło spocząć podłoże łożyska. Dzięki gwintowanym szpilkom można w razie potrzeby opuścić podwozie do uzyskania niższego prześwitu.

Do płaskowników ramy zostały dokręcone śruby na których obracają się koła i zębaki, masa pojazdu nie wymagała użycia łożysk na kołach. Łożyska zostały zastosowane jedynie w osi napę-

dowej gdzie oprócz sił nacisku pojazdu oś musi pokonać docisk ślimaka do zębátky.

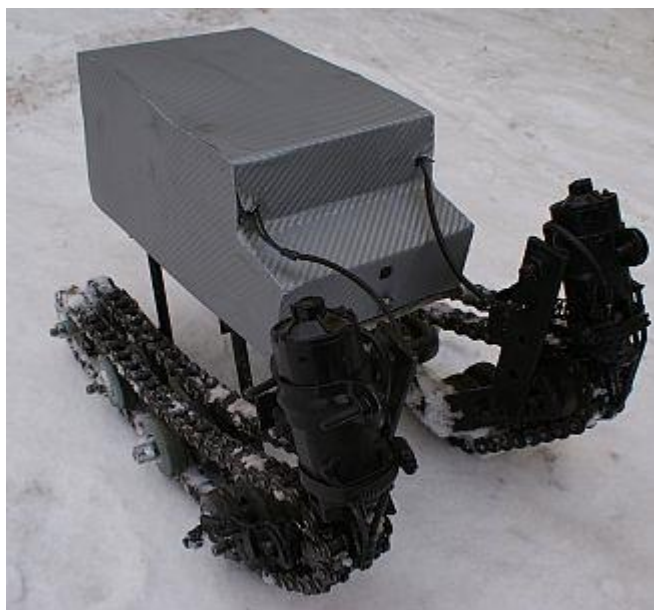
Silniki zostały umieszczone nad gaśienicą jednak są z nią ściśle złączone, ślimak napędza koło zębate umieszczone pomiędzy dwoma kołami napędowymi. Do napędu użyto silników od tylnych wycieraczek samochodu Toyota Avensis.

Gaśienice to odpowiednio cztery łańcuchy jednorzędowe  $\frac{3}{4}$  cala o łącznej długości blisko 5 m. Każdy z łańcuchów napędzany jest na początku odpowiednią zębátką oraz utrzymywany na swoim torze przez końcowe koło zębate. Pomiędzy napędem a prowadzeniem łańcuch podąża po plastikowych rołkach pokrytych gumą.

Podwozie łazika zostało wyposażone w uchwyty do mocowania akumulatora oraz pokryte gumowym materiałem w celu odizolowania części elektronicznych od ramy pojazdu.

Wewnątrz obudowy pojazdu został zamontowany nadajnik kamery która została wyprowadzona na zewnątrz obudowy. W zewnętrznej części obudowy znajdują się także światła LED oraz główny włącznik.

Na płycie podwozia znajduje się akumulator z wyprowadzoną szyną zasilania do której podłączone są wszystkie układy. Oprócz akumulatora połączono razem dwie płytki odpowiednio: płytkę sterowania silnikami oraz sterownik Arduino, które w następnej kolejności przymocowane zostały do podłoża. Wewnątrz pojazdu znajduje się także przekaźnik sterujący światłami oraz przetwornicę napięcia do zasilania modułu kamery.



**Rys. 7.** Wykonanie rzeczywiste pojazdu o zwiększonym prześwicie

Obudowa pojazdu została wykonana z giętej i spawanej blachy o grubości 0,6 mm. Całość została zabudowana tak aby ochronić elektronikę w warunkach panujących na łądzie.

