

Artur ZAWADA<sup>1</sup>

Opiekun naukowy: Jarosław JANUSZ<sup>2</sup>

## **BADANIE TRAJEKTORII RUCHU POJAZDU GĄSIENICOWEGO**

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia badanie wpływu zakłóceń na trajektorie poruszania się pojazdu o napędzie gąsienicowym. Opisane zostały zakłócenia wewnętrzne wynikające z zastosowanego układu sterowania oraz zakłócenia zewnętrzne w postaci oddziaływania podłoża na napęd. Wyniki badań posłużą do modyfikacji i zoptymalizowania układu sterowania tak aby zminimalizować wpływ zakłóceń.

**Słowa kluczowe:** Badania, Arduino, napęd gąsienicowy, optymalizacja.

## **TRAJECTORY STUDY OF CATERPILLAR VEHICLE**

**Summary:** The article presents the study on the impact of disturbances on the trajectories of a caterpillar vehicle. Internal disturbances resulting from the control system used and external disturbances in the form of ground influence on the drive have been described. The test results will be used to modify and optimize the control system to minimize the impact of interference.

**Keywords:** Research, Arduino, caterpillar drive, optimization.

### **1. Wstęp**

W artykule opisane zostało wykonanie testów poruszania się robota mobilnego o napędzie gąsienicowym. Zastosowany napęd charakteryzuje się wysoką przyczepnością, która umożliwia poruszanie się po różnych powierzchniach a nawet terenach błotnistych. Niestety tarcie, jakie pojawia się przy obrocie bardzo utrudnia precyzyjne manewrowanie robotem. Warto podkreślić, że na poprawną trajektorii ma wpływ również układ sterowania. W przypadku badanego robota za sterowanie gąsienicami odpowiada mikrokontroler Arduino Due programowany w języku C++. Badanie ma na celu wykrycie i zweryfikowanie, jak zakłócenia wpływają na ruch

---

<sup>1</sup> inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Automatyka przemysłowa, Artur.zawada88@gmail.com

<sup>2</sup> dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, jjanusz@ath.bielsko.pl

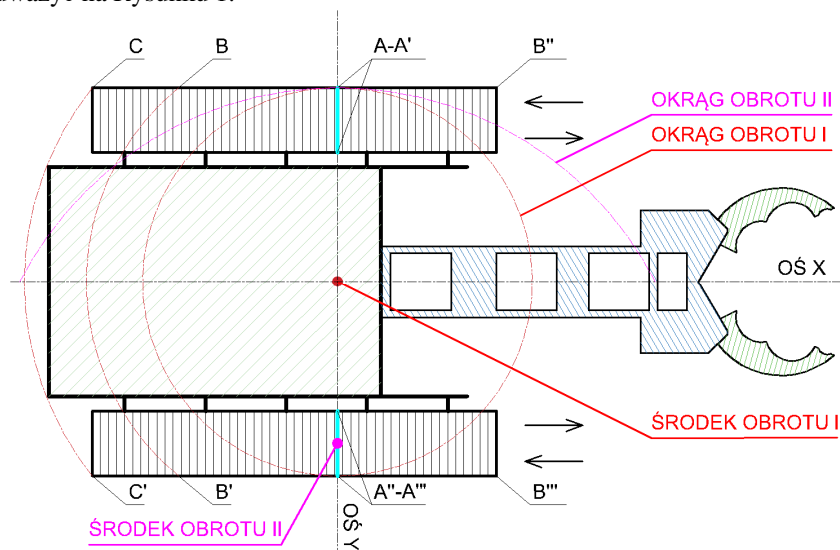
robota. W tym celu konstrukcja robota poddana została serii testów, które umożliwiły dokładną jej analizę. Dodatkowo konstrukcja jak i układ sterowania nie były zaprojektowane do weryfikacji poprawności pozycjonowania, przez co uzyskane wyniki pozwolą na ocenę możliwości robota.

## 2. Napęd – zagadnienia teoretyczne

Pierwszym etapem przed przystąpieniem do badania danej konstrukcji jest odpowiednie zaznajomienie się z jej właściwościami. W tym celu opracowano zagadnienia teoretyczne na podstawie, których zostały wybrane i opisane główne cechy badanego podwozia.

