

TYTUŁ ARTYKUŁU – UKŁAD MECHANICZNY ROBOTA CHODZĄCEGO PO SCHODACH

MARTYNA JÓZEFczyk, JUSTYNA SZLONZAK, DAWID SZUL,
MICHAŁ STRYCHARCZUK

*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
Katedra Robotyki i Mechatroniki,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

*mjozefczyk53@gmail.com, szlonzakj@student.agh.edu.pl,
dawidszul01@gmail.com, michal.strycharczuk@gmail.com*

SŁOWA KLUCZOWE: Robot mobilny, Robot wchodzący po schodach, Robot wykrywający krawędzie.

STRESZCZENIE

Prace nad częścią mechaniczną robota poruszającego się po schodach polegały na opracowaniu modelu robota w programie CADowskim. Założyliśmy podstawowe funkcjonalności naszego robota, takie jak kontrolowanie odległości od stopnia czy samodzielny obrót do pozycji prostopadłej do ściany schodka. Rozpatrzyliśmy różne rozwiązania techniczne, tak aby zoptymalizować zaawansowanie robota z jego prostotą w wykonaniu oraz ceną części potrzebnych do budowy. Cały robot został wykonany jako model 3D z istniejących klocków Lego w programie Autodesk Fusion 360.

1. Wstęp

W codziennym życiu, na każdym kroku mamy styczność z urządzeniami zawierającymi układy mechaniczne. Są nimi na przykład: pralka, samochód czy komputer. Jako użytkownicy często nie zagłębiamy się w to, jak działa dane urządzenie. Nie zdajemy sobie sprawy z tego, jak ważnym aspektem jest układ mechaniczny. W jego skład wchodzi zwykle, w zależności od użyteczności, np. przekładnie różnego rodzaju czy silniki.

Układ mechaniczny, to system złożony z elementów, które oddziałują ze sobą w oparciu o zasady mechaniki klasycznej, między innymi zasad dynamiki Newtona czy termodynamiki [1].

Robot wchodzący po schodach - to projekt mechatroniczny, łączący ze sobą elektronikę, mechanikę i programowanie. To urządzenie może ułatwić wiele prostych czynności. Po jego ukończeniu, można do niego dodawać wiele kolejnych funkcji, ulepszeń, po których będzie mógł nie tylko wchodzić po schodach sam, ale na przykład wnosić po nich jakieś przedmioty. W takim projekcie bardzo istotne jest, aby dało się go cały czas poprawiać i zmieniać, gdyż dodatkowe właściwości, są ogromnymi zaletami.

Robot przedstawiony w tym artykule jest wynikiem pracy trzech zespołów: mechaników, elektroników i programistów, którzy wspólnie połączyli siły, aby stworzyć robota wchodzącego po schodach.

Mechanicy zaprojektowali poszczególne części w programie Autodesk Fusion 360 [2], rysunki techniczne, których zadaniem jest ułatwić późniejsze zbudowanie robota w wersji realnej.

2. Cel i zakres prac

CEL PRACY: Budowa układu mechanicznego robota wchodzącego po schodach.

W rozdziale 1 wprowadzono do tematu obejmującego użyteczność układów mechatronicznych w ujęciu urządzeń codziennego użytku.

W rozdziale 2 przedstawiono cel i zakres pracy.

W rozdziale 3 przedstawiono przegląd istniejących rozwiązań mechanicznych.

W rozdziale 4 przedstawiono model robota wchodzącego po schodach.

W rozdziale 5 przedstawiono zasadę działania poszczególnych części mechatronicznych robota.

W rozdziale 6 sprawdzono czy użyte silniki mają wystarczającą moc do podniesienia segmentów.

W rozdziale 7 podsumowano wykonaną pracę i wyciągnięto wnioski.

W rozdziale 8 przedstawiono bibliografię.

3. Przegląd istniejących rozwiązań mechanicznych

a) Technika wchodzenia po schodach

Chcąc zbudować robota wchodzącego po schodach trzeba zastanowić się nad wieloma kwestiami dotyczącymi jego budowy mechanicznej. Ważne było wybranie odpowiedniej liczby segmentów oraz sposobu podnoszenia poszczególnych części.

