

DOI: 10.58168/E-SESTTI2025_390-392

УДК 630:62-91

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПЛУНЖЕРА ДЕМПФИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ГИДРОПРИВОДА ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА

MATHEMATICAL MODEL OF THE MOVEMENT OF THE PLUNGER OF THE DAMPING DEVICE OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE FORESTRY MANIPULATOR

Попикова А.В., аспирант ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Черных А.С., доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный лесотехнический
университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж,
Россия.

Попиков С.К., аспирант ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный лесотехнический
университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж,
Россия.

Popikova A.V., postgraduate student
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia.

Chernykh A.S., Associate Professor, PhD
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia.

Popikov S. K., postgraduate student
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia.

Аннотация. Анализ литературных источников показал, что вопросы снижения динамической нагруженности и повышения надежности лесотранспортных машин пока остаются актуальными в лесном комплексе нашей страны. Нами разработан новый грузоподъемный механизм гидроманипулятора с подключением демпфера для снижения динамических нагрузок. Разработана математическая модель движения плунжера демпфирующего устройства гидропривода лесного манипулятора, что способствует повышению надежности гидропривода и снижению энергозатрат.

Abstract. Analysis of literary sources showed that the issues of reducing dynamic loading and increasing the reliability of forestry vehicles still remain relevant in the forestry complex of our country. We have developed a new lifting mechanism of a hydraulic manipulator with a damper connection to reduce dynamic loads. A mathematical model of the plunger movement of the damping device of the hydraulic drive of a forestry manipulator has been developed, which contributes to increasing the reliability of the hydraulic drive and reducing energy costs.

Ключевые слова: гидроманипулятор; механизм подъема стрелы; математическая модель, демпфер

Key words: hydraulic manipulator; boom lifting mechanism; mathematical model, damper

В лесном в настоящее время комплексе РФ применяются хлыстовая и сортиментная технологии лесозаготовок. Для реализации сортиментной технологии лесозаготовок применяются наряду с зарубежными харвестерами и форвардерами отечественные машины манипуляторного типа (харвестер МЛХ-414 и форвардеры МЛПТ-354, МЛ-131М, сортиментовозы ЛВ-185-14 и др. [1-2]. Одним из способов повышения надежности технологического оборудования лесных машин манипуляторного типа является снижение динамических нагрузок за счет применения различных демпфирующих устройств. Нами предлагается новый грузоподъемный механизм лесного манипулятора [3], который обеспечивает снижения динамических нагрузок при промежуточных

остановках стрелы в процессе выполнения погрузочно-разгрузочных работ, ускоренный режим подъема легких грузов и при холостых операциях, что повышает производительность гидроманипулятора и снижение энергозатрат. Составлена расчетная схема демпфирующего устройства гидропривода грузоподъемного механизма автосортиментовоза (рисунок 1). Математическая модель движения плунжера демпфирующего устройства гидропривода механизма подъема стрелы представляет собой уравнение сил, действующих на плунжер под воздействием всплесков давления при переходных режимах:

$$F_{ин} = F_{дв} - F_c \quad (1)$$

где $F_{ин}$ — сила инерции плунжера равная произведению массы плунжера на ускорение, Н;

$F_{дв}$ — движущая сила равная произведению давления на площадь поперечного сечения плунжера, под действием давления в напорных гидролиниях, Н;

F_c — сила сопротивления передвижению плунжера, включающая силу противодействия дросселя, силу сжатия возвратной пружины и силу трения плунжера.

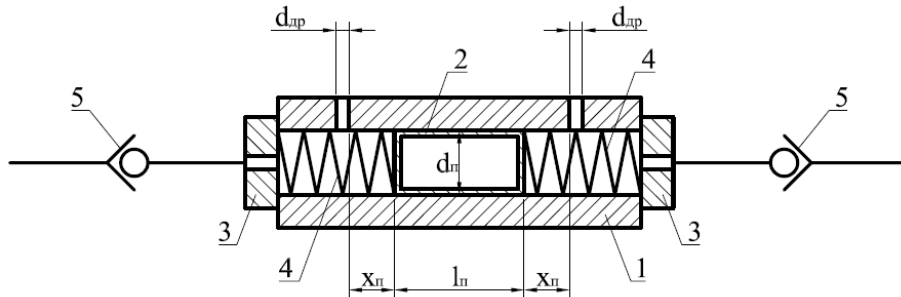


Рисунок 1. Расчетная схема демпфирующего устройства в гидроприводе механизма подъема стрелы. 1 — корпус; 2 — плунжер; 3 — крышка; 4 — пружина; 5 — обратный клапан.

