

УДК 621.865.8

**Струтинський В.Б., докт. техн. наук, професор,
Юрчишин О.Я., канд. техн. наук, доцент,
Родін Р.П., канд. техн. наук,
Кравець О.М., канд. техн. наук, доцент,**

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», kvm_mmi@ukr.net

ОКРЕМІ АСПЕКТИ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ

Наземні роботизовані комплекси спеціального призначення оснащуються маніпуляторами, які виконують операції із небезпечними об'єктами в режимі телекерування. Це зумовлює ряд специфічних вимог до маніпуляторів. Зокрема, маніпулятори роботизованих комплексів повинні мати мінімальну масу і значну вантажопідйомність. Необхідно передбачити захист маніпуляторів від негативного впливу кліматичних умов та умов токсичного навколишнього середовища. Особливими умовами є забезпечення надійного огляду об'єкта маніпулювання та визначення положення маніпулятора в цілому при значних змінах положення шасі наземного роботизованого комплексу.

Виконання поставлених вимог частково здійснено в наявних конструкціях наземних роботизованих комплексів імпортного виробництва, зокрема в ряді мобільних роботів TALON, Vanguard, PackBot. Маніпулятори даних роботів мають значну вантажопідйомність та відзначаються надійністю роботи. Для суттєвого підвищення ефективності роботи маніпуляторів наземних роботизованих комплексів на кафедрі конструювання машин КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблено ряд основних положень теорії проектування маніпуляторів наземних роботизованих комплексів спеціального призначення. Вони включають розроблення схемних рішень маніпуляторів. Запропоновані як традиційні схеми з розімкненими кінематичними ланцюгами, так і схемні рішення маніпуляторів мобільних роботів із паралельними кінематичними зв'язками. Раціональним схемним рішенням є запропоновані гібридні схеми, які поєднують розімкнену схему маніпулятора для реалізації великих переміщень (макропереміщень) та механізм з паралельними кінематичними структурами для точних переміщень схвата маніпулятора в обмеженому діапазоні (механізм мікропереміщень). Запропоновано ряд варіантів інноваційних схемних рішень маніпуляторів мобільних роботів, що реалізують гібридні схеми. Перспективним є застосування кількох маніпуляторів, що об'єднані в систему із забезпеченням синергетичної взаємодії окремих маніпуляторів.

Запропоновані схемні рішення доведені до конструктивного використання. При цьому уточнені схемні рішення та розв'язано ряд задач створення маніпуляторів з особливими функціональними можливостями. Зокрема розроблені схемні і конструктивні рішення маніпуляторів із композитних матеріалів, що не мають магнітних властивостей. Дані схемні рішення реалізовані на основі просторових оболонки, армованих відповідними ребрами жорсткості. Вони забезпечують максимальну вантажопідйомність при мінімальній масі маніпулятора.

Конструктивні рішення маніпуляторів побудовані на уніфікованій схематичній базі. Вона включає одновісні шарніри, агрегатовані із приводами на основі мотор-редукторів і хвильовими зубчастими передачами. В окремих випадках застосовані редуктори інших типів, зокрема циклоїдальні. Елементна база є основою розробленої теорії проектування маніпуляторів наземних роботизованих комплексів. Обґрунтовані конструктивні рішення типових вузлів і агрегатів маніпуляторів, які забезпечують необхідні параметри точності, жорсткості та енергоефективності. Основними типовими вузлами є шарнірні з'єднання важелів маніпулятора, які мають дві і більше ступенів вільності. Раціональними

конструкціями шарнірів є пристрої, що виключають точні сфери із надтвердих матеріалів (нітрид бора та інші). До типових вузлів віднесені також комплектні приводні, диференціальні механізми, телескопічні пристрої, муфти, що забезпечують механічне з'єднання важелів маніпулятора. Елементна база включає сервісні та допоміжні пристрої та механізми їх орієнтації. Важливою складовою елементної бази є елементи електричних з'єднань, комунікації, роз'ємні елементи, оснащені спеціальними засобами захисту.

Важливими аспектом теорії проектування маніпуляторів наземних роботизованих комплексів є комплектація маніпулятора спеціальними захватними пристроями. Запропонована гама захватних механізмів різного виду. Раціональними, з точки зору використання в мобільних роботах, є захватні пристрої із гнучкими пальцевими елементами. Для роботи з небезпечними об'єктами рекомендовано захватні пристрої вакуумного типу. Вони мають еластичну оболонку заповнену сипучим матеріалом спеціального виду. При створенні розрідження (вакууму) в оболонці, вона адаптується до об'єкту маніпулювання, забезпечуючи його надійне утримання.

Розроблені основні положення теорії проектування маніпуляторів наземних роботизованих комплексів апробовані шляхом розроблення експериментальних зразків мобільних роботів. На основі дослідної перевірки проведена корекція розроблених методів проектування, уточнено склад елементної бази та запропоновані методики розрахунку основних конструктивних параметрів маніпуляторів. Сформульовані напрямки подальших робіт по вдосконаленню теорії проектування маніпуляторів. Основним напрямком прийнято уточнення положень теорії проектування маніпуляторів мобільних роботів різних масо-габаритних класів. Планується розвиток теорії проектування маніпуляторів для виконання вузькоспеціалізованих операцій із небезпечними об'єктами. Для підвищення ефективності проектних рішень рекомендується використати блочно-модульні методи реалізації проектних рішень маніпуляторів наземних роботизованих комплексів.

УДК 621.91

**Дмитренко Н.Р., аспірантка,
Євтухов А.В., канд. техн. наук, доцент,
Сумський державний університет, evtuhov.a@tmvi.sumdu.edu.ua**

ПРО ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ВЕРСТАТІВ ТА ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОІВ

Зростання вимог до сучасних технологічних обробних систем потребує покращення їх статичних та динамічних характеристик, що зокрема реалізується через зменшення маси їх рухомих елементів, збільшення жорсткості їх опорних елементів та забезпечення високих демпфівальних властивостей конструкцій.

Корпусні елементи більшості верстатів серійного виробництва виготовляють з чавуну. Вони легко відливаються, мають гарні демпфівальні властивості та є відносно дешевими. Однак, у випадку спеціальних та великогабаритних верстатів, виготовлених окремо під конкретне замовлення, використання чавуну для корпусних елементів не є економічно вигідним. Тому корпусні елементи таких верстатів зазвичай виготовляють зварюванням зі сталі, що негативно впливає на вібростійкість елементів конструкції через наявність порожнистих балок з великим перерізом та тонкими стінками [1].

Гібридна конструкція корпусних елементів, що поєднує в собі жорсткість сталі або чавуну з демпфівальними властивостями композитного наповнення може бути гарною альтернативою для виготовлення спеціальних верстатів. В роботі [2] автори підтверджують ефективність використання композитних матеріалів (КМ), армованих вуглецевими волокнами на прикладі конструкції фрезерного верстата. Використання КМ в досліджуваній конструкції, зокрема, дозволяє забезпечити її високу жорсткість при зменшенні маси на 48,5 %.