Możliwe jest wykonanie robota zbudowanego z jednej części i zastosowanie przekładni pasowej do poruszania się (Rys. 1). W takim wypadku robot nie musiałby podnosić osobno każdej z części. Opcja taka nie została jednak wykorzystana w projekcie, ponieważ przy zmiennej wysokości schodów, czy zbyt wysokich stopniach robot mógłby mieć problem z równowagą i mógłby spaść na dół.



Rys. 1. Robot jednosegmentowy z przekładnią pasową [3].

W projekcie postanowiono na 3 segmenty. Robot wtedy jest bardziej stabilny i ma większą swobodę ruchów w porównaniu z robotem dwusegmentowym [4].

Wśród dostępnych opcji podnoszenia segmentów w tego typu robotach warto wymienić przekładnię pasową, przekładnię liniową oraz silnik hydrauliczny. Przy zastosowaniu przekładni pasowej do podnoszenia segmentów robota trzeba byłoby użyć bardzo długiego pasa, istotny bowiem był jak największy zakres wysokości stopni schodów (Rys. 2). Długość pasa mogłaby utrudniać funkcjonalność robota. Gdyby pas był nawinięty ciasno wystąpiłoby duże ryzyko, że pas się urwie. Przy luźniej zaciśniętym pasie ryzykowano by, że pas wypadnie z przekładni lub zaczepi się o inny element robota co mogłoby

spowodować usterkę. Znaczące też jest to, że przy użyciu pasa trzeba zwrócić uwagę na jego rodzaj czy materiał. Przy częstym użytkowaniu robota pas mógłby się przetrzeć co oznaczałoby generowanie kosztów związanych z wymianą go na nowy.



Rys. 2. Robot dwusegmentowy z przekładnią pasową [5].

Użycie silnika hydraulicznego może być bardzo dobrą opcją, gdyż jest to nowoczesne i innowacyjne rozwiązanie. Zastosowanie tego rodzaju systemu jest jednak zdecydowanie droższe od innych. Problem może być dostępność tego rodzaju sprzętu w połączeniu z klockami Lego na jakich bazowano w projekcie, czy konfiguracją z zastosowanym oprogramowaniem. Wadą mogłaby się również okazać wielkość tego rozwiązania. W projekcie starano się zbudować robot o jak najmniejszym wymiarze głębokości, aby jak największa część robota mogła znajdować się na stopniu schodka. Zastosowanie silnika hydraulicznego mogłoby spowodować zwiększenie wymiarów robota co w projekcie byłoby niekorzystne.

W robocie zdecydowano się na przekładnię liniową do podnoszenia segmentów podczas wchodzenia po schodach. Zastosowanie takiego systemu umożliwiło zmniejszenie kosztów oraz wymiarów robota. Jest to również system najmniej narażony na usterki. Z łatwością można regulować maksymalną wysokością na jaką może wjechać robot. Dzięki zastosowaniu tego systemu robot jest stabilny i nie ma problemów z poruszaniem się. Użycie przekładni liniowej oraz zastosowanie 3 segmentów sprzyja również temu, aby robot mógł bezproblemowo skręcać. Sprzęt jaki był dostępny oraz klocki Lego, które były do dyspozycji były wystarczające do zbudowania całej przekładni. Zastosowany system jest również łatwy w naprawie, jeśli nastąpiłaby taka potrzeba.

Zastosowanie przekładni liniowej było najlepszym rozwiązaniem przy założeniach jakie obrano na początku tworzenia projektu.

b) Technika przemieszania się

Zbudowanie robota wchodzącego po schodach wymagało zastosowania różnych rozwiązań mechanicznych. Jednym z problemów okazał się wybór odpowiedniego sposobu przemieszczania. Była to kwestia kluczowa, gdyż wchodzenie po schodach jest najważniejszą funkcją robota.

Roboty klasyfikujemy ze względu na mobilność (możliwość zmiany położenia w przestrzeni), wyróżniamy roboty: latające, pełzające, kołowe, pływające czy kroczące.

Ze względów technicznych został odrzucony od razu sposób przemieszczania się pływający oraz latający, gdyż zadaniem naszego robota jest wchodzenie po schodach, natomiast robot pływający - pływałby, a latający - latałby.