Расход рабочей жидкости дросселя равен расходу рабочей жидкости, вытесняемой плунжером при его перемещении в корпусе демпфера:

$$\mu \frac{\pi d_{др}^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \frac{\pi d_{п}^2}{4} \cdot v_{п}, \quad (2)$$

где μ — коэффициент расхода дросселя, 05-06;

Δp — перепад давления на дросселе, Па;

ρ — плотность рабочей жидкости, кг/м³

$v_{п}$ — скорость перемещения плунжера, м/с.

Возводим в квадрат обе части полученного соотношения, чтобы найти Δp — перепад давления на дросселе:

$$\Delta p = \frac{d_{п}^4 \rho}{2\mu^2 d_{др}^4} \cdot v_{п}^2 \quad (3)$$

Скорость плунжера $v_{\text{п}}$ равна первой производной от перемещения плунжера $x_{\text{п}}$ по времени $\frac{dx_{\text{п}}}{dt}$. Перепад давления на дросселе определяется как $\Delta p = p_{\text{вх}} - p_{\text{вых}}$. Давление входа в дроссель $p_{\text{вх}}$ примерно равно давлению в напорной гидролинии, а давление $p_{\text{вых}}$ на выходе из дросселя равно давлению в отводящей гидролинии. Подставим полученные соотношения в уравнение движения плунжера демпфера:

$$m \frac{d^2 x_{\text{п}}}{dt^2} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \cdot (p - \Delta p) - c_x x_{\text{п}} - k \frac{dx_{\text{п}}}{dt}, \quad (4)$$

или

$$m \frac{d^2 x_{\text{п}}}{dt^2} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \cdot \left[p - \frac{d_{\text{п}}^4 \rho}{2\mu^2 d_{\text{др}}^4} \cdot \left(\frac{dx_{\text{п}}}{dt} \right) \right] - c_x x_{\text{п}} - k \frac{dx_{\text{п}}}{dt}, \quad (5)$$

где c_x - жесткость пружины, Н/м;

k - коэффициент трения скольжения плунжера при перемещении в корпусе демпфера.

Решение математической модели движения плунжера демпфирующего устройства гидропривода позволит дать оценку снижения динамической нагруженности и энергоемкости лесного манипулятора.

Список литературы

1. Применение сортиментной заготовки древесины в малолесных районах Свиридов В.Г., Гудков А.Ю., Цуцких Д.В. В сборнике: Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 181-187.
2. Попов А.А., Баранец А.С., Губанов Д.В., Петухов В.Л. Статистический анализ часто встречаемых дефектов стреловых самоходных кранов // Современная техника и технологии. 2016. № 1. – URL: <https://technology.snauka.ru/2016/01/92222>.
3. Гидропривод грузоподъемного механизма лесного манипулятора: патент на изобретение RU 2789167 C1. Заявка №2022119768 / Попиков П.И., Черных А.С., Богданов Д.С., Попиков С.К., Поздняков Е.В., Попикова А.В.; заявл. 19.07.2022; опубл. 30.01.2023, Бюл. №4. 9 с.

References

1. Application of assortment timber harvesting in sparsely forested areas Sviridov V.G., Gudkov A.Yu., Tsutskikh D.V. In the collection: Actual problems of science and education at the present stage. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference. 2016. P. 181-187.
2. Popov A.A., Baranets A.S., Gubanov D.V., Petukhov V.L. Statistical analysis of frequently encountered defects of boom self-propelled cranes // Modern engineering and technology. 2016. No. 1. – URL: <https://technology.snauka.ru/2016/01/92222>.
3. Hydraulic drive of the lifting mechanism of a forestry manipulator: patent for invention RU 2789167 C1. Application No. 2022119768 / Popikov P.I., Chernykh A.S., Bogdanov D.S., Popikov S.K., Pozdnyakov E.V., Popikova A.V.; declared 19.07.2022; published 30.01.2023, Bulletin No. 4. 9 p.

Примечание. Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта ВГЛТУ аспиранта Попиковой А.В. «Повышение надежности лесного гидроманипулятора путем снижения динамической нагруженности пневмогидравлическим демпфирующим устройством».