### 2.1. Napęd gąsienicowy [2][4]

Główną zaletą jak i wadą takich konstrukcji o napędzie gąsienicowym jest tarcie pomiędzy podłożem a gąsienicą. Zjawisko to jest wykorzystywane w trudnych warunkach przez co takie zawieszenie umożliwia poruszanie się po terenach niedostępnych dla innego rodzaju napędów. Bardzo wysoki współczynnik tarcia niesie za sobą również i konsekwencje w postaci obciążenia napędu, co w przypadku silników elektrycznych wiąże się z bardzo dużymi prądami. Dodatkowo współczynnik ten zmienia się w zależności od sposobu poruszania się co można zauważyć na Rysunku 1.



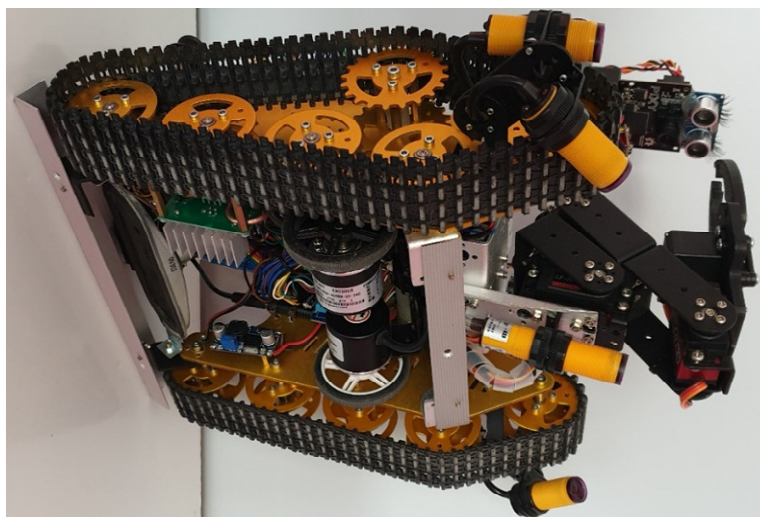
Rysunek 1. Rzut poziomy robota

W przypadku gdy robot porusza się do przodu lub do tyłu tarcie pomiędzy gąsienicami a podłożem jest niemal jednakowe na całej powierzchni styku i ze względu na ruch obrotowy gąsienic nie zachodzi zjawisko poślizgu, a obciążenie silników jest minimalne. W przypadku gdy pojazd wykonuje obrót w miejscu jedna gąsienica obraca się do przodu druga natomiast do tyłu i jedynie punkty gąsienicy znajdujące

się na linii A-A' oraz A''-A''' przemieszczają się bez poślizgu. Pozostałe punkty wykonują poślizg poprzeczny który zwiększa się wprost proporcjonalnie do odległości wzdłuż osi X od osi obrotu. Kierunek w jakim przemieszczają się poszczególne punkty wyznacza „OKRĄG OBROTU I”. I tak punkty B,B',B'',B''' znajdują się w takiej samej odległości od osi obrotu a zatem poślizg w tych punktach będzie jednakowy. Punkty C,C' znajdują się najdalej od osi obrotu przez co poślizg poprzeczny będzie największy. Podczas obrotu całkowity poślizg jest równy sumie poślizgów każdego elementarnie małego punktu, na gąsienicy który styka się z podłożem. Tarcie jakie musi być pokonane, aby wystąpił poślizg nie tylko drastycznie wpływa na prąd pobierany przez silniki, ale także sprawia, że precyzyjna zmiana kierunku jest trudna do uzyskania. Wynika to z faktu, iż punkt, w którym siła wywierana przez moment na silniku będzie większa od siły tarcia uniemożliwiającej poślizg zmienia się dynamicznie wraz z ilością stykających się elementarnie małych punktów gąsienicy z podłożem. Warto tu zauważyć, że przy nierównych terenach ilość takich punktów w każdej chwili się zmienia, jak również zmienia się rozłożenie masy konstrukcji na poszczególne punkty. Skutkiem tak dynamicznych zmian jest to, iż punkt osi obrotu tylko teoretycznie znajduje się w miejscu jak na rysunku 1, a w praktyce może się nieustannie zmieniać podczas wykonywania obrotu.

## 2.2. Budowa badanego podwozia [2]

Jedną z cech pojazdów o napędzie gąsienicowym jest to, iż masa podwozia sprawia, że środek ciężkości jest położony bardzo nisko przez co prawdopodobieństwo przewrócenia jest niewielkie nawet przy bardzo stromych wzniesieniach. Badana konstrukcja RC T300, która została przedstawiona na Rysunku 2 posiada po jednym kole napędowym oraz pięciu kołach prowadzących na jedną gąsienicę, przy czym cztery koła stykają się z podłożem.