Roboty z układem kroczącym sprawdzają się w terenie, jednak pojawiają się problemy ze sterowaniem (Rys. 3). Są bardziej powolne od robotów z układem kołowym, pojawiają się też problemy z utrzymaniem równowagi. Nogi maszyn kroczących nie mogą być połączone na sztywno, ponieważ drgania powstałe od uderzeń przy wykonywaniu ruchu powodowałyby niszczenie konstrukcji. Roboty z układem krokowym są też drogie w wykonaniu oraz skomplikowane w budowie.



Rys. 3. Robot kroczący [6].

Roboty z układem pełzającym jest powszechnie stosowany na terenach nieutwardzonych (Rys. 4). Poruszanie się odbywa się za pomocą gąsienic, pojazd przemieszcza się przez obracanie koła napędzającego, które zazębia się z taśmą gąsienicy i nadaje jej ruch. Górna część gąsienicy porusza się nad kołami w kierunku ruchu pojazdu, natomiast dolna część układu porusza się po podłożu i tworzy tor dla kół nośnych, a więc całego pojazdu. Najczęściej stosowany jest w czołgach czy skuterach śnieżnych. Konieczne jest w nich stosowanie gumowych nakładek, które trzeba wymieniać w przypadku zużycia [7].



Rys. 4. Roboty z układem pełzającym [8].

Robot z układem kołowym, jest najczęściej budowany robotem, ze względu na szybkie poruszanie się i łatwość sterowania (Rys. 5). Stosowany jest na powierzchniach utwardzonych i prostych. Większa liczba kół i elementów, ułatwia pokonywanie przeszkód i utrzymanie stabilności i przyczepności.



Rys. 5. Robot z układem kołowym [9].

Po rozważeniu wszystkich możliwości, wybrany został robot z układem kołowym, gdyż jego budowa, sposób poruszania się i koszt wykonania okazały się najbardziej odpowiednie.

c) Techniki skręcania

Rozważane były dwa mechanizmy skręcania/obrotu. Ta funkcjonalność jest niezbędna ze względu na konieczność odpowiedniego ustawienia robota względem schodka – prostopadle do krawędzi stopnia. Takie usytuowanie robota zapewnia poprawny przebieg samego manewru wchodzenia bądź schodzenia.

Konstrukcja robota wymusza konieczność napędzania wszystkich osi, zatem możliwy jest napęd na 4 koła [10], realizowany po podniesieniu środkowego segmentu. Wiąże się to z koniecznością zastosowania pojedynczej osi w tylnym segmencie. Podwójna oś stanowi w tym wypadku poważne utrudnienie przy zmianie kierunku jazdy. Przedni segment wykonuje skręt za pomocą przekładni kierowniczej umieszczonej przed mocowaniem segmentu do przekładni liniowej, dzięki czemu zachowana jest spójność całej konstrukcji. Wymaga ona zastosowania jednego dodatkowego silnika, który steruje skrętem. To rozwiązanie implikuje również konieczność zastosowania mechanizmu różnicowego w tylnym segmencie, gdyż koło po stronie wewnętrznej i zewnętrznej łuku wykonują ruch po okręgach o różnych promieniach. Aby skręcić w ten sposób robot potrzebuje odpowiednio dużo wolnej przestrzeni wokół, co przy wchodzeniu bądź schodzeniu ze schodów jest dużym problemem ze względu na długość stopnia. Wielokrotnie może zajść sytuacja, w której schodek jest niewiele dłuższy, lub nawet krótszy od samego robota. W takiej sytuacji zmiana ustawienia w ten sposób jest utrudniona, podzielona na wiele delikatnych skrętów. Znacznie wydłuża to czas całej procedury. W przypadku, gdy stopień jest równy długością lub nieco krótszy od robota, manewr ten staje się niewykonalny. Dodatkowo, pojedyncza oś w tylnym segmencie oznacza gorszą stabilność całej konstrukcji przy wchodzeniu lub schodzeniu ze schodka w odniesieniu do dwóch osi.