Do pomocy w zdalnym sterowaniu zamontowano w pojeździe bezprzewodową kamerę z funkcją podglądu na żywo. Kamera CV222 firmy SUNLUXY jest prostą kamerą o rozdzielczości 480p wyposażoną w sterownik i nadajnik Wi-Fi (rys. 8). Niewielkie rozmiary ułatwiają montaż i nie zabierają zbędnej przestrzeni. Zasięg nadajnika Wi-Fi w otwartej przestrzeni sięga 100 m, jednakże w razie potrzeby wyposażono kamerę w slot kart pamięci, dzięki czemu można także nagrywać obraz w celu późniejszej analizy. Kamera została zasilona z przetwornicy napięcia podłączonej pod główne zasilanie pojazdu, zmienia ona napięcie z 12 V na 3.7 V. Całość nie wymaga dodatkowego aktywowania lecz włącza się wraz z dostarczeniem zasilania do pojazdu.



**Rys. 8.** IP Kamera [9]

Komunikacja między kamerą a użytkownikiem przebiega przy pomocy smartphona wbudowanego i zasilanego z pilota. Urządzenie posiada wgrane oprogramowanie Android. Dla ułatwienia dostępu do oprogramowania kamery p2pCamViewer zastosowano dodatkowe darmowe oprogramowanie StartupManager.

Aplikacja StartupManager ma na celu ustawienie startowych aplikacji na poziomie bootowania systemu dla urządzeń wykorzystujących Androida. Aplikacja potrafi dodawać aplikacje do rozruchu a także usuwać już istniejące. Dodatkowymi funkcjami oprogramowania jest możliwość monitorowania i analizowania wpisów z rozruchu systemu lub podgląd aplikacji pracujących w tle. Z pomocą oferowanych funkcji programu można dodać oprogramowanie p2pCamViewer do listy programów autostartu, dzięki temu zabiegowi smartphon domyślnie włączy się wraz z pilotem w tryb programu obsługi kamery.

Program p2pCamViewer służy do bezprzewodowej obsługi kamery zamontowanej w pojeździe poprzez łączność Wi-Fi. Dodatkowymi funkcjami, oprócz podglądu w czasie rzeczywistym, jest możliwość zrobienia zdjęcia lub włączenie nagrywania bezpośrednio z panelu głównego podglądu. Do aktywacji podglądu wystarczy mieć aktywowane Wi-Fi oraz odnaleźć na liście kamer w programie naszą kamerę i uruchomić podgląd. Aplikacja pozwala także udostępnić w czasie rzeczywistym nagrania w sieci (rys. 9).



**Rys. 9.** Interfejs programu p2pCamViewer

## 7. TESTY SPRAWDZAJĄCE

Pojazd przetestowano w trzech różnych fazach:

- Podjazd pod wzniesienie o wysokości 50 cm i nachyleniu 30°;
- Jazda po śliskiej i gładkiej powierzchni (lód);
- Jazda po nieregularnym terenie takim jak krzaki, wysokie trawy i korzenie.

Testy miały za zadanie sprawdzenie właściwości jezdnych pojazdu a zwłaszcza zdolność do pokonywania trudnych i nieregularnych a zarazem często spotykanych przeszkód.



**Rys. 10.** Nasyp zmrożonego śniegu – podczas testu

Wykonane testy potwierdzają prawidłowość działania pojazdu. Pojazd bardzo dobrze radzi sobie podczas podjazdów na wzniesienia co pokazuje rys. 10. Łazik nie miał problemów z poradzeniem sobie ze zmrożoną górką piachu o bardzo nieregularnych kształtach a dzięki dużym gąsienicom w porównaniu do masy nie będzie on miał problemów podczas gdy ziemia rozmarznie. Przetestowano także poruszanie się pojazdu na lodzie - łańcuchy sprawiają, że łażak potrafi poruszać się po śliskiej i gładkiej powierzchni. Testy przeprowadzono także tak jak na rys. 11 w lesie pomiędzy gałęziami i dużymi trawami. Dzięki zwiększonemu prześwitowi podwozia wystające elementy podłoża takie jak kamienie, konary, wysokie trawy czy kretowiska nie są przeszkodą dla operatora pojazdu, pojazd bezproblemowo pokonuje tego rodzaju przeszkody.