Rysunek 2. Widok podwozia

Silniki z przekładniami oraz układ napędowy, o którym szerzej opisane zostanie w rozdziale 2.3 zamontowane są w ten sposób, że koło napędowe znajduje się

bezpośrednio na wale wyjściowym przekładni. Takie rozwiązanie sprawia, że obrót jaki zostanie wykonany przez silnik po odpowiednim przełożeniu przekładni zostanie wykonany przez koło napędowe. Z punktu widzenia przeprowadzanych testów zamontowany na silniku enkoder może posłużyć do zliczania obrotów jakie zostały wykonane przez gąsienice. Niestety rozdzielczość zastosowanych enkoderów sprawia, że przy małych odległościach błąd wynikający z ich rozdzielczości byłby zbyt duży, aby uzyskać poprawne wyniki. Dlatego pod konstrukcją robota zamontowane zostały enkodery o większej rozdzielczości, przez co wykonywany pomiar będzie dokładniejszy a zgodnie z poprzednim rozdziałem punkty znajdujące się na „OSI Y” podczas obrotu przemieszczają się bez poślizgu można przyjąć że nie wystąpi poślizg pomiędzy podłożem a kołem enkodera. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest wykonywanie pomiaru faktycznego przemieszczenia konstrukcji względem podłoża.

### 2.3. Moduł Napędowy [1][3]

Sterowanie badaną konstrukcją oparte jest na mikrokontrolerze Arduino Due. Sterownik ten nie jest w stanie wprost sterować silnikami prądu stałego jakie zostały zainstalowane. Do tego celu na robocie zastosowany został dwukanałowy sterownik silników 35V/15A DFRobot BTS7960. Moduł ten sterowany jest z mikrokontrolera za pomocą sygnału PWM (ang. pulse width modulation – modulacja szerokości impulsu) i od jego wartości zależy jaką prędkość będzie miał dany silnik. Zastosowane rozwiązanie sprawia, że mikrokontroler steruje prędkością silnika w zakresie -100–100% przy czym rzeczywista prędkość zależy od kierunku przemieszczania się. We wcześniejszych rozdziałach opisany został ruch przód – tył oraz obrót w miejscu. Należy jeszcze opisać przypadek, gdy robot skręca podczas ruchu do przodu lub tyłu. W takiej sytuacji jedna gąsienica jest zatrzymywana stając się przez to chwilowym środkiem obrotu (Rysunek 1 „ŚRODEK OBROTU II”) natomiast druga gąsienica podąża po okręgu o dwukrotnie większym promieniu niż wcześniej. Promień ten jest równy rozstawowi gąsienic. Taką sytuację przedstawia Rysunek 1 gdzie trajektorią poruszania się drugiej gąsienicy jest „OKRĄG OBROTU II”. Taki ruch, w którym jedna gąsienica jest nieruchoma wymaga bardzo dużego prądu na silniku drugiej gąsienicy, gdyż moment obrotowy musi pokonać siłę tarcia potrzebną na poślizg obu gąsienic. Z punktu widzenia przeprowadzanego badania ciężko jest przewidzieć w którym momencie moment silnika przeważa siłę tarcia a co za tym idzie, kiedy pojazd zacznie skręcać.