Drugim z rozważanych mechanizmów skręcania jest zbudowany na wzór sposobu skręcania czołgu [11] z tą różnicą że zamiast gąsienic użyte są koła środkowego segmentu. Po uniesieniu segmentów przedniego i tylnego dwa koła po jednej stronie obracają się w jednym kierunku, natomiast koła po przeciwnej stronie obracają się w przeciwnym. To rozwiązanie również wymaga od nas zastosowania dodatkowego silnika, gdyż koła po przeciwnych stronach muszą być napędzane niezależnie. Możliwe jest zbudowanie odpowiedniej przekładni, dzięki której jeden silnik może napędzać wszystkie koła, jednak w ten sposób nie istnieje możliwość niezależnego sterowania

przeciwnymi stronami. Skręcanie w ten sposób odbywa się w miejscu, przez obrót wokół pionowej osi przechodzącej przez środek drugiego segmentu. W znacznym stopniu rozwiązuje to problem wykonywalności takiego manewru, możliwe jest skręcanie nawet przy długości stopnia nieco krótszej od długości samego robota. Nie ma również problemu ze stabilnością całej konstrukcji przy tego typu rozwiązaniu, czy z czasem potrzebnym na wykonanie manewru.

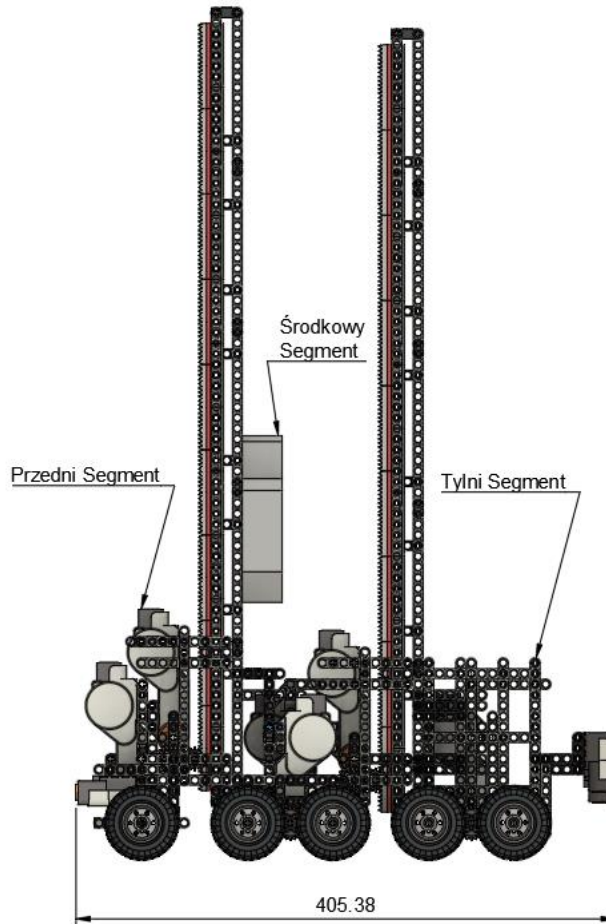
Trzecim rozważanym rozwiązaniem jest manualne przestawienie robota. Niestety, wymaga ono stałego nadzoru operatora robota, konieczna jest każdorazowa ingerencja człowieka w celu korekty ustawienia. Rozwiązanie to jest najprostsze w implementacji, jednak nie jest ono w żadnym stopniu autonomiczne. Z tego względu jest najbardziej uciążliwe w użytku, a sam sens budowania takiego robota jest wątpliwy.

Biorąc wszystkie czynniki pod uwagę, wybrano drugie z rozważanych rozwiązań. Jest ono proste w implementacji, gdyż, w porównaniu do rozwiązania pierwszego, nie wymaga zbudowania dwóch dodatkowych mechanizmów, a jedynie niewielkich modyfikacji środkowego segmentu. Jest ono również korzystniejsze ze względu na stosunkowo niewielki przyrost masy całej konstrukcji. Umożliwia również szersze zastosowanie robota oraz nie wpływa niekorzystnie na stabilność.

4. Model Robota wchodzącego po schodach

W programie Autodesk Fusion 360 został wykonany model robota wchodzącego po schodach. Robot składa się z 3 segmentów (Rys. 6):

- Przedni Segment
- Środkowy Segment
- Tylni Segment



Rys. 6. Zrzut z prawej strony robota wchodzącego po schodach [12].

Każdy segment zawiera część główną danego segmentu oraz część przekładni liniowej, dzięki której robot jest w stanie poruszać się w pionie. Robot posiada 6 serwomechanizmów, a każdy z nich jest połączony z przekładnią redukcyjną. Ponadto robot ten posiada 4 dalmierze ultradźwiękowe (czujniki wykrywające odległość od elementów usytuowanych przed robotem). Pierwsze dwa czujniki są zwrócone do przodu (zgodnie z założonym kierunkiem poruszania się robota). Następne dwa czujniki są położone w końcowej części robota tak, aby podczas poruszania się do tyłu (schodzenia po schodach) robot mógł wykryć krawędź schodka i mógł przebyć odpowiednią odległość.

