

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Норд Леонід Павлович

УДК 004.925.5

**Моторно-колісний робот з можливістю переміщення
по феромагнітним поверхням**

Напрямок підготовки 6.050102 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат
бакалаврської роботи
на здобуття кваліфікації бакалавра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

- Керівник:** кандидат фізико-математичних наук, доцент
Дворник Ольга Василівна,
ЧНУ ім. Петра Могили,
в.о. завідувача кафедри комп'ютерної інженерії, доцент
- Рецензент:** доктор технічних наук, професор
Дихта Леонід Михайлович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри прикладної та вищої математики
- Консультант:** доктор технічних наук, професор
Кондратенко Юрій Пантелейович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри Комп'ютерних наук та інформаційних технологій
- Консультант:** **Алексєєва Анна Олександрівна,**
ЧНУ ім. Петра Могили,
старший викладач кафедри екологічної стандартизації та екосертифікації

Захист відбудеться « 25 » червня 2019 р. о 10⁰⁰ на засіданні Екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 18 » червня 2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Регулярне очищення корпусів суден та кораблів, відновлення захисного покриття їх підводної частини дозволяє зберігати швидкість ходу, а й, відповідно, не втрачати час та додаткові фінанси під час доставки товарів.

Підготовка поверхонь суден та кораблів до ремонту та фарбування складається з наступних технологічних дій: очищення від наростів, старої фарби, іржі; профілактичні або підготовчі покриття поверхонь. Ці види робіт виконуються за допомогою м'якого бластингу, або жорсткого абразивного методу – пікоструйної обробки. Очищення поверхонь суден все ще вимагає присутності людини, яка керує засобом очищення.

Звісно, що в персоналу, який здійснює подібні процедури, дуже великі ризики травмування та виникнення захворювань, зокрема й ракових, оскільки використовуються хімічно-активні середовища, або сполуки під великим тиском, як от пісок. До того ж швидкість та якість подібної технології підготовки поверхонь корпусів суттєво залежить від людей, що її здійснюють.

Отже, проблема безпечного для людини процесу очищення корпусів все ще є актуальною в наш час розвитку технологій.

Для вирішення проблеми необхідно розробити автономний пристрій, а саме, моторно-колісний робот, який здатен пересуватися по феромагнітних поверхнях, навіть з негативним кутom нахилу поверхні. Такий моторно-колісний робот являє собою складний механізм і здатен вирішувати основну проблему при ремонтних роботах у доку з очищенням зовнішнього корпусу судна.

Мета: розроблення прототипу автономного моторного колеса здатного переміщуватися по феромагнітних поверхнях складної геометрії.

Об'єкт: методи проектування складних апаратно програмних комплексів, здатних автономно пересуватися по складних поверхнях феромагнітної природи, технології розроблення систем електронного керування пересувними елементами.

Предмет: автономний моторно-колісний робот, під керуванням мікроконтролерної платформи Arduino Mega, здатний пересуватися по феромагнітних поверхнях.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

– за результатами аналітичного огляду літератури та патентної інформації обґрунтувати вибір методів та засобів проектування і розроблення прототипу моторного колеса;

– моделювання та конструювання прототипу під керуванням мікроконтролерної платформи Arduino Mega;

– тестування роботи програми управлінням актуатором з магнітним самоорієнтовним захватом;

– розроблення підтримуючої конструкції для тестування прототипу;

– розробити питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Практичне значення отриманих результатів: впровадження розробки дозволить реалізувати повноцінний комплекс обладнання для спеціальної обробки і обслуговування корпусу суден та майже повне зняття з людини ризиків підчас роботи, а також уникнення суб'єктивних оцінок якості та швидкості оброблення.

Апробація результатів бакалаврської роботи відбулася під час:

Стажування у університеті Saarland University Saarland, 01.03.2018-01.09.2018.

Erasmus+ ALIOT Spring Training School STraS-2019, Academia and Industry Cooperation in Internet of Things, Запорозьє, 17-21 мая 2019.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 16 найменувань, 5 додатків на 7 сторінках. Основна частина роботи становить 62 сторінок, серед яких 47 рис. та 9 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми бакалаврської роботи, зазначено її зв'язок із науковою програмою, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. Задача побудувати моторно-колісний робот з можливістю переміщення по феромагнітним поверхням для очистки корпусів суден від наростів та бруду та здатній переміщуватися по складній поверхні судна, виконувати небезпечні для людини роботи з очистки корпусу від наростів та бруду.

