

УДК 630:621.22

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО  
ГИДРОПРИВОДА НА БЕСЧОКЕРНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ЗАХВАТАХ

Попиков П.И., Сутолкин А.В., Канищев Д.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

E-mail: [popikovpetr@yandex.ru](mailto:popikovpetr@yandex.ru)

**Аннотация:** Анализ исследований трелёвки лесоматериалов бесчокерными захватами в агрегате с колесными тракторами при рубках ухода в лесах Центрально-Чернозёмного района показал, что в процессе трелевки наблюдаются большие вертикальные и горизонтальные колебания трелюемых пачек, что вызывает повышенные динамические нагрузки в гидроприводе и потери мощности трактора. Кроме того, из-за утечки и перетечки рабочей жидкости силы прижима сортиментов в захвате уменьшаются, и происходят потери отдельных сортиментов, при этом снижается производительность агрегата. Предложено новое устройство для бесчокерной трелевки леса с рекуперативной гидросистемой. Достижимый технический результат – разгрузка гидросистемы и задней оси трактора при трелевке древесины, повышение устойчивости и управляемости трактора. Также улучшаются условия наведения захвата на пачку древесины, упрощается конструкция, повышается производительность, а также надежность всего агрегата при эксплуатации в условиях лесных вырубок. Для детального анализа характера колебаний груза в тангенциальном направлении были рассчитаны спектры колебаний. Оснащение трелевочного захвата энергосберегающим гидроприводом позволяет снизить динамические нагрузки и энергозатраты, уменьшить амплитуду раскачивания трелюемой пачки при движении трактора на лесных объектах.

**Ключевые слова:** энергосберегающий гидропривод, бесчокерный захват, трелевка, сортименты.

SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF THE ENERGY-SAVING  
HYDRAULIC DRIVE ON THE BEAKLESS TRACK CAPTURES

Popikov P.I., Sutolkin A.V., Kanischev D.A.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»

E-mail: [popikovpetr@yandex.ru](mailto:popikovpetr@yandex.ru)

**Summary:** An analysis of the studies of timber skidding by choker-less grabs in an aggregate with wheeled tractors during thinning in the Central Black Earth region showed that the large vertical and horizontal vibrations of skidded bundles are observed in the process of skidding. That causes increased dynamic loads in the hydraulic drive and tractor power loss. In addition, the pressed forces of assortments are reduced in the grab due to leakage and overflow of the working fluid, and individual assortments are lost, while the performance of the unit is reduced. A new device is proposed for a choker-less skidding of a forest with a regenerative hydraulic system. Achievable technical results are unloading the hydraulic system and the rear axle of the tractor during skidding, increasing the stability and controllability of the tractor. Also, the conditions for guiding the capture onto a bundle of wood are improved, the design is simplified, the productivity and reliability of the entire unit are improved during operation in the conditions of forest felling. The vibration spectra were calculated for a detailed analysis of the nature of the cargo oscillations in the tangential direction. Equipping skidding with an energy-saving hydraulic drive allows you to reduce dynamic loads and energy consumption, reduce the swing amplitude of the skid pack when the tractor moves on forest objects.

**Keywords:** energy-saving hydraulic drive, choker-less grab, skidding, quotes.

При проведении рубок ухода за лесом в процессе трелёвки лесоматериалов бесчокерными захватами в агрегате с колесными тракторами наблюдаются большие вертикальные и горизонтальные колебания трелюемых пачек [1]. Это приводит к повышению динамических нагрузок в гидроприводе и потерям мощности трактора. Кроме того, из-за утечки и перетечки рабочей жидкости уменьшаются силы прижатия сортиментов в захвате и происходят потери отдельных сортиментов. Следовательно, производительность агрегата снижается. Для бесчокерной трелевки леса предложено новое устройство с рекуперативной гидросистемой, которое позволяет разгрузить гидросистему и заднюю ось трактора при трелевке древесины, повысить устойчивость и управляемость трактора [2]. Также упрощается конструкция, улучшаются условия наведения захвата на пачку древесины, производительность и надежность всего агрегата при эксплуатации в условиях лесных вырубок повышается.

На рисунке 1 изображена кинематическая схема бесчокерного трелевочного захвата, на рисунке 2 – гидравлическая рекуперативная схема бесчокерного трелевочного захвата.