Przedni segment zawiera komponenty mechaniczne tj:

- Łapka (wraz z przekładnią redukcyjną 1:3)

- Napęd na koła składający się z serwomechanizmu przekładni redukcyjnej 1:3
- Dwa dalmierze ultradźwiękowe

Środkowy segment zawiera komponenty mechaniczne tj:

- Szkielet
- Dwa napędy na każdą ze stron koła składający się z serwomechanizmu przekładni redukcyjnej (3:5)
- Sterownik Robocore [13]
- Łapka (wraz z przekładnią redukcyjną (1:3))

Tyłni segment zawiera komponenty mechaniczne tj:

- Szkielet
- Napęd na koła składający się z serwomechanizmu przekładni redukcyjnej 3:5
- Akumulator
- Dwa dalmierze ultradźwiękowe

W bibliografii załączono linki do modelu całego robota oraz przekładni liniowej [14, 15].

5. Zasada działania poszczególnych części mechanicznych robota

Przekładnia liniowa jest podzielona na dwie części Łapka i Szkielet. Łapka posiada serwomechanizm, który odpowiada za poruszanie po Szkielecie, dzięki zębátkom umieszczonych w obu częściach mechanizmu. Serwomechanizm użyty w Łapce jest połączony z przekładnią redukcyjną, która zapewnia, że nawet silnik o małym momencie obrotowym jest w stanie podnieść relatywnie duży ciężar.

Przedni segment robota wykrywa schodek, dojeżdża do stopnia i w procedurze wejścia po schodach jest podnoszony jako pierwszy.

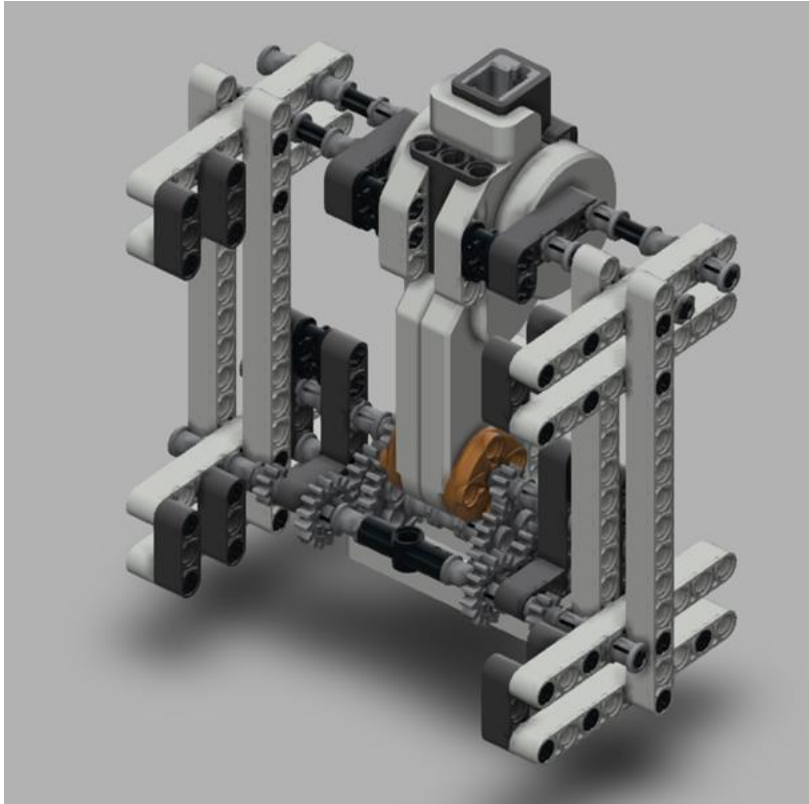
Środkowy segment zawierający kluczowe elementy robota, takie jak płytką Robocore sterująca całym układem elektronicznym oraz główny układ jezdny umożliwiający jazdę po torze poziomym, a także obrót w miejscu.

Końcowy segment jest odpowiedzialny za dostarczenie energii zasilającej do całego układu oraz za wykrycie krawędzi schodka podczas procesu schodzenia po schodach.