У **першому розділі** бакалаврської роботи «**Методи та засоби очищення корпусів суден**» проведено огляд існуючих методів очищення корпусів суден, як за участі людини так і безпосередньо дистанційно керованим роботом.

Існує багато способів очистки корпусу судна такі як гідродинамічний, лазерний, механічно-ручний, – потребують безпосередньої участі людини в процесі обслуговування судна. Розроблення прототипу, який буде автономним та мати дистанційне керування, дозволить максимально усунути участь людини у процесі обробки корпусів суден, а також збільшити швидкість та якість обробки, і зменшити фінансові витрати на утримання персоналу. Ряд технологій дозволяють реалізувати операції лінійного переміщення.

У зв'язку з обмеженнями та вимогами до прототипу з проаналізованих технологій лінійного переміщення краще всього підходять малогабаритні електродвигуни з механізмом лінійного переміщення, а саме зубчаста рейка та гвинтова пара. Гідравлічні і пневматичні системи не розглядаються через високу вартість, великі габарити і складності в підключенні та управлінні. Кулачковий механізм вимагає великої точності і жорсткості конструкції рами, тому для реалізації прототипу не є фінансово доцільним.

Компактними і потужними є системи зубчастої рейки і гвинтової пари, досить проста конструкція яких та можливість виготовлення спеціальних деталей на 3D-принтері надають їм перевагу.

З перерахованих вище причин надалі будуть розглядатися тільки зубчата рейка і гвинтова пара. Але, оскільки гвинтова пара вимагає вкрай точного позиціонування деталей один відносно одного, до того ж швидкість доставки перевищує один місяць, варто відмовитися від неї на користь більш доступної та простої у виготовленні зубчастої передачі. Використання серводвигунів в конструкції з зубчастою рейкою забезпечує достатній крутний момент і прийнятну вагу всього прототипу.

Отже, за результатами аналітичного огляду літератури та патентної інформації можна зробити висновки щодо основних характеристик розроблюваного прототипу:

- конструкція повинна мати 12 незалежних лінійних актуаторів з шарнірним магнітним захопленням;

- габарити пристрою до 1 метра в діаметрі;

- електроприводи, які забезпечуватимуть силу 45 Н для забезпечення поступального руху рейки від шестірни;

- візок для підтримки мотор-колеса у вертикальному положенні, через особливості траєкторії руху центру колеса;

- конструкція повинна мати нескладну форму для друку на 3D-принтері;

виготовлення деталей прототипу можливо за допомогою технології FDM з використанням PLA пластику в якості матеріалу.

