УДК 62:374:004.231.3

АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТІВ

К. Соколенко, група АК-23
Наукові керівники: ***І. Березюк,*** канд. техн. наук, доцент
О. Сербул, канд. техн. наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Сучасний світ активно впроваджує засоби автоматизації та робототехніки у різноманітні сфери діяльності. За прогнозами Японської асоціації робототехніки, протягом найближчих 5–10 років ринок персональних і побутових роботів може сягнути десятків мільярдів доларів. Однак масове впровадження робототехнічних систем у повсякденне життя гальмується низкою чинників [1-3]. Ринок залишається фрагментованим: виробники створюють пристрої незалежно один від одного, що призводить до відсутності уніфікованих стандартів. Через це різні системи й підсистеми часто є несумісними між собою, а нові технології та інструменти розробки мають вузьку сферу застосування. Додатковою складністю є те, що робототехніка як галузь потребує глибоких технічних знань і високої кваліфікації, а міждисциплінарний обмін досвідом залишається обмеженим.

Серйозною проблемою в розробці робототехнічних систем є складність процесів їхнього тестування та налагодження. Ці етапи є ресурсомісткими як у плані часу, так і технічного забезпечення. Особливо це актуально при створенні роботів, призначених для роботи у складних або екстремальних умовах – зокрема, підводних апаратів, роботів для ліквідації надзвичайних ситуацій, пошуково-рятувальних або протипожежних роботів. У таких випадках моделювання реальних умов експлуатації потребує спеціалізованої інфраструктури, імітаційного обладнання та високоточного контролю. Крім того, навіть незначна помилка на етапі налагодження може призвести до серйозних наслідків, що значно ускладнює процес впровадження таких систем у практику. Актуальним завданням стає розробка ефективних методик випробувань, віртуального тестування та цифрового моделювання для зменшення витрат і підвищення надійності роботизованих рішень [5-7].

Під час аналізу та порівняння функціональних можливостей симуляторів, доцільно розділяти їх за типами – текстові, графічні та універсальні. Кожен із цих типів має свої особливості та сферу ефективного застосування. Зокрема, більшість симуляторів відзначаються низькою вимогливістю до апаратних ресурсів, що дозволяє використовувати їх навіть на комп’ютерах середнього класу. Інтерфейс таких систем зазвичай є простим, інтуїтивно зрозумілим, що робить їх доступними для широкого кола користувачів, включаючи студентів і початківців у сфері робототехніки [2, 3].

Основним засобом програмування в таких середовищах переважно виступають мови C або C++, що забезпечує високу продуктивність, але водночас може ускладнювати використання для тих, хто не має глибоких знань у програмуванні.

Водночас більшість симуляторів мають обмежену сумісність між собою – відсутні стандартизовані механізми для обміну проектами (експорт/імпорт моделей або кодів), що ускладнює перенесення розробок між різними програмними середовищами. Крім того, значна частина симуляторів орієнтована на вирішення вузького кола задач, що обмежує їх універсальність та масштабованість. Попри зручність і доступність, більшість сучасних симуляторів залишаються інструментами з обмеженою інтеграцією та гнучкістю, що вимагає ретельного вибору відповідно до конкретних цілей проєкту.

Однією з головних переваг графічних симуляторів є їх інтерактивність, яка забезпечує зручну взаємодію користувача з моделлю в режимі реального часу. Разом із тим, графічні

симулятори мають низку особливостей, серед яких можна відзначити: вузьку спеціалізацію – подібно до текстових симуляторів, більшість із них розроблені для вирішення конкретних задач або роботи з окремими типами робототехнічних систем; обмежені можливості з програмування – часто такі симулятори не підтримують інтеграцію з мовами програмування, що ускладнює реалізацію складної логіки управління або автоматизації дій моделі.

Універсальні симулятори відзначаються підвищеною або середньою вимогливістю до обчислювальних ресурсів, що пов’язано з їх широкими функціональними можливостями. Вони забезпечують гнучкість у моделюванні робототехнічних систем різного типу, включно з колісними, крокуючими, маніпуляційними та автономними мобільними платформами.

Основні переваги таких симуляторів: сумісність з різними типами роботів завдяки наявності вбудованих бібліотек, які підтримують загальноприйняті стандарти побудови роботизованих механізмів; підтримка широкого спектра мов програмування, таких як C/C++, C#, Python, Java, що дозволяє інтегрувати алгоритми управління різного рівня складності; розвинений інструментарій для верифікації та тестування – симулятори часто включають засоби для перевірки взаємодії між підсистемами, моделювання сенсорного середовища та налагодження інтерфейсів; можливість масштабування – від простих навчальних задач до промислових сценаріїв з високою точністю відтворення фізичних процесів.