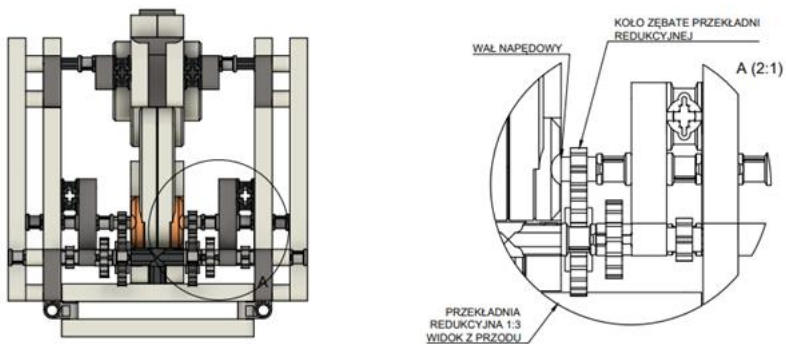
6. Obliczenie mocy potrzebnej do podniesienia danego segmentu przez silniki LEGO NXT w połączeniu z przekładnią redukcyjną (1:3)

Aby upewnić się, że robot, który został zaprojektowany przez nasz zespół w programie Autodesk Fusion 360 [2], będzie działał w rzeczywistości, trzeba obliczyć czy zastosowane silniki Lego NXT w połączeniu z przekładnią

redukcyjną (1:3) (Rys. 7, Rys. 8) mają wystarczającą moc do podniesienia zaprojektowanych segmentów.



Rys. 7. Rysunek przedstawiający Łapkę wchodzącą w skład przekładni liniowej [16].



Rys. 8. Rysunek przedstawia część rysunku technicznego stworzonego do Łapki [17].

Aby to zrobić trzeba zacząć od obliczenia czasu jakiego potrzebuje silnik, aby podnieść segment na wysokość typowego schodka, za którą można przyjąć 18 cm.

Tab. 1. Specyfikacja silnika Lego NXT [18].

NXT	Torque	Rotation speed	Current	Mechanical power	Electrical power	Efficiency
4.5 V	16.7 N.cm	33 rpm	0.6 A	0.58 W	2.7 W	21.4 %
7 V	16.7 N.cm	82 rpm	0.55 A	1.44 W	3.85 W	37.3 %
9 V	16.7 N.cm	117 rpm	0.55 A	2.03 W	4.95 W	41 %
12 V	16.7 N.cm	177 rpm	0.58 A	3.10 W	6.96 W	44.5 %

W tym celu trzeba odczytać z tabeli 1 moment obrotowy, prędkość obrotową oraz moc mechaniczną dla napięcia 9V. Dzięki prędkości obrotowej silnika można obliczyć czas potrzebny na podniesienia segmentu o 18 cm, chwilowo zakładając, że użyty silnik ma wystarczającą do tego moc. W tym celu należy, ilość obrotów na minutę na zębatce końcowej podzielić przez 3 ze względu na użycie przekładni redukcyjnej (1:3), co daje 39 obrotów na minutę. Jeden obrót zębatki końcowej, która posiada 8 ząbków, odpowiada przemieszczeniu się o 8 ząbków w przekładni liniowej. Z kolei klocek, posiadający 10 ząbków ma długość 3,2 cm. Z tej zależności można obliczyć, że obrócenie zębatki końcowej 39 razy podniesie/opuści segment o 99,84 cm. Z tego wynika, że, aby podnieść segment o 18 cm silnik musi się obrócić 21,09 razy, co wykona w czasie 10,81 sekundy. Następnie można obliczyć moc potrzebną do podniesienia danego segmentu korzystając ze wzoru 1:

$$P = F * h / t \quad (1)$$

P – moc [W]

F – wartość siły równoważącej siłę ciężkości [N]

h – wysokość, na jaką jest podnoszony segment [m]

t – czas [s]

Wartości i stałe:

- przyspieszenie ziemskie 9,81 m/s²
- Czas 10,81 s
- Wysokość 18 cm

Tab. 2. Zależność mocy potrzebnej do podniesienia danego segment od jego masy

Segment	Masa segmentu [g]	Siła ciężkości [N]	Moc min. potrzebna do podniesienia segmentu [W]
Przedni	424,41	4,16	0,06933
Środkowy	786,96	7,72	0,12855
Tylni	1017,70	9,98	0,16624

Z obliczeń wynika, że moc potrzebna do podniesienia przedniego, środkowego oraz tylnego segmentu to odpowiednio 0,06933, 0,12855 oraz 0,16624 watów (Tab. 2).

