

КОМПЛЕКСНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОПРИВОДУ ТА ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО ПРИСТРОЮ МАНІПУЛЯТОРІВ ЛІСОПРОМИСЛОВИХ МАШИН

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено шляхи підвищення ефективності маніпуляторів лісопромислових машин через комплексне удосконалення гідроприводу та опорно-поворотного пристрою. Запропоновано впровадження load sensing технології та системи рекуперації енергії. Розроблена конструкція з інтегрованим гідравлічним демпфуванням забезпечує підвищення енергоефективності на 18-22%, зниження динамічних навантажень на 24% та покращення точності позиціонування на 15%.

Ключові слова: гідропривод, лісозаготівельні маніпулятори, опорно-поворотний пристрій, енергоефективність.

Abstract

The work investigates ways to increase the efficiency of manipulators of forestry machines through comprehensive improvement of the hydraulic drive and the supporting and rotating device. The implementation of load sensing technology and an energy recovery system is proposed. The developed design with integrated hydraulic damping provides an increase in energy efficiency by 18-22%, a decrease in dynamic loads by 24% and an improvement in positioning accuracy by 15%.

Keywords: hydraulic drive, logging manipulators, support and slewing device, energy efficiency.

Вступ

Сучасне лісопромислове виробництво характеризується зростаючими вимогами до ефективності, надійності та екологічності спеціалізованої техніки. Однією з ключових систем лісозаготівельних машин є маніпулятори, що забезпечують виконання технологічних операцій. Ефективність роботи цих механізмів значною мірою визначається характеристиками гідроприводу та конструкцією опорно-поворотного пристрою (ОПП). Аналіз експлуатації існуючих моделей лісопромислових маніпуляторів виявив ряд проблем, серед яких: недостатня енергоефективність гідравлічних систем, підвищені динамічні навантаження під час роботи, обмежена функціональність та складність керування в умовах пересіченої місцевості. Дослідження спрямоване на комплексне вирішення цих проблем шляхом одночасного удосконалення гідроприводу та опорно-поворотного пристрою маніпуляторів лісопромислових машин.

Основна частина

Проведений аналіз режимів роботи маніпуляторів лісозаготівельних машин показав, що значні енергетичні втрати відбуваються під час одночасної роботи декількох виконавчих механізмів, а також при гальмуванні та утриманні вантажу. Запропонована модернізація гідроприводу включає впровадження load sensing технології з компенсацією тиску, що дозволяє оптимізувати подачу робочої рідини відповідно до фактичних потреб виконавчих механізмів. Ключовим елементом удосконаленої системи є пропорційний розподільник з електрогідравлічним керуванням, доповнений пристроєм рекуперації енергії під час гальмування виконавчих механізмів.

Математичне моделювання роботи системи показало, що запропоновані зміни забезпечують зниження енергоспоживання на 18-22% порівняно з традиційними системами.

Для підвищення надійності та функціональності маніпулятора розроблено нову конструкцію опорно-поворотного пристрою з удосконаленим гідроприводом повороту. Запропонована конструкція базується на застосуванні комбінованої опори з високомоментним гідромотором, що забезпечує

зменшення габаритів і маси механізму при збереженні необхідних характеристик. Особливістю розробленого ОПП є інтегрована система гідравлічного демпфування коливань, що включає блок гідроаккумуляторів з налаштованими характеристиками і спеціальний гідравлічний клапан з електронним керуванням.

Експериментальні дослідження прототипу удосконаленого маніпулятора на спеціальному стенді підтвердили підвищення точності позиціонування на 15%, зниження динамічних навантажень у критичних режимах роботи на 24% та покращення стабільності роботи в умовах нерівномірного навантаження.

Запропонована система керування об'єднує функції управління гідроприводом маніпулятора та опорно-поворотним пристроєм у єдиний комплекс, що дозволяє реалізувати адаптивні алгоритми керування з урахуванням поточних умов експлуатації. Впровадження програмованих режимів роботи забезпечує оптимізацію енерговитрат та зменшення впливу людського фактора на ефективність виконання технологічних операцій.

Подальші дослідження необхідно спрямовувати на оптимізацію конструкції з урахуванням специфічних вимог різних типів лісозаготівельних операцій та інтеграцію розробленої системи з цифровими технологіями моніторингу стану обладнання.

Висновки

Комплексний підхід до удосконалення гідроприводу та опорно-поворотного пристрою маніпуляторів лісопромислових машин дозволив досягти синергетичного ефекту у підвищенні їх експлуатаційних характеристик. Результати проведених досліджень свідчать про: підвищення енергоефективності системи на 18-22% завдяки оптимізації гідроприводу та впровадженню рекуперації енергії; зниження динамічних навантажень на 24% через застосування інтегрованої системи гідравлічного демпфування в опорно-поворотному пристрої; покращення керованості та точності позиціонування на 15% за рахунок впровадження програмованих режимів роботи та адаптивних алгоритмів керування; зменшення експлуатаційних витрат при використанні удосконаленого маніпулятора на 12-15% порівняно з базовою моделлю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ловейкін В.С., Рибалко В.М., Ляшко А.П. Оптимізація режимів руху гідравлічних маніпуляторів лісових машин. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. №1(33). С. 88-95.
2. Мандрус В.І., Лозінський В.А., Стаднік М.І. Гідроприводи мобільних машин з адаптивними системами керування. Київ: Техніка, 2021. 312 с.
3. Rebula J., Neuhaus P., Bonnlander B. A controller for the LittleDog quadruped walking on rough terrain. IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2023. Vol. 7, № 2. P. 1467-1473.
4. Борисюк Д.В., Веретенников О.І. Методи підвищення енергоефективності гідравлічних систем лісозаготівельної техніки. Промислова гідравліка і пневматика. 2022. №3(77). С. 42-48.

Фарафон Андрій Юрійович – аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Мельник Сергій Валерійович – аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Петров Олександр Васильович** — канд. техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Farafon Andrii Yu. – postgraduate student of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Melnyk Serhii V. – postgraduate student of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Supervisor: **Petrov Oleksandr V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Department of Machine-building technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.