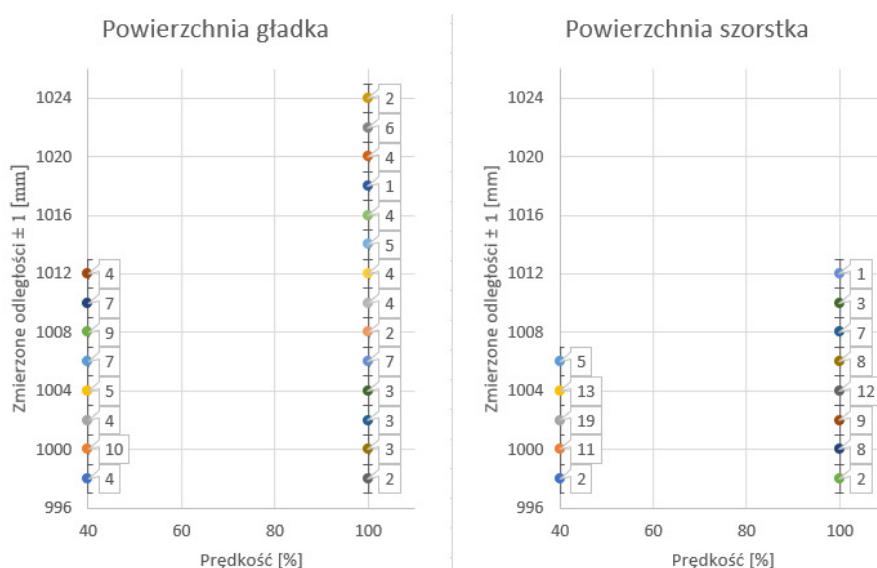
## 3. Przebieg badań ruchów prostych

Aby uzyskać precyzyjne wyniki skomplikowanych trajektorii należy najpierw przetestować ruchy proste, czyli dokładność pozycjonowania się przy jeździe przód tył oraz podczas skręcania i właśnie takim ruchom poświęcony został ten rozdział. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż badana konstrukcja została zaprojektowana do użytku domowego przez co najczęściej spotykanym podłożem są panele podłogowe, parkiety, płytki ceramiczne, wykładziny PCV czy dywany. Badania zostały przeprowadzone dla prędkości 40, 70, 100 % na trzech rodzajach powierzchni, które zostały podzielone pod względem gładkości. Testy posłużyły do weryfikacji oraz dokładnej analizy badanej konstrukcji. Przedstawiane w poniższych rozdziałach

wykresy przedstawiają skrajne przypadki tj. dwa testy na gładkiej powierzchni (panele podłogowe) oraz dwa na powierzchni szorstkiej (dywan / wykładzina dywanowa). Dla każdej z powierzchni opisane zostały pomiary przy prędkościach 40 oraz 100%.

### 3.1. Ruchy przód - tył

Pierwszym przeprowadzonym badaniem był ruch przód – tył i w tym celu przeprowadzono testy, gdzie robot miał za zadanie przejechać 1000 mm po linii prostej. Wykonane testy przeprowadzone zostały 50- krotnie dla każdego nastaw. Wyniki czterech najbardziej różniących się testów przedstawione zostały na rysunku 3. Dodatkowo na wykresie zaznaczone zostały krotności każdego odczytu.



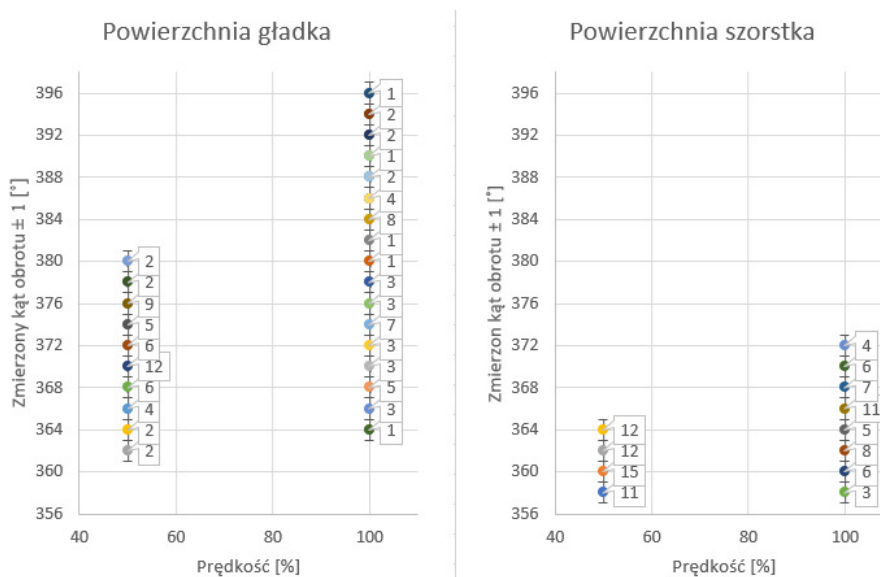
Rysunek 3. Zmierzone odlegości w zależności od rodzaju podłoża i prędkości.