Moc mechaniczną dostarczaną przez silnik NXT można odczytać z tabeli 1, która wynosi 2,03 wata, a przy zastosowaniu przekładni redukcyjnej moc potrzebna do podniesienia danego segmentu jest znacznie mniejsza.

7. Podsumowanie i wnioski

W ramach pracy został wykonany prototyp robota, pomiar wysokości pracy oraz dokumentacja techniczna.

W projekcie układu mechanicznego największym problemem okazała się długość robota, która musiała ulec zmniejszeniu, gdyż robot nie mieścił się na schodku, w takim stopniu, aby móc stabilnie podnieść kolejne segmenty.

Podczas pracy trzeba było także przemodelować jeden ze Szkieletów, ponieważ zahaczał o jedną z przekładni redukcyjnych. Cała reszta robota od razu działała poprawnie.

Analiza struktury wykazała, że w następnej wersji można użyć mniejszej ilości klocków zachowując wytrzymałość robota.

Zaskakujące okazało się to, że nie było żadnych problemów mechanicznych przy złożeniu wszystkich segmentów, gdyż każdy segment był robiony przez inny podzespół.

Jako kierunek dalszych prac planowe jest:

- Ograniczenie ilości użytych klocków
- Zmniejszenie masy robota
- Dodanie funkcji przenoszenia przedmiotów przez robota
- Zwiększenie szybkości podnoszenia poszczególnych segmentów

8. Bibliografia

[1] https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_mechaniczny 09.05.2021

[2] <https://www.autodesk.pl/products/fusion-360/subscribe?plc=F360&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1> 07.05.2021

- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=4UxPvNu5x5s&t=1s> 2.06.2021
- [4] <https://www.facebook.com/PukalukAdam/videos/1501205696669370>
27.05.2021
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=AUYBPLdk118> 2.06.2021
- [6] http://www.asimo.pl/modele/rabbit.php?fbclid=IwAR3YVwYh5DJxaqD59xDfi2jxsNihXt4EKu_OIDMMuBmxOvOgbfqNKFgko-g 2.06.2021
- [7] <http://www.par.pl/Forum-mlodych/Kolo-Naukowe-Mechatroniki/uklady-lokomocji-w-zastosowaniu-do-roboty-poruszajacego-sie-po-powierzchniach-pionowych> 27.05.2021
- [8] https://www.magnum-x.pl/artukul/polskierobotywojskowe?fbclid=IwAR1NvsTD1AYjMxs_FxMzXl9c7nKeSSDbM2EOyoOo8nAps9v1cqdrNADUrGo 2.06.2021
- [9] https://forbot.pl/blog/robotyka-moze-byc-prostsza-z-produktami-husarion-id21590?fbclid=IwAR0Ksj2-Z5WnMH90QUvQ1RUWqE_ilOD7z1B2hhuTSmdlUNFOGokjxR2R73c
02.06.2021
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=oXUtzuQNUks> 27.05.2021
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=BvBXpZTTDKY> 27.05.2021
- [12] <https://cdn.hackaday.io/files/1797237689268832/Rysunki%20Techniczne%20-%20Robot%20wchodz%C4%85cy%20po%20schodzach.pdf>
02.06.2021
- [13] <https://husarion.com/manuals/core2/> 07.05.2021
- [14] <https://student61185.autodesk360.com/g/shares/SH919a0QTf3c32634dcfb03744401856e0b2> 02.06.2021
- [15] <https://student61185.autodesk360.com/g/shares/SH919a0QTf3c32634dcf2f1e66aac6f5cea1> 02.06.2021
- [16] <https://student61185.autodesk360.com/g/shares/SH919a0QTf3c32634dcf0f065a22d1621173> 02.06.2021
- [17] <https://cdn.hackaday.io/files/1797237689268832/Rysunki%20Techniczne%20-%20Robot%20wchodz%C4%85cy%20po%20schodzach.pdf> 02.06.2021
- [18] <https://www.philohome.com/motors/motorcomp.htm> 02.06.2021