

DOI: 10.58168/TBiEc2025_429-434

УДК 630*377.45

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА
С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ГИРОПРИВОДОМ**
**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FOREST MANIPULATOR
WITH ENERGY-SAVING GYRO DRIVE**

Хоменко К.Г., соискатель, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Четверикова И.В., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

Попиков П.И., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Khomenko K.G., applicant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Chetverikova I.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

Popikov P.I., doctor of Technical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация: в работе проведен анализ литературных источников. Представлена новая конструкция энергосберегающего гидропривода механизма поворота колонны лесного гидроманипулятора. Целью представленной работы является снижение энергоемкости и динамической нагруженности лесного манипулятора путем совершенствования энергосберегающего гидропривода и разработки методики лабораторных исследований. Для проведения эксперимента изготовлен действующий лабораторный стенд с энергосберегающим гидроприводом механизма поворота колонны манипулятора, испытания подтвердили эффективность применения энергосберегающего гидропривода.

Abstract: the paper analyzes literary sources. A new design of an energy-saving hydraulic drive mechanism for rotating a column of a forest hydraulic manipulator is presented. The purpose of the presented work is to reduce the energy intensity and dynamic load of the forest manipulator by improving the energy-saving hydraulic drive and developing laboratory research methods. For the experiment, an operating laboratory stand with an energy-saving hydraulic drive of the manipulator column rotation mechanism was made, the tests confirmed the effectiveness of the energy-saving hydraulic drive.

Ключевые слова: манипулятор, механизм поворота, энергосберегающий гидропривод, кинематика, эффективность, энергосбережение, рекуперация.

Keywords: manipulator, rotary mechanism, energy-saving hydraulic drive, kinematics, efficiency, energy saving, recovery.

Проблема энергоэффективности технологических машин и оборудования актуальна в нашей стране и зарубежных странах. В работах [1-2] проведен анализ способов регулирования скорости штока гидроцилиндра пресса, оснащенного гидроаккумулятором для рекуперации энергии. Разработана математическая модель рабочих процессов пресса с учетом объемной жесткости, в результате решения которой в среде SimInTech, установлено влияние параметров гидропривода на величину коэффициента эффективности. В работе [3] предлагается стенд, оборудованный энергосберегающим гидроприводом, датчиками давления рабочей жидкости типа ПД-100 и тензотензометрической лабораторией ZETLAB ZET 058. В результате лабораторных исследований выявлено, что энергосберегающий гидропривод позволяет на 65-70% снизить энергоемкость рабочего процесса, а также в 1,2-1,3 раза уменьшить всплески давления в переходных режимах. В работе [4] представлена новая компоновочная схема форвардера с колесной формулой 6х6 с приводом колес от отдельных гидромоторов с возможностью рекуперации энергии при поворотах во время движения по пересеченной местности лесных объектах. В результате исследований динамики энергосберегающего гидропривода [5] бесчokerного трелевочного установлено, что энергия рекуперации составила 1,7 ... 2,1 кВт.

Целью работы является снижение энергоемкости и динамической нагруженности лесного манипулятора путем совершенствования энергосберегающего гидропривода и разработки методики лабораторных исследований.

На рисунке 1 изображена гидрокинематическая схема предлагаемого механизма поворота колонны манипулятора с энергосберегающим гидроприводом. Во время циклов разгона и торможения гидроманипулятора, из-за действия сил инерции в цилиндрах 10 и 11, формируется увеличенное давление рабочей жидкости. Если это давление превосходит давление предварительной накачки гидроаккумулятора 18, часть жидкости направляется через обратные клапаны 15 или 16 по гидромагистрали 17 в гидроаккумулятор 18 для его подзарядки. Когда гидроаккумулятор 18 полностью заряжен, разгрузочный механизм 27 выключает насос 24, переводя его в состояние работы вхолостую, что способствует снижению потребления энергии.

В лабораторных условиях применяется серийный манипулятор модели ЛВ-210-01 Майкопского машиностроительного завода. Он установлен на сварной раме, выполненной из швеллеров. Гидравлический манипулятор был соединен с насосной станцией, оснащенной насосом НШ-32.

Для контроля давления рабочей жидкости в трубопроводы интегрирован датчик давления ZET 315. Этот датчик преобразует давление жидкости в электрический сигнал,

который затем может быть обработан и отображен на контрольно-измерительной аппаратуре. Выбор датчика ZET 315 обусловлен его высокой точностью, надежностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред.

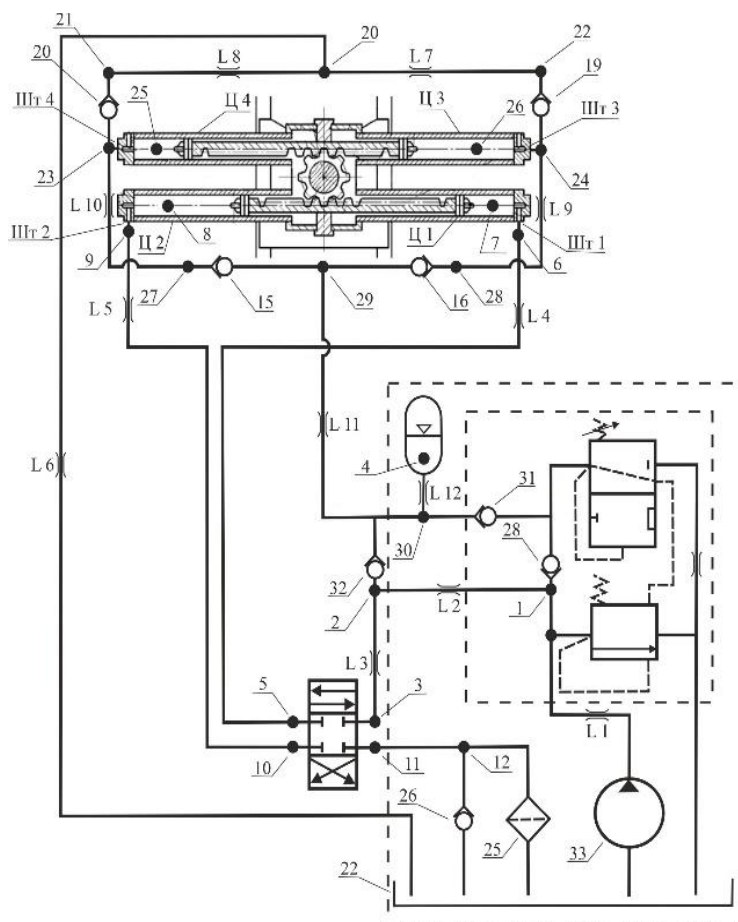


Рисунок 1 – Гидрокинематическая схема энергосберегающего гидропривода механизма поворота колонны гидроманипулятора

В ходе лабораторной калибровки датчика давления применялась насосная установка и измерительная система ZET 058. Давление в насосной системе ступенчато менялось на 