Z powyższego wykresu zauważyć można, że zarówno prędkość jak i podłoże mają bardzo duży wpływ na dokładność pozycji. W przypadku gdy testy przeprowadzane były dla najniższej prędkości  $V=40\%$ , dokładność pozycjonowania była znacznie większa niż dla maksymalnej prędkości. Warto również zauważyć, że rozbieżności przy prędkości  $V=100\%$  zwiększały się tylko w stronę górnej granicy przez co nasuwają się dwa wnioski i oba z nich wynikają z bezwładności masy konstrukcji. Hamowanie silnikami prądu stałego nie wyposażonymi w dodatkowy hamulec polega na wyłączeniu zasilania. Jednak w takim przypadku masa rozpędzonej konstrukcji powoduje obracanie się wałów silników oraz stopniowe wyhamowywanie wynikające z oporów na przekładni. [2] Hipotezę tę można odrzucić na podstawie zaimplementowanej w robocie funkcji dynamicznego hamowania przeciwwrędem, która polega na chwilowej zmianie kierunku obrotów na przeciwny powodując przez to natychmiastowe zatrzymanie się gąsienicy. Jako drugi wniosek nasuwa się poślizg pomiędzy gąsienicą a podłożem i jak najbardziej jest to prawidłowy wniosek, gdyż wspomniane wcześniej dynamiczne hamowanie powoduje niemal natychmiastowe zatrzymanie gąsienicy doprowadzając w ten sposób do poślizgu. Dodatkowo tezę tą

potwierdzają wyniki testów, z których wynika, że przy szorstkiej powierzchni droga zatrzymania dla maksymalnej prędkości skróciła się o 12mm. Podczas testów przeprowadzono jeszcze jedną próbę, w której po przejechaniu 1000 mm robot miał cofnąć na miejsce startu. Zmierzona pozycja niewiele różniła się od startowej jednak bardzo widoczne było to że robot nie stał równoległe do linii startu wynikało to z tego, że przy hamowaniu występowała różnica w poślizgu gąsienic obracając w ten sposób robota o niewielki kąt.

### 3.2. Obrót w miejscu

W przypadku gdy obrót wykonywany jest w miejscu oś obrotu powinna znajdować się jak na rysunku 1 (oznaczenie „ŚRODEK OBROTU I”). Ze względu na zbliżony poślizg na obu gąsienicach pozycjonowanie podczas obrotu w miejscu powinno być najdokładniejsze. W tym celu przeprowadzone zostały testy analogiczne jak w rozdziale 3.1, przy czym w pierwszej kolejności testowany był obrót o  $360^\circ$  a następnie dwa razy po  $360^\circ$  w przeciwnych kierunkach. Wyniki testów zostały przedstawione na rysunku 4, przy czym należy zwrócić uwagę na prędkość minimalną która wynosi 50 % prędkości maksymalnej. Zmianę tę wprowadzono ze względu na siłę tarcia szorstkiej powierzchni opisaną w rozdziale 2.1 która przekracza moment silnika, a co za tym idzie uniemożliwia obrót robota. Minimalna prędkość, która umożliwiła pokonanie siły tarcia wynosi 50% i przy takiej wartości wykonane zostały testy.



Rysunek 4. Zmierzone kąty obrotu w zależności od rodzaju podłoża i prędkości.

Na podstawie wyników badań oraz uzyskanego z nich wykresu (rys. 4) można zauważyć, że poślizg gąsienic względem podłoża ma największy wpływ na dokładność pozycjonowania. W przypadku szorstkiej powierzchni dokładność pozycjonowania wyniosła  $6 \pm 1 [^\circ]$  dla prędkości 50% natomiast na gładkiej  $18 \pm 1 [^\circ]$ . Różnica ta rośnie wraz z prędkością i wynosi analogicznie  $14 \pm 1 [^\circ]$  i  $32 \pm 1 [^\circ]$  przy

100%. Dodatkowo błąd pomiarowy enkodera w przypadku różnicy powierzchni sprawia, że na gładkiej powierzchni impulsy naliczane są nieznacznie wonej, a co za tym idzie rzeczywista różnica pomiędzy pomiarami wyniosła  $22 \pm 1 [^\circ]$  dla 40% prędkości i  $38 \pm 1 [^\circ]$  dla 100%. Wynikiem tak dużej rozbieżności jest również wadliwe działanie funkcji natychmiastowego hamowania podczas obrotu. Zauważalne jest zjawisko, w którym jedna z gąsienic zatrzymuje się a druga obraca się w wyniku bezwładności masy robota powodując w ten sposób tak spore różnice w pozycji zatrzymania. Drugi z testów w którym robot obraca się z powrotem do pozycji startowej przyniósł podobne rezultaty, przez co pozycja końcowa robota nie tylko różniła się od początkowego kątem obrotu, lecz także przemieszczeniem. Wartości przemieszczenia były losowe i na ich podstawie nie da się zauważyć innej zależności.