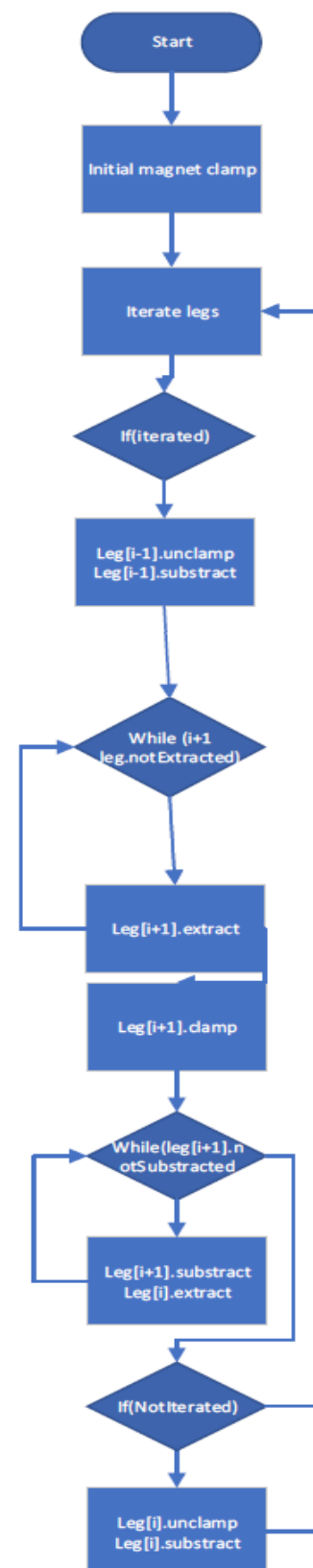


Рисунок 1 – Блок-схема роботи алгоритму

У другому розділі бакалаврської роботи «Розробка прототипу актуатора з магнітним самоорієнтовним захватом» визначено необхідні вхідні параметри прототипу, зроблені необхідні розрахунки для визначення оптимального типу електродвигуна та плати мікроконтролера. Під час пошуку інформації та перегляду характеристик моторів в якості мотора, що здійснюватиме переміщення, обрано сервопривід оскільки він має оптимальні габарити, низьку вартість, швидку доставку. У зв'язку з необхідністю контролювати багато датчиків, серодвигунів та магнітів показано, що мікроконтролер Arduino Mega забезпечує всі обчислювальні процеси для управління прототипом моторно-колісного робота, до того ж має необхідну кількість пінів та привабливу ціну. На основі обраних компонентів системи було розроблено принципову електронну схему підключення всіх компонентів системи. На рисунку() зображено принципова електрична схема підключення в якій можна бачити серводвигун, кінцеві вимикачі, потенціометр та реле з електрромагнітом.

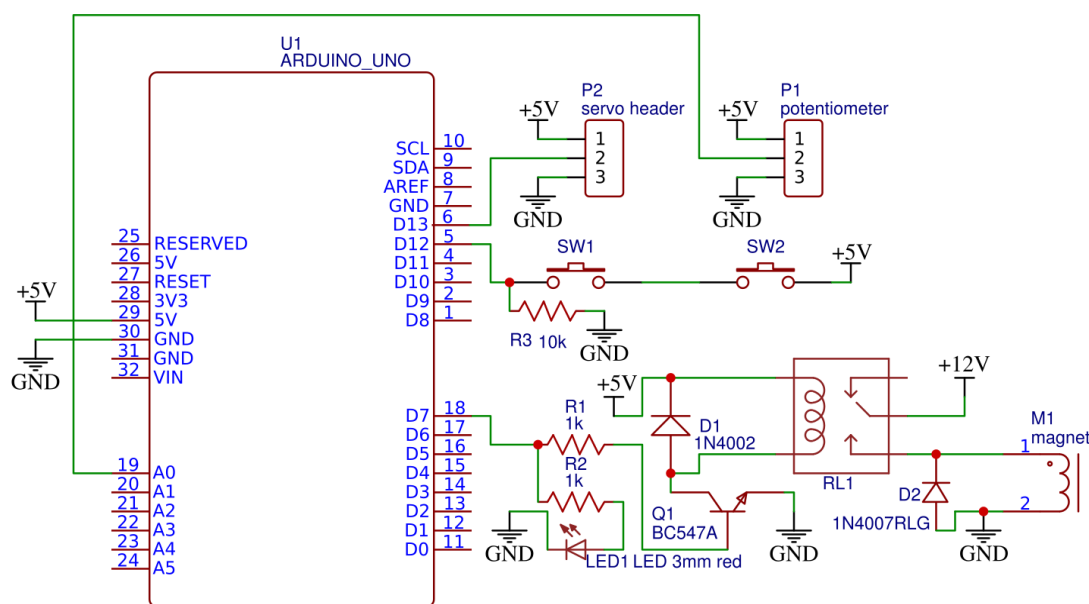


Рисунок 2 – Принципова електрична схема одного АСМЗ.

У третьому розділі бакалаврської роботи «Розробка та виготовлення деталей» В розділі було описано та проаналізовано всі наявні технології 3D-друку виявив, що оптимальним для друку деталей прототипу є метод пошарового наплавлення пластика PLA на попередній шар. Вхіді розрахунків

визначенні критерії до габаритів конструктивної жорсткості та ваги майбутніх деталей. Обраний тип принтера та необхідний пластик який задовольняв вимоги до жорсткості та ваги готової деталі. У процесі розробки апаратної частини створено тестове програмне забезпечення та виконана апробація прототипу. Прототип задовольняє вимоги, які до нього поставлені і повністю виконує поставлені завдання. Надалі планується продовжити розробку прототипу і усунути всі наявні недоліки. А саме вирішити проблему точності заміною двигуна, спростити конструкцію, використовувати точні напрямні та створення декількох прототипів для об'єднання в повноцінний механізм і його апробації.

