

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАСІ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS SIMULATION

Харжєвський А. В.¹, Харжєвський В. О.², Горяцєнко С. Л.³

¹Хмельницький ліцей №1 ім. В. Красицького,

^{2,3}Хмельницький національний університет

E-mail: ¹a.kharzhevskiy@gmail.com, ²kharzhevskiy@khmnu.edu.ua, ³tnt7@ukr.net

Розробка роботизованих технічних систем, безпілотних апаратів, є безперечно актуальною задачею в нашому сьогоденні в Україні – як для військового, так і цивільного призначення. Одним із таких напрямків є розробка роботизованих машинок. Очевидно, що цілий ряд задач можна розв'язувати за допомогою таких апаратів – пошук у завалах, патрулювання територій, розвідка тощо. Очевидно, що розробкою таких технічних систем займаються в тому числі кращі світові компанії, проте власні розробки можуть бути спрямовані для роботи в конкретних умовах, наприклад – в умовах бездоріжжя, по ґрунтовим дорогам, для чого потрібно забезпечити не тільки задані технічні характеристики, але й забезпечити міцність та відповідну функціональність усіх деталей та вузлів. Проте забезпечення цих характеристик вимагає не тільки проведення конструювання, але й відповідних наукових досліджень, які би обґрунтовували вибір тих чи інших конструктивних рішень.

Загальні питання прикладної робототехніки, що лежать в основі методів побудови сучасних роботів та робототехнічних систем, досить ґрунтовно описані в роботі [1]. В результаті проведеного аналізу літератури з цього напрямку та огляду відомих роботизованих машинок, що розробляються провідними світовими компаніями (рис. 1), встановлено, що проектування роботизованих машинок для роботи в умовах бездоріжжя є важливою актуальною науково-технічною задачею. Зокрема, для потреб армії США компанією Boston Dynamics було створено колісного робота-машинку з унікальними характеристиками, що має назву “Sand Flea” – “Піщана блоха” [2] (рис. 1, а), який несе на борту відеокамеру, рухається як контролюється як звичайний іграшковий автомобіль з дистанційним керуванням, його унікальна функція – стрибати вгору на певну висоту перетворює його на ефективний та зручний апарат для розвідки. Спочатку машинка “встає дибки”, а потім стрибає, відштовхуючись поршнем у своїй задній частині: оператор може регулювати кут старту і висоту стрибка. Для стрибка ця машинка використовує поршень зі

стиснутим вуглекислим газом. Бортова система стабілізації тримає її в рівновазі під час польоту, а також для орієнтування в просторі.



a

б

в

Рис. 1. Приклади відомих роботизованих машинок: «Sand Flea» (Boston Dynamics) (а), машинка Rhex (Boston Dynamics) (б), робот-тарган (Каліфорнійський університет) (в)

Описана вище роботизована машинка «Sand Flea» була прийнята нами за прототип для проведення досліджень та відповідно удосконалень. Для проєктованої машинки потрібно забезпечити функціональність стрибання, що є важливим з практичної точки зору, проте використання існуючої робомашинки у важких умовах, що вимагають її підвищеної прохідності, є обмеженим, зважаючи на конструкцію коліс. Отже, нами проведено розробку нової конструкції коліс, що дозволить збільшити прохідність, зберігаючи ті позитивні характеристики, що вже закладені в конструкцію прототипа.

Розглядаючи конструкцію колеса «робота-блохи», слід відзначити, що воно не має протектора, а представляє собою практично гладку пластмасову поверхню. Для підвищення прохідності пропонується максимально збільшити їх діаметр, а до того ж – сформувати на їх поверхні протектор. До цікавих відомих конструктивних рішень коліс «робота-блохи», на які ми звернули увагу, слід віднести наступне: 1) колеса мають бокову підтримку у вигляді шипів, що дозволяє машинці прийняти горизонтальне положення у випадку падіння на бік; 2) колеса мають комірчасту структуру, що дозволяє ефективно перерозподіляти напруження, що виникають у колесі під час динамічних навантажень (ударів).

Отже, поряд зі збереженням відомих переваг конструкції коліс «робота-блохи», вона була удосконалена, зокрема, нами була розроблена наступна модель колеса машинки (рис. 2). В якості матеріалу моделі було прийнято пластик «ABS», що використовувався під час 3D-друку для виготовлення коліс. Моделювання проведено у системі SOLIDWORKS, з використанням методів, описаних у [3]. Для визначення маси спроектованого колеса було використано вбудований інструмент SOLIDWORKS – Evaluate, Mass Properties. Крім маси колеса

у 102,24 г., було визначено також інші його параметри – об’єм, площу поверхні, центр мас, головні осі та моменти інерції деталі. Зазначені параметри можуть використовуватись при проведенні кінематичних та динамічних розрахунків.