### 3.3. Test prędkości minimalnej

Kolejnym testem jest określenie wartości minimalnej napięcia jakie jest konieczne, aby zerwać połączenie statyczne pomiędzy gąsienicami a podłożem. W tym celu wykonane zostały badania, w którym prędkości gąsienic stopniowo zwiększano od 1% w górę o 1% aż do momentu, w którym robot rozpoczął ruch. Wykonane zostało 5 rodzajów badań jako pierwsze wykonany był ruch przód-tył. Następnie obrót z użyciem obu gąsienic w lewo a następnie w prawo, na końcu obrót z użyciem jednej gąsienicy w lewo i prawo. Uzyskane w tym badaniu wyniki przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wyniki badań prędkości minimalnej

L.p.	Badany ruch	Powierzchnia	Wartość prędkości [%]	
			Minimalna	Zalecana
1.	Przód - tył	Gładka	1	1
2.		Szorstka	10	13
3.	Obrót dwie gąsienice w lewo	Gładka	9	13
4.		Szorstka	45	47
3.	Obrót dwie gąsienice w prawo	Gładka	11	14
4.		Szorstka	45	47
5.	Obrót lewa gąsienica	Gładka	12	16
6.		Szorstka	50	55
7.	Obrót prawa gąsienica	Gładka	13	16
8.		Szorstka	51	55

Wyniki zostały uzyskane metodą doświadczalną i w tabeli wprowadzony został podział na wartości minimalne, czyli wartości przy jakich zerwane zostało połączenie statyczne oraz zalecane. Wartości minimalne nie dają jednak pewności, że niewielkie dodatkowe opory skutecznie uniemożliwią ruch, dlatego jako wartości zapewniające ruch należy potraktować zalecane. Uzyskane wyniki potwierdzają tezę z rozdziału 2.3 odnośnie największego prądu silnika przy obrocie na jednej gąsienicy.

### 3.4. Obciążenie mikrokontrolera – test poprawności odczytów

Ostatnim z testów prostych była weryfikacja pracy samego mikrokontrolera. W tym celu sprawdzone zostały trzy wersje programowe pierwsza z nich to aktualna wersja oprogramowania jaka została wgrana do robota na potrzeby testów. Następnym programem jest wersja, w której poza aktualnie testowaną funkcją mikrokontroler nie

jest obciążony dodatkowymi obliczeniami. Jako ostatni przetestowany został program, w którym robot przy każdym impulsie enkodera obciążony jest obliczeniami kinematyki manipulatora. Każdy z przeprowadzonych testów przyniósł jednakowe rezultaty. Dopiero po kilkukrotnym wywołaniu funkcji obliczeń kinematyki na jeden impuls enkodera i prędkości 100% można było zauważyć wpływ, przy czym nie wprowadzał on dodatkowego błędu pozycjonowania przy jeździe na wprost. Sposób podłączenia enkoderów do mikrokontrolera w postaci przerwań sprawia, że dodatkowe obliczenia mogą mieć wpływ na pozostałą pracę robota, ale nie powinny mieć wpływu na funkcje obliczeń pozycji i takie właśnie zjawisko zostało wykryte podczas testów.

#### 4. Przebieg badań ruchów złożonych

Badanie ruchów złożonych ma na celu wykrycie nakładania się błędów z pojedynczych ruchów. Ze względu na wyniki poprzednich badań przeprowadzone zostało tylko jedno badanie, mające na celu potwierdzenie wcześniejszych wniosków. W badaniu tym robot miał za zadanie pokonanie zadanej trajektorii, w której wykorzystywał obrót oraz ruch na wprost. Sekwencje ruchu przedstawione zostały w Tabeli 2. Tak jak w przypadku ruchów prostych próby przeprowadzono przy różnych prędkościach i rodzajach podłoża, przy czym każdy z testów powtórzony został 20 razy.