**Rys. 11.** Test pojazdu w bardzo nieregularnym terenie leśnym

## WNIOSKI

Rzeczywisty model pojazdu bardzo dobrze radzi sobie na trudnym podłożu, moc silników jest w zupełności wystarczająca, a prześwit podwozia sprawia że pojazd nie zaczepia podwoziem o wystające elementy podłoża dzięki czemu nie powoduje to utrudnień w poruszaniu. Ponadto pojazd może znaleźć zastosowanie w transporcie, dzięki masywnej konstrukcji może zostać wyposażony w uchwyty, które mogłyby służyć mocowaniu ładunków na dachu

pojazdu. Łazik w ten sposób mógłby przewozić nawet do pięciu kilo, czyli 25% swojej masy. Atut ten można wykorzystać w transporcie środków pierwszej pomocy dla ludzi znajdujących się pod gruzami lub w trudno dostępnym terenie a dzięki kamerze i oświetleniu łatwo monitorować sytuację w czasie rzeczywistym [4]. Może on znaleźć także zastosowanie w penetracji jaskiń lub leśnych ścieżek a także w przemyśle wojskowym po odpowiednim uzbrojeniu pojazdu w urządzenia pomiarowe do wyszukiwania min, penetracji miejsc niebezpiecznych dla człowieka itp.

## BIBLIOGRAFIA

1. Burdziński Z., *Teoria ruchu pojazdu gąsienicowego*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1972.
2. Doliński A., Wojciechowski A., Pietrzak K., Dolińska K., Wołosiak M., *Odzysk materiałowy w recyklingu wielomateriałowych części pojazdów samochodowych jako etap wdrażania gospodarki zamkniętego obiegu*, Autobusy 12/2016, s. 126-132.
3. Kazmierczak G., Pacula B., Budzyński A., *Solid Edge. Komputerowe wspomaganie projektowania*, Helion, 2016.
4. Krogul P., Przybysz M., Rubiec A., *Transport w trudnym terenie z wykorzystaniem bezałogowej platformy lądowej*, Autobusy 6/2016, s. 615-620.
5. Wikipedia, hasło: prześwit, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Prze%C5%9Bwit>, dostęp: listopad 2016.
6. Arduino Nano, <http://abc-rc.pl/Arduino-NANO-V3-CH340#axzz4TVH55ndY>, dostęp: grudzień 2016.
7. Arduino Uno Overview, <http://www.hobbyist.co.nz/?q=arduino-uno>, dostęp: grudzień 2016.
8. Moduł radiowy nadajnik FS100A + odbiornik 433 MHz, <https://botland.com.pl/moduly-radiowe/3191-modul-radiowy-nadajnik-fs100a-odbiornik-433mhz.html> dostęp: grudzień 2016.
9. Camera Wi-Fi 480p, <https://www.aliexpress.com/item/MINI-IP-Camera-wifi-Camera-480P-p2p-Security-Cam-with-Battery-Surveillance-System-Mini-CameraAnti/32722875331.html?spm=2114.13010608.0.0.PWFH0e>, dostęp: listopad 2016.

### Transport vehicle caterpillar with higher ground-vehicle clearance

*The paper shows a process of designing and constructing a remotely controlled transport caterpillar vehicle with a higher ground-vehicle clearance. It also includes a 3D model of the vehicle and calculations of required force and momentum. Electronics and drivers' software were also designed and wrought. An actual vehicle was built and tested. The tests had a positive result.*

Autorzy:

dr inż. **Przemysław Filipek** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki  
inż. **Grzegorz Filipiuk** – Politechnika Lubelska, absolwent  
inż. **Sebastian Gołowski** – Politechnika Lubelska, absolwent  
**Damian Ptaszyński** - Politechnika Lubelska, student