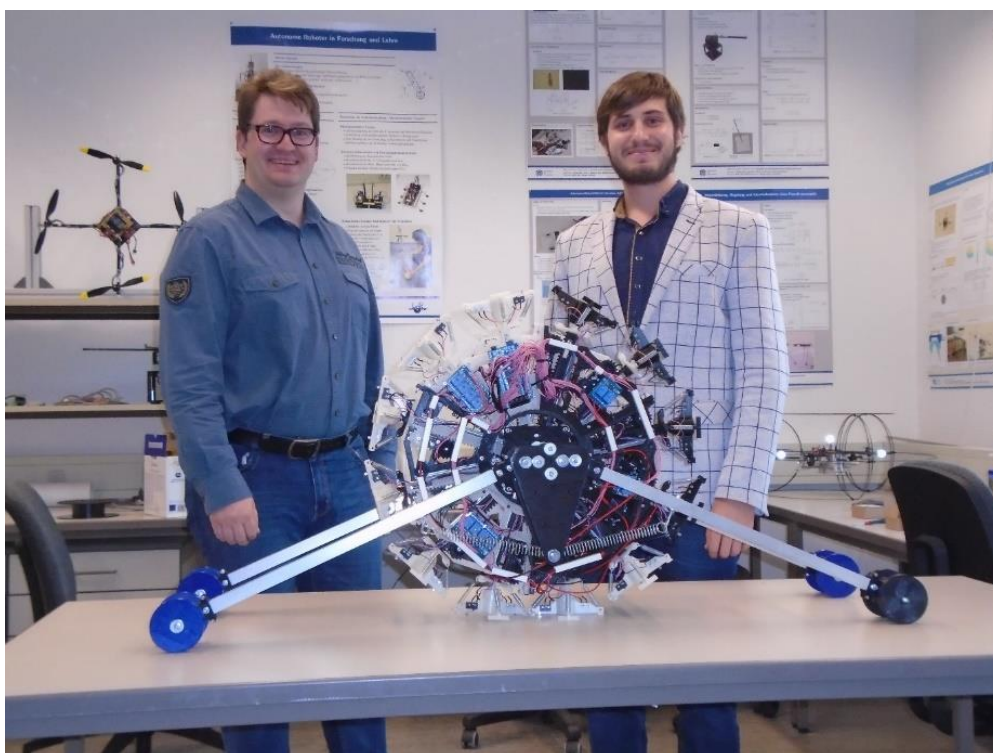


Рисунок 3 – Фотографія з фінальною версією прототипу, виготовленого під керівництвом професора Кондратенко Ю. П. та супервайзера Вулфа К.

Додатки містять фінальну принципову схему підключення електронних компонентів та лістинг коду ПЗ для тестування та апробації прототипу. Матеріали апробації бакалаврської роботи.

У спеціальній частині «Охорона праці» наведено аналіз факторів виробничого середовища у приміщенні на підприємстві ТОВ «Прозорі технології», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Слід зазначити, що було встановлено відповідність

всіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ТОВ «Прозорі технології» є оптимальними.

ВИСНОВКИ

Тема бакалаврської роботи є розвитком наукової роботи команди професорів Кондратенка Ю. П. і Joachim Rudolph (Saarland University, Німеччина).

Аналітичний огляд літератури та Internet-джерел виявив, що наявні способи проведення робіт по очистці корпусів суден найчастіше потребують безпосередньої участі людини в процесі обслуговування судна. Розроблення прототипу з автономним живленням та дистанційним керуванням дозволить максимально усунути участь людини у процесі обробки корпусів суден, а також збільшити швидкість та якість обробки, що і визначає актуальність мети бакалаврської роботи.

Патентний пошук та аналіз наявних технологій реалізації лінійного переміщення в умовах обмеження та вимог до прототипу виявив, що доцільно використовувати малогабаритні електродвигуни з зубчатою передачею. Серводвигуни в конструкції з зубчастою рейкою забезпечують достатнє зусилля на рейці для прийняття ваги всього прототипу.

Визначені характеристики прототипу:

- конструкція має 12 незалежних лінійних актуаторів з шарнірним магнітним захопленням;
- габарити пристрою до 1 метра в діаметрі;
- електроприводи, які забезпечують силу 45 Н для поступального руху рейки від шестірні;
- візок для підтримки моторно-колісного робота у вертикальному положенні через особливості траєкторії руху центру колеса;
- конструкція має оптимальні геометричні параметри для друку на 3D-принтері;

– деталі прототипу виготовлено за допомогою технології FDM з використанням PLA пластику в якості матеріалу.

Розрахунки механічних зусиль визначають тип електродвигунів та їх характеристики. Встановлено, що для забезпечення управління електронною системою прототипу у співвідношення «кількість необхідних логічних пінів» – «вартість», оптимальним є мікроконтролер Arduino Mega 2560. Показано, що для контролювання датчики, серводвигунів та реле для магнітів, достатньо обчислювальних потужностей мікроконтролеру Arduino Mega 2560.

Визначено послідовність технологічних операцій для правильного підключення АСМЗ до мікроконтролерної платформи Arduino Mega 2560.