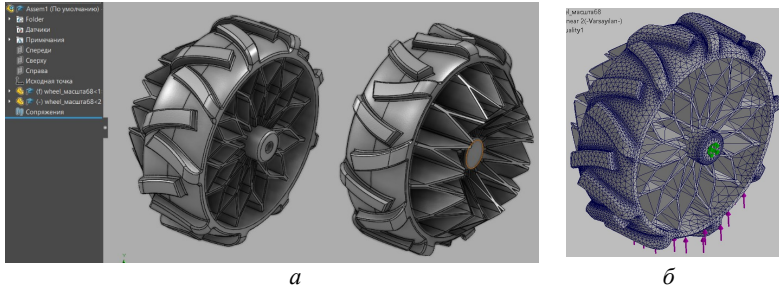


Рис. 2. Розроблена комп’ютерна модель колеса у SOLIDWORKS (а) та її розбиття сіткою методом скінченних елементів (б)

Розроблене колесо було виготовлено шляхом аддитивного друку з використанням 3D-принтера. Виготовлену модель колеса роботизованої машинки показано на рис. 3.



Рис. 3. Виготовлена модель колеса робомашинки на 3D-принтері

Оскільки для прототипа нашої роботизованої машинки – *Sand Flea* (робота-блоти) характерною є функціональність «стрибати» на значні висоти, то можна змодельовати падіння машинки з висоти 3 метри і розрахувати міцність, визначивши напруження, що при цьому будуть виникати в колесі вдосконаленої конструкції. Для проведення розрахунків було використано систему інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation, що є окремим додатком до системи комп’ютерного моделювання SOLIDWORKS. Слід відзначити, що модель колеса, яку ми розглядаємо, виготовлена з пластику, що не є пружним матеріалом, і який не підкоряється закону Гука, тому провести класичний статичний аналіз

методами опору матеріалів тут не можна – отримані результати не будуть коректними. Отже, було проведено нелінійний статичний аналіз, з використанням методів чисельного моделювання, реалізованих у системі інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation [4, 5], отримані результати показані на рис. 5.

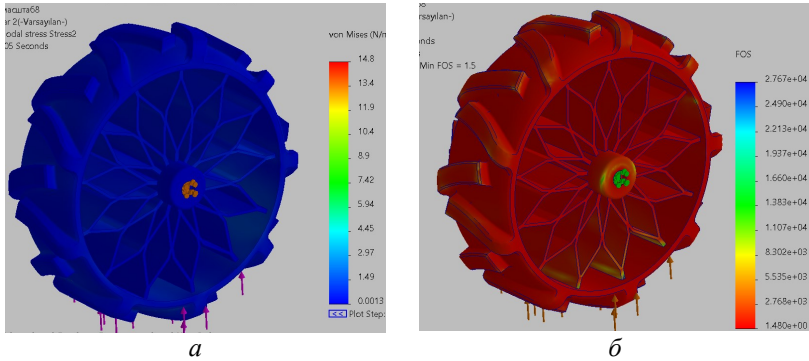


Рис. 5. Результати проведеного розрахунку: напруження за Мізесом, МПа (а); розподіл коефіцієнту запасу міцності (б)

Отже, проведені розрахунки дозволили визначити величину напружень, що діють у колесі вдосконаленої конструкції, що забезпечує підвищену прохідність роботизованої платформи, а також було підтверджено наявність достатнього коефіцієнта запасу міцності (FOS = 1,48). Подальші дослідження планується продовжити в напрямку вдосконалення конструкції корпусу роботизованої платформи, а також встановлення додаткового обладнання, що розширить її функціональність щодо ближньої розвідки територій.

Література

1. Reza N. Jazar. Theory of applied robotics : kinematics, dynamics, and control [Third ed.], Springer, 2022. – 836 с.
2. Boston Dynamics. LEGACY ROBOTS. The robots that built the groundwork for today's portfolio [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bostondynamics.com/legacy>.
3. Howard W., Musto J. Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2022 [18 ed.], McGraw Hill, 2022. – 432 с.
4. Mustapha K. Practical Finite Element Simulations with SOLIDWORKS 2022: An illustrated guide to performing static analysis with SOLIDWORKS Simulation, Packt Publishing, 2022. – 480 с.
5. Kurowski P. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018, CRC Press. – 600 с.