Таким чином, одним із ефективних способів оптимізувати процес розробки робототехнічних систем є використання віртуального моделювання та попереднього тестування алгоритмів керування. Це дозволяє суттєво скоротити витрати часу та ресурсів на етапах проектування, особливо у випадках, коли йдеться про складні або небезпечні умови експлуатації. Сучасні засоби цифрового проєктування, моделювання та віртуального тестування об'єднуються у понятті *«симулятор»*.[6] Такі програмні середовища частково нівелюють основні труднощі, пов’язані з фізичним налагодженням систем – зокрема, дозволяють безпечно моделювати аварійні ситуації, екстремальні умови середовища чи поведінку систем при несправностях. Крім того, симулятори сприяють командній роботі: над створенням, налагодженням і вдосконаленням віртуальної моделі може одночасно працювати декілька розробників, що є практично неможливим при роботі з єдиним фізичним зразком. Це значно підвищує ефективність командної взаємодії, полегшує інтеграцію окремих підсистем та пришвидшує вихід готового продукту на ринок. Впровадження симуляторів є стратегічно важливим етапом у розвитку сучасної робототехніки, особливо з огляду на потребу у масштабованості, гнучкості та міждисциплінарній інтеграції.

Застосування симуляторів у розробці робототехнічних систем відкриває широкі можливості для ефективного проєктування та оптимізації. Однією з ключових переваг є наявність вбудованих графічних і фізичних рушіїв (або їх поєднання), які дозволяють точно імітувати поведінку роботизованих систем у віртуальному середовищі. Завдяки цьому розробники можуть проєктувати, тестувати та вдосконалювати конструкцію і програмне забезпечення роботів без необхідності безпосереднього втручання у фізичне виробництво. Симулятори також забезпечують багатофункціональний інструментарій для моделювання, аналізу та порівняння різних сценаріїв функціонування систем, що є особливо важливим при оцінці ефективності альтернативних технічних рішень або алгоритмів керування. Інтуїтивно зрозуміле візуальне середовище таких платформ сприяє зручній демонстрації проєкту, дозволяючи не лише представити ідею, а й показати, як робототехнічна система буде функціонувати у різних умовах – виробничих, побутових чи екстремальних. Це особливо корисно на етапах обговорення концепції з інженерами, інвесторами або кінцевими замовниками. Симулятори є важливим мостом між ідеєю та її реальним втіленням, знижуючи ризики помилок, економлячи ресурси та прискорюючи цикл розробки.

Головним недоліком симуляторів є проблема з їх відповідністю реальним модельованим робототехнічним системам, а також навколишнім середовищам та різним процесам. Тобто це означає, що розробник повинен провести точне налаштування всіх параметрів в симуляторі на

підставі реальної інформації. Якщо вищезазначені дії будуть виконані, а також у ході симуляції віртуальний робот при взаємодії з середовищами, що моделюються, і процесами покаже позитивний результат, то код такої програми може бути впроваджений в реальному прототипі з мінімальними змінами.

Одним із ключових обмежень використання симуляторів є складність досягнення повної відповідності між віртуальною моделлю та реальними робототехнічними системами, умовами середовища і фізичними процесами. Іншими словами, ефективність симуляції напряму залежить від точності введених параметрів і налаштувань, які повинні базуватись на реальних даних, отриманих під час експериментів або вимірювань. Недостатньо деталізоване або спрощене моделювання може призвести до некоректних результатів, що унеможливить подальше використання розробленого програмного забезпечення у фізичному прототипі. Проте, за умови ретельної калібровки віртуального середовища та правильного налаштування характеристик робототехнічної системи, симуляція здатна достовірно відтворити поведінку реального робота. У таких випадках отриманий програмний код і алгоритми керування можуть бути перенесені на фізичний пристрій з мінімальними коригуваннями, що значно пришвидшує та здешевлює процес впровадження. Таким чином, точність налаштування симулятора є критично важливою умовою його ефективного використання як інструменту попереднього тестування і розробки.

Список літератури

1. Кривонос О., Жуковський С., Кривонос М. Порівняння середовищ візуального програмування роботів для потреб навчального процесу. Наука і техніка сьогодні. 2022. № 6(6). С. 175-187.
2. Морзе Н.В., Струтинська О.В., Умрик М.А. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2018. № 5. С. 178-187.
3. Бондарук В. В. Використання віртуальних навчальних середовищ при вивченні робототехніки. URL: http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/ view/189580/189010 (дата звернення 16.05.2025)
4. S. V. Sotnik Modeling design of mobile robotic platform. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій: зб. матеріалів XXIV Всеукраїнської науково -технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 18-19 квітня 2024 р. 2024. С. 481-482.
5. Зарубін І.С. Ефективність використання роботизованих систем у виробництві. Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали І-ої Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2024 (CITAR-2024). 2024. С. 150-153.
6. Мартинюк О.С. Проблеми та перспективи підготовки фахівців у галузі освітньої робототехніки. Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету: Педагогічні науки, 2015. Вип. 2. С. 167-178.
7. Virtual Robotics Toolkit. URL: https://www.virtualroboticstoolkit.com/ (дата звернення 10.05.2025)