Удосконалено першу версію прототипу, що дозволило зменшити масу підвищити точність позиціонування. Розроблено та виготовлено прототип моторно-колісного робота.

Визначенні критерії до габаритів, конструктивної жорсткості та маси деталей. Обґрунтовано тип 3D-принтера для друку деталей прототипу, та механічні характеристики пластику, який в свою чергу задовольняє вимогам до жорсткості та ваги готових деталей.

Розроблено:

- принципову електричну схему підключення актуаторів;
- блок-схему алгоритму тестування роботи актуатора;
- тестове програмне забезпечення та виконана апробації прототипу одного моторного колеса.

Встановлено, що виготовлений прототип задовольняє поставленим вимогам і повністю виконує поставлені завдання.

Перспективою подальших розробок є вирішення проблем точності позиціонування актуатора та конструювання промислової версії.

Розроблено питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. L. Nord, «Spring Training School STraS-ALIOT,» в *Wheel-mover robot on*

АНОТАЦІЯ

Норд Л. П. Моторно-колiсний робот з можливістю перемiщення по ферромагнітним поверхням. – Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 6.050102 Комп’ютерна інженерія на здобуття кваліфікації «фахівець з інформаційних технологій». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

В технологічному плані одним з найважливіших напрямків при обслуговуванні судна є фактор втручання людини у шкідливі технологічні процеси які потенційно загрожують життю та здоров’ю людини. Наприклад, при очищенні корпусу судна від наростів та бруду використовують спеціальні кислотні та абразивні розчини які в свою чергу дуже шкідливі для людини та вимагають спеціального захисного костюму. Таким чином, завдяки заміні людини у процесі чистки та прокатці судна на робота з віддаленим керуванням можна підвищити продуктивність та скоротити витрати на окремі етапи робіт.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, 5 додатків та спеціальної частини з охорони праці.

У вступі визначається актуальність теми, наведені задачі, які заплановано вирішити для досягнення поставленої мети. У першому розділі проводиться аналіз патентної інформації та доступних методів очистки корпусів суден від наростів та бруду, також оглянуті робототехнічні системи з дистанційним керуванням. У другому розділі проведено розробку двох прототипів однієї секції колеса. У третьому розділі розроблено програмне забезпечення (ПЗ) для тестування базових функцій прототипу. Розроблено фінальну версію прототипу з 12 самоорієнтовними лінійними актуаторами та спеціальною підтримуючою конструкцією. У висновках наводяться підсумки проведеної роботи та основні переваги розробленої системи перед аналогами.

У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Бакалаврська робота містить 62 с. (без додатків), 47 рис., 9 табл., 16 джерел посилання та 5 додатків.

Ключові слова: Технологія Arduino IDE, Arduino Mega, Sensor, Shield Servomotor, 3D-друк .

ABSTRACT

Nord L. Motor-wheel robot with the ability to move on ferromagnetic surfaces. – Qualification work of the bachelor in specialty 6.050102 Computer engineering for qualification "specialist in information technology". – Black Sea National University named after Petro Mohyla, 2019.

In the technological plan, one of the most important directions in servicing the vessel is the factor of human intervention in harmful technological processes that potentially threaten human life and health. For example, when cleaning the ship's body from build-ups and dirt, use special acid and abrasive solutions which in turn are very harmful to humans and require a special protective suit. Thus, due to the replacement of a person in the process of cleaning and rolling the vessel to a remote control robot, you can increase productivity and reduce costs for individual stages of work.

Explanatory note on bachelor work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of sources of reference, 5 annexes and a special part on labor protection.

The introduction determines the relevance of the topic, sets out the tasks that are scheduled to be solved to achieve the goal. The first section deals with the analysis of patent information and available methods of clearing ships from accretions and dirt, as well as robotic systems with remote control. In the second section, two prototypes of

one section of the wheel were developed. In the third section, software (software) is developed to test the basic prototype functions. The final version of the prototype with 12 self-oriented linear actuators and a special supporting structure has been developed. The conclusions give the results of the work performed and the main advantages of the developed system before the analogues.

In the special section on occupational safety and security in emergency situations, a system of measures and means has been analyzed for preventing the impact on the person of the adverse factors that accompany the work of an IT employee. Analysis of lighting and microclimatic conditions in the workplace, management of civil protection at the enterprise in the event of a fire.

Bachelor work contains 62 s. (without appendices), 47 figures, 9 tables, 16 reference sources and 5 appendices.

Key words: Arduino IDE Technology, Arduino Mega, Sensor, Shield, Servomotor, 3D-print.