DOI: 10.34220/ITRT2021_59-63

УДК 630*432

Юдин Р. В.

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры механизации лесного
хозяйства и проектирования машин
ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Пузаков Р. Н.

студент ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, РФ

Yudin R. V.

candidate of technical sciences,
associate professor, Associate
Professor of the Department of
Forestry Mechanization and
Machine Design, "Voronezh State
Forestry University named after
G.F. Morozov", Voronezh, RF

Puzakov R. N.

student of the "Voronezh
State Forestry University
named after G.F. Morozov",
Voronezh, RF

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА ТРАКТОРА

ENERGY-EFFICIENT TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE TRACTOR

Ключевые слова: рабочий орган, модель, привод, энергосберегающий гидропривод, пневмогидравлический аккумулятор, динамика.

Аннотация: во время движения трактора по неровностям рельефа возникают колебания, которые вызывают скачки рабочей жидкости в гидросистеме и высокие динамические нагрузки. Решением данной проблемы является применение энергосберегающего гидропривода с гидроаккумулятором и системой агрегатов, что ведет к повышению эффективности работы и увеличению производительности трелевочных захватных устройств. Составлена математическая модель рабочих процессов с энергосберегающим гидроприводом.

Keywords: working body, model, drive, energy-saving hydraulic drive, pneumohydraulic battery, speaker.

Annotation: during the movement of the tractor on the uneven terrain, there are fluctuations that cause jumps of the working fluid in the hydraulic system and high dynamic loads. The solution to this problem is the use of an energy-saving hydraulic drive with a hydraulic accumulator and a system of aggregates this leads to increased efficiency and increased productivity of skidding grippers. A mathematical model of working processes with an energy-saving hydraulic drive is compiled.

В настоящее время почти все машины, применяемые в лесном хозяйстве, оснащены гидравлическим оборудованием, поэтому повышение эксплуатационных характеристик гидравлического оборудования и гидропривода в целом позволит повысить эффективность и производительность лесных машин [4]. Известные на данный момент теоретические и экспериментальные исследова-

ния рабочих процессов лесных машин, использующих в своей конструкции энергосберегающий гидропривод рабочих органов, недостаточно полно описывают динамику процессов, возникающих в гидросистеме при взаимодействии рабочих органов с пачкой древесины [1-3]. Поэтому необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований новых конструкций трелевочных захватов с энергосберегающим гидроприводом, позволяющих повысить эффективность рабочих процессов.

Целью исследования является снижение динамической нагруженности и энергоемкости за счет обоснования параметров энергосберегающего гидропривода на базе математической модели рабочих процессов.

В качестве объекта исследований нами предлагается устройство для бесчokerной трелевки леса с энергосберегающим гидроприводом, защищенное патентом на изобретение (рис. 1) [11]. Во время трелевки пачки бревен бесчokerным захватом с энергосберегающим гидроприводом в агрегате с колесным трактором при движении по неровностям рельефа возникают колебания пачки бревен и переходные процессы разгона и торможения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Рабочая жидкость из полостей гидроцилиндра рекуперации 10 при колебаниях пачки бревен поочередно вытесняется в гидроаккумулятор через напорные обратные клапаны, а через всасывающие обратные клапаны рабочая жидкость из гидробака поступает в противоположные полости гидроцилиндра.

- 1 – рама; 2 – захват; 3 – челюсти захвата; 4 – гидроцилиндр захвата; 5 – трактор;
6 – центральная тяга навески; 7 – нижние тяги навески; 8 – гидроцилиндр навески;
9 – пачка сортиментов; 10 – гидроцилиндр рекуперации энергии; 11 – пружины;
12 – подвижная рама; 13 – сферический шарнир; 14 – шпильки

Рисунок 1 – Кинематическая схема захвата с энергосберегающим гидроприводом

Рассматривается задача Коши на $(0; t^{end})$ для нелинейной системы дифференциальных уравнений движения захвата с пачкой бревен:

$$m_d \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = p \cdot S - R_c^x, \quad (1)$$

$$S \cdot \frac{dx}{dt} = k \cdot \sqrt{|p - p_0|} + \frac{V_0}{E_{пр}} \cdot \frac{dp}{dt}, \quad (2)$$

где m_{dp} – масса пачки бревен в захвате, кг; S – рабочая площадь поршня гидроцилиндра рекуперации энергии, m^2 ; p – давление жидкости в гидроприводе, Па; $P_{хТ}$ – горизонтальная составляющая силы тяги, Н; R_c^x – горизонтальная составляющая силы сопротивления волочению пакета бревен, Н; k – коэффициент дросселирования рабочей жидкости в гидролинии между гидроцилиндром рекуперации и гидроаккумулятором, $m^3 \cdot c \cdot Pa^{-1/2}$; p_0 – давление предварительной зарядки гидроаккумулятора, Па; V_0 – рабочий объем гидроаккумулятора, m^3 ; $E_{пр}$ – приведенный модуль упругости, Па.