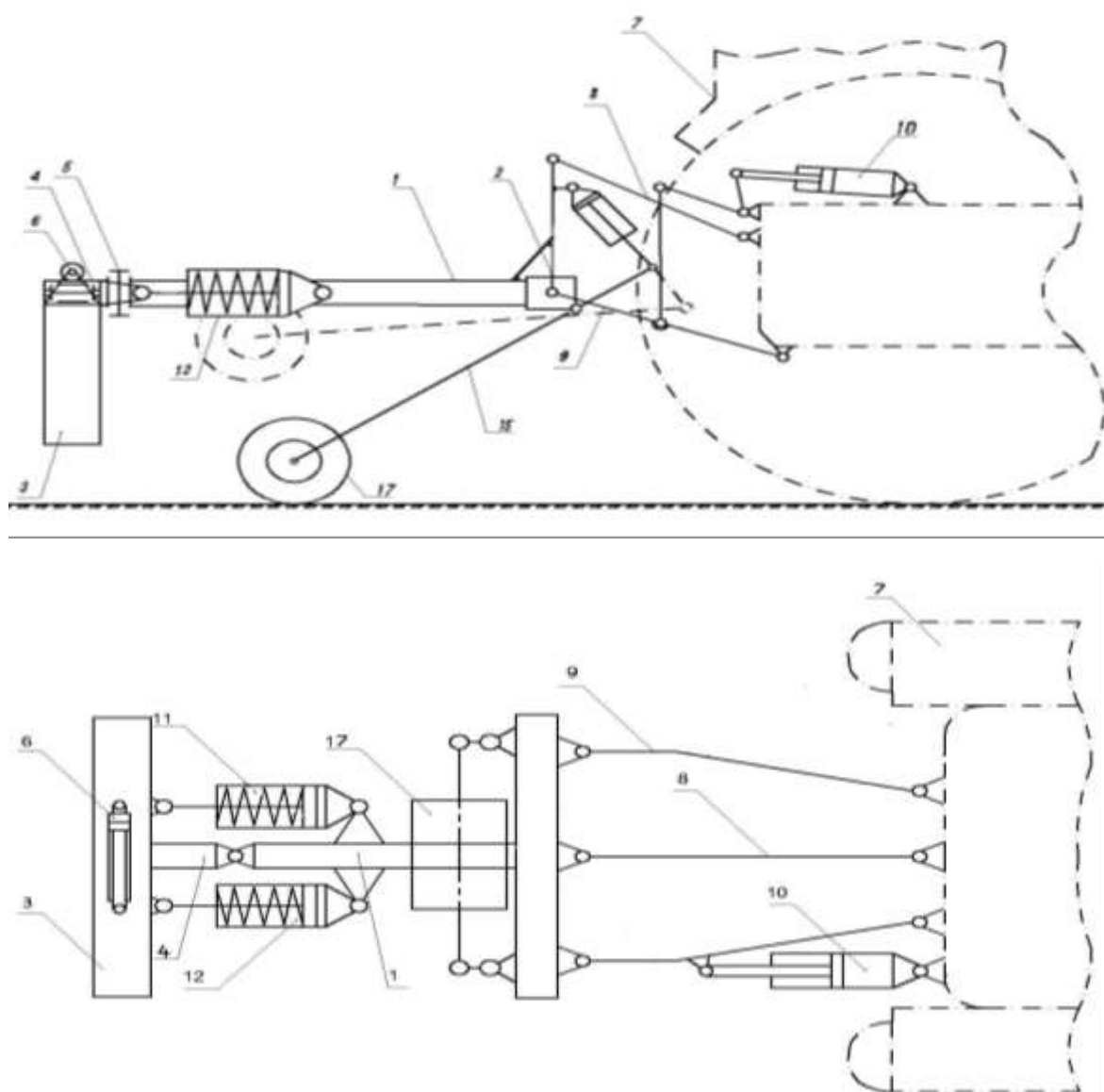


Рисунок 1 – Устройство для бесчokerной трелевки леса

Рабочий процесс агрегата с бесчokerным трелевочным захватом заключается в следующем. Задним ходом трактор 7 движется с раскрытыми челюстями захвата 3 до комлевой части сортиментов. Устойчивое положение захвата 3 в горизонтальной плоскости при подъезде к пачке сортиментов обеспечивается за счет подпружиненных штоков дополнительных гидроцилиндров 11 и 12. Затем включается основной гидроцилиндр 10 навесного механизма с помощью распределителя 18 и захват 3 опускается на сортименты и прижимает их к земле. После этого включается гидроцилиндр 6, и челюсти захвата 3 сжимают комли сортиментов с боков, формируя пачку. При закрытом гидрорентиле 21 при включении гидроцилиндра 16 двуплечий рычаг 15 поворачивается против часо-