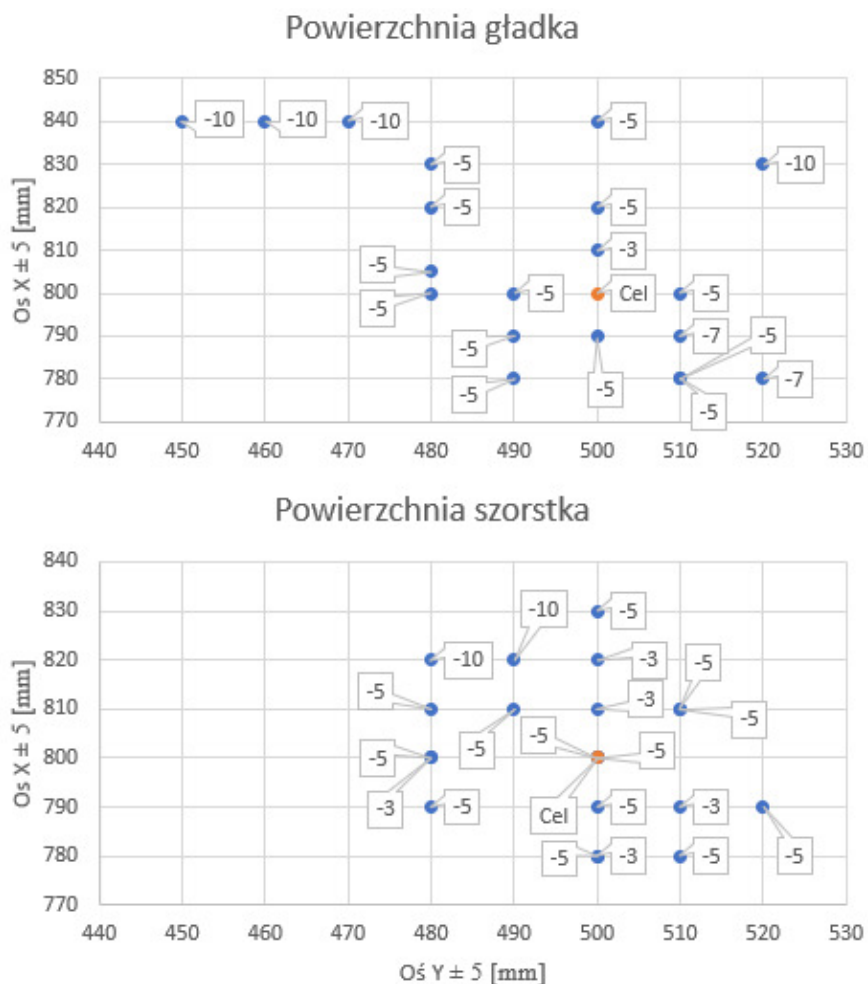
Tabela 2. Sekwencja ruchu robota

L.p.	Zadany ruch	Zadane przemieszczenie		Pozycja		
		Dystans	Jednostka	Oś X	Oś Y	Kąt obrotu
1.	Rozpoczęcie ruchu	-	-	0	0	0
2.	Przód	500	mm	500	0	0
3.	Obrót w prawo	90	°	500	0	90
4.	Przód	500	mm	500	500	90
5.	Obrót w lewo	90	°	500	500	0
6.	Przód	500	mm	800	500	0

Jak wynika z powyższej tabeli pozycja końcowa powinna wynosić 800mm wzdłuż osi X oraz 500 mm wzdłuż osi Y. Wykres 3 przedstawia osiągnięte pozycje rzeczywiste wraz z zaznaczeniem kąta obrotu pod jakimi zatrzymał się robot. W przypadku powierzchni szorstkiej dokładność pozycjonowania była znacznie większa niż na powierzchni gładkiej. Taka sama zależność zachodziła przy badaniach ruchów prostoliniowych. Dodatkowo różnica w dokładności pozycjonowania, pomiędzy powierzchniami różnie wraz z prędkością ruchu co potwierdza wyciągnięte wcześniej wnioski. Warto zaznaczyć, że jedynie na szorstkiej powierzchni i bardzo niskiej prędkości wynoszącej 50% (Tabela 1 Wartości minimalna zalecana =47%), pojazd zatrzymał się dokładnie w zadanym miejscu różniąc się jedynie niewielkim odchyleniem kąta obrotu. Na podstawie tych wyników można stwierdzić że dokładność pozycjonowania jest bardzo niska, natomiast biorąc pod uwagę stwierdzony poślizg gąsienic powtarzalność przy tak dużej losowości jest wysoka. Wynika to między innymi z tego, że przy jednakowej prędkości podczas obrotów najpierw w jedną stronę, a następnie w drugą poślizg kompensuje się przez



co odchylenie na końcu ruchu niewiele odbiega on teoretycznego. W przypadku gdy robot przejechałby z powierzchni szorstkiej na gładką lub odwrotnie poślizg ten nie zostałby skompensowany.