$$\text{Начальные условия: } x(0) = x_0, \quad x'(0) = x_1, \quad p(0) = p_0. \quad (3)$$

Введем обозначения

$$\alpha = S, \quad \beta = \frac{V_0}{E_{пр}},$$

и перепишем систему (1), (2):

$$m_d \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \alpha \cdot p - R_c^x, \quad (4)$$

$$\alpha \cdot \frac{dx}{dt} = k \cdot \sqrt{|p - p_0|} + \beta \cdot \frac{dp}{dt}. \quad (5)$$

Аппроксимируем производные их разностными аналогами. Для этого разобьем отрезок $[0; t^{end}]$ n точками t_i с шагом h : $t_{i+1} = t_i + h$. Тогда величина шага равна

$$h = \frac{t^{end} - 0}{n} = \frac{t^{end}}{n}.$$

Обозначим: $x_i = x(t_i)$ $p_i = p(t_i)$. Имеем:

$$\frac{dx}{dt} \approx \frac{x_{i+1} - x_i}{h};$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} \approx \frac{x_{i+2} - 2x_{i+1} + x_i}{h^2};$$

$$\frac{dp}{dt} \approx \frac{p_{i+1} - p_i}{h}.$$

Адекватность математической модели подтверждена в процессе экспериментальных исследований на действующем лабораторном стенде бесчokerного захвата с подключением гидроаккумулятора [12]. В результате проведенных экспериментальных исследований получены осциллограммы зависимости давления рабочей жидкости от времени и установлено, что система рекуперации энергии снижает всплески давления рабочей жидкости при переходных процессах в 1,4-1,7 раза и позволяет запастись мощностью в пределах 1,7 ... 2,1 кВт.

Список литературы

1. Rybak, A., Tsibriy, I. Simulation of the pump-battery power supply control system based on the unloading machine // E3S Web of Conferences. – 2020. – vol. 164. – n. 01004.
2. Kobzev K., Vyalov S., Rybak A. Learning the basics of a battery pack control system // E3S Web of Conferences. – 2020. – vol. 164. – n. 13006.
3. Zelikov, V. A. Substantiation Based on Simulation Modeling of Hitch for Tillage Tools Parameters [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, V. I. Posmetiev, M. A. Latysheva // World Applied Sciences Journal. – 2004. Vol. 30 № 4. – P. 486-498.
4. Бартенев, И. М. Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей : монография / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков, Л. Д. Бухтояров. – М. : Наука : [Флинта], 2007. – 208 с.
5. Зеликов, В. А. К вопросу применения энергосберегающего гидропривода в погрузочно-разгрузочном оборудовании специальных автомобилей / В. А. Зеликов, П. И. Попиков, К. А. Меняйлов // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – № 5, ч. 4 (25-4).
6. Щербаков, В. Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В. Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины журнал. – 2011. – №.11. – С. 43-44.
7. Зубова С. П., Усков В. И. Асимптотическое решение задачи Коши для уравнения первого порядка с малым параметром в банаховом пространстве. Регулярный случай / С. П. Зубова, В. И. Усков // Математические заметки, 103 : 3 (2018) – С. 393-404.
8. Баев, А. Д. Решение задач для дескрипторных уравнений методом декомпозиции / А. Д. Баев, С. П. Зубова, В. И. Усков // Вестник Воронежского госуниверситета. Серия : Физика. Математика, 2013, № 2 – С. 134-140.
9. Смоляницкий, Э. А. Рекуперативный насосно-аккумуляторный гидропривод для мобильных машин-орудий циклического действия / Э. А. Смоляницкий. – СДМ. 2007. № 5. – С. 3-10.
10. Рекуперативный гидропривод почвообрабатывающего агрегата : пат. на изобретение 2294613 Российская Федерация, МПК А01В 63/10, А01В 63/112, А01В 63/111 / В. И. Посметьев,

Е. А. Тарасов, В. В. Посметьев, В. С. Кухарев ; заяв. и патентообладатель ВГЛТА. – № 2005124070/12 ; заяв. 28.07.2005 ; опубл. 10.03.2007, Бул. № 7.

11. Устройство для бесчokerной трелевки леса : пат. на изобретение № 2579776 Российская Федерация, МПК A01G 23/00, B60P 3/41 / В. И. Посметьев, П. И. Попиков, В. А. Зеликов, Д. А. Канищев, В. В. Посметьев ; заяв. и патентообладатель ВГЛТУ. – № 2014147430/13 ; заяв. 25.11.2014 ; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 1.

12. Попиков, П. И. Результаты экспериментальных исследований рабочих процессов бесчokerного трелевочного захвата с энергосберегающим гидроприводом / П. И. Попиков, Д. А. Канищев, А. В. Сутолкин // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сборник научных трудов по итогам семинара инновационные технологии лесного комплекса, 06.02.2020 г.