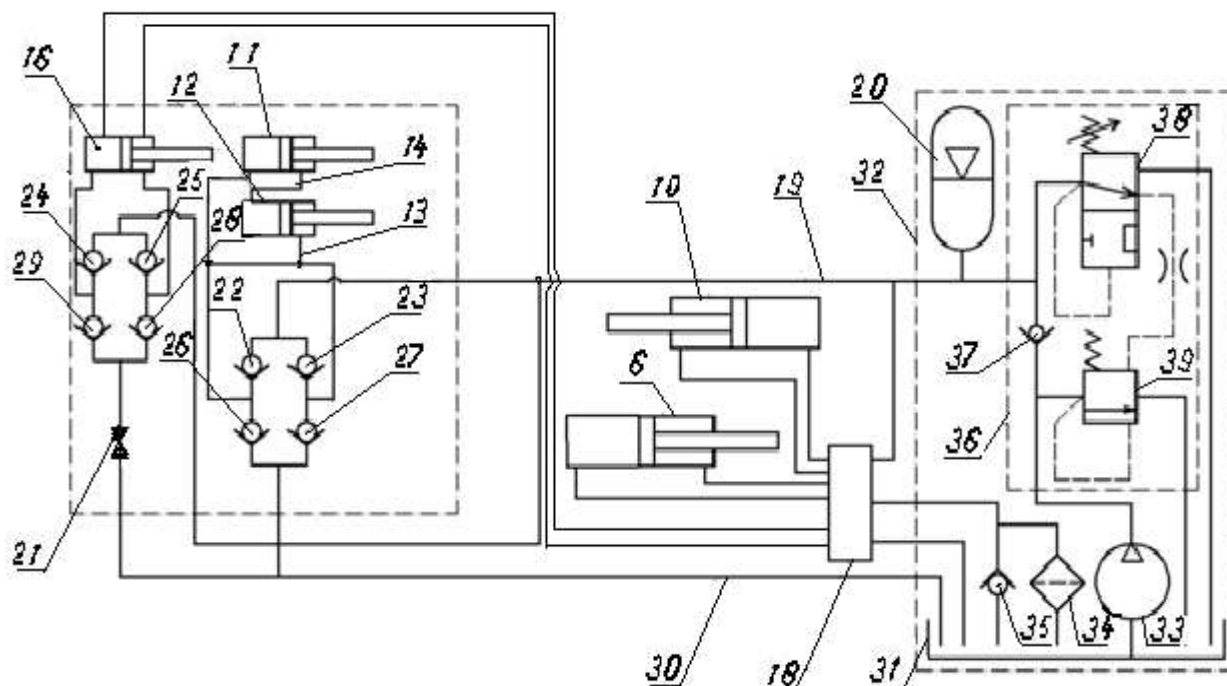


Рисунок 2 – Энергосберегающая гидросхема устройства для бесчокерной трелевки леса

вой стрелки, и каток *17* опускается до поверхности почвы. Пачка сортиментов поднимается и трелюется в полупогруженном расположении при нейтральном положении распределителя *18*. Затем оператор включает в плавающее положение основной гидроцилиндр *10* при открытом гидровентиле *21*, и опорный каток *17* копирует микронеровности поверхности почвы, а захват *3* совершает колебания в продольно-вертикальной плоскости. При воздействии двуплечего рычага *15* на шток гидроцилиндра *16* рабочая жидкость вытесняется из его полостей через обратные клапаны *23* и *24* и напорную гидролинию *19* в гидроаккумулятор *20*. Противоположные полости гидроцилиндра *16* заполняются через сливную гидролинию *30* и обратные клапаны *28* и *29* рабочей жидкостью из гидробака *31*.

При движении трактора по криволинейной траектории захват *3* с пачкой бревен совершает колебания в горизонтальной плоскости, при этом подпружиненные штоки дополнительных гидроцилиндров *11* и *12* вдвигаются и выдвигаются, вытесняя рабочую жидкость через обратные клапаны *22* и *23* через напорную гидролинию *19* в гидроаккумулятор *20*, а противоположные полости гидроцилиндров *11* и *12* через сливную гидролинию *30* и обратные клапаны *26* и *27* заполняются рабочей жидкостью из гидробака *31*. После разгрузки бревен захват *3* занимает транспортное положение, а трактор *7* перемещается за новой

пачкой бревен. Перед набором новой пачки бревен опорный каток 17 переводится в верхнее положение.

Если гидроаккумулятор полностью заряжен, то с помощью разгрузочного 38 и предохранительного 39 клапанов насос 33 отключается от гидросистемы и работает вхолостую, при этом экономится энергия. Энергия заряженного гидроаккумулятора 20 расходуется для поджатия гидроцилиндром 6 трелемой пачки захвата и для устранения самопроизвольного опускания пачки в процессе трелевки. При снижении давления ниже допустимого насос 33 подает жидкость через нормально открытый обратный клапан 37 в гидроаккумулятор 20 [3].

Для детального анализа характера колебаний груза в тангенциальном направлении были рассчитаны спектры колебаний  $A_\tau(f)$  (их еще называют амплитудно-частотными характеристиками – АЧХ).