Rysunek 5. Pozycja końcowa robota w układzie XY

## 5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięte zostały wnioski końcowe, w których stwierdzono, że prawidłowe pozycjonowanie robota jest niemal niemożliwe bez wprowadzenia zmian w układzie sterowania. Podsumowując przeprowadzone badania ruchów prostych można zauważyć że największe błędy wynikają z nieprawidłowego hamowania zwłaszcza podczas obrotu. Obrót w miejscu przy użyciu dwóch gąsienic wprowadzał największy błąd poprzez nieprawidłowo działającą funkcje dynamicznego hamowania. Wprowadzenie odpowiednich zmian

programowych w tej funkcji powinno znacząco zwiększyć powtarzalność pozycjonowania jednak z pewnością nie wyeliminuje całkowicie problemu. Podczas przeprowadzania badań dużą uwagę skupiono na rodzaju powierzchni po jakiej porusza się robot. Był to słuszny kierunek, gdyż uzyskane w ten sposób pomiary pozwoliły nie tylko na wykrycie różnic w poślizgu przy hamowaniu, ale również rozbieżności prędkości minimalnej potrzebnej na zerwanie połączenia statycznego w różnych warunkach. Taka rozbieżność niemal, dyskwalifikuje robota do dalszych badań, gdyż moment, przy którym robot zacznie skręcać podczas jazdy dynamicznie się zmienia w zależności od szorstkości powierzchni oraz jej nierówności. Na podstawie badań trajektorii ruchów złożonych zauważyć można, że program sterujący trajektorią przejazdu używa sprzężenia zwrotnego jedynie do osiągnięcia pożądanego odległości przez co robot nie wprowadza korekty do dalszych ruchów. Efektem takiego sterowania jest nakładanie się kolejnych błędów przez co osiągnięta rzeczywista pozycja końcowa w sposób losowy różni się od zadanej. Dodanie odpowiedniej funkcji, która wprowadza korektę następnych ruchów na podstawie aktualnej pozycji powinna znacząco wyeliminować ten problem. W omówionych wcześniej badaniach bardzo często występował problem, z poślizgiem który sprawiał, że praktycznie każde badanie obarczone było wynikającym z niego błędem. Poślizg podczas zakończenia ruchu spowodowany jest natychmiastowym zatrzymaniem gąsienic oraz działającym przeciwnie. W celu zminimalizowania tego problemu zaleca się wprowadzenie regulatora PID który będzie dynamicznie zmniejszał zadaną prędkość wraz ze zbliżaniem się do wartości zadanej. Przeprowadzone badania pozwoliły na wykrycie wad konstrukcyjnych oraz programowych badanej konstrukcji. Większości z wykrytych zakłóceń można zapobiec poprzez odpowiednie zmiany programowe. Największym problemem nadal pozostanie wykrycie punktu, w którym konstrukcja rozpocznie skręcanie. Ten problem również można zminimalizować poprzez wprowadzenie jednakowych enkoderów pomiarowych o jak największej rozdzielczości. Wszystkie zaproponowane modernizacje nie dają pewności, że robot przejedzie zadaną trajektorię i bezbłędnie dotrze do celu. Aby mieć pewność poprawności działania po wprowadzonych zmianach konieczne jest przeprowadzenie badań ponownie. Robot posiada bardzo duże możliwości i po wyeliminowaniu wymienionych w artykule zakłóceń pracy oraz ponownej weryfikacji z powodzeniem można zastosować robota do mniej precyzyjnych czynności.

## LITERATURA

1. HUGES C. HUGES T.: Programowanie robotów- sterowanie pracą robotów Autonomicznych, HELION, 2017, 190-192.
2. ZAWADA A.: Projekt i budowa mobilnego robota z manipulatorem, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej 2019 – praca dyplomowa.
3. ZAWADA A, JANUSZ J.: Projekt i budowa ramienia sterowanego mikroprocesorowo, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej 1(2018), 405-416.
4. Botland <https://botland.com.pl/pl/sterowniki-silnikow-moduly/2691-dfrobot-bts7960-dwukanalowy-sterownik-silnikow-35v15a.html> 20.10.2019
5. Wikipedia [https://pl.wikipedia.org/wiki/Gąsienicowy\\_układ\\_bieżny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Gąsienicowy_układ_bieżny) 20.10.2019