Для расчета АЧХ производили Фурье-преобразование функции  $\Delta l_\tau(t)$  следующим образом:

$$A_\tau(f) = k_n \sqrt{\left( \int_0^{t_{кз}} \Delta l_\tau(t) \sin(2\pi f t) dt \right)^2 + \left( \int_0^{t_{кз}} \Delta l_\tau(t) \cos(2\pi f t) dt \right)^2},$$

где  $k_n$  – нормировочный коэффициент, определяющий общий уровень колебаний;  $f$  – частота колебаний. На рисунке 3 представлены спектры для случая мгновенной остановки движения рабочей жидкости при торможении в момент опускания пачки (тонкая линия) и случая сброса давления в пневмогидравлический аккумулятор.

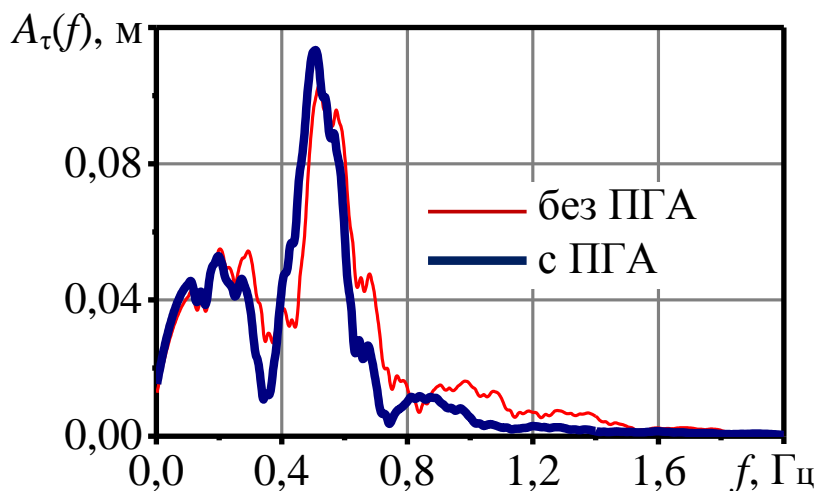


Рисунок 3 – Амплитудно-частотные характеристики (спектры) тангенциальных колебаний трелемой пачки сортировщиков для случаев отсутствия и наличия пневмогидравлического аккумулятора

В соответствии с физическим смыслом АЧХ, присутствие на графике пика при определенной частоте означает, что колебания груза с такой частотой более выражены, чем колебания с другими частотами.

Судя по расположению пиков на спектре, основная частота тангенциальных колебаний груза составляет около 0,5 Гц, т.е. период колебаний примерно равен 2 секундам. Кроме того, существенно выражены колебания в частотном интервале 0,8-1,5 Гц (период колебаний 0,67-1,25 с), соответствующие встряске груза и захвата, как механической системы, при начале и останове опускания [4].

Улучшение спектра за счет оснащения трелевочного захвата энергосберегающим гидроприводом заключается в существенном (в 2-3 раза) уменьшении общего уровня пиков в диапазоне 0,8-1,5 Гц. Это означает, что энергосберегающий гидропривод существенно уменьшает тряску груза. При этом раскачивания груза с частотой 0,5 Гц практически не уменьшаются, однако энергосберегающий гидропривод позволяет несколько уменьшить частоту раскачиваний (с 0,55 до 0,52 Гц).

Таким образом, оснащение трелевочного захвата энергосберегающим гидроприводом позволяет снизить динамические нагрузки на 40 %, энергозатраты на 25 %, в 2-3 раза уменьшить амплитуду раскачивания трелеваемой пачки (с частотой 0,8-1,5 Гц) при движении трактора на лесных объектах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Винокуров, В. Н. Система машин в лесном хозяйстве : учеб. пособие / В. Н. Винокуров, Н. В. Еремин ; под ред. В. Н. Винокурова. – Москва : Академия, 2004. – 320 с.

2 Патент № 2494608 РФ, МПК А01G23/00, В60P3/41. Устройство для бесчokerной трелевки леса : № 2012118367/13 : заяв. 03.05.2012: опубл. 10.10.2013 / Посметьев В. И., Попиков П. И., Зеликов В. А., Обоянцев Д. В., Латышева М. А.; патентообладатель ГОУ ВПО «ВГЛТА». – 6 с.

3 Щербаков, В. Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В. Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины. – 2011. – №.1. – С. 43-44.

4 Обоснование выбора схемы и моделирование устройства для бесчokerной трелевки леса с энергосберегающим гидроприводом / П. И. Попиков, В. И. Посметьев, А. С. Черных, Д. А. Канищев, В. В. Посметьев // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 4 (24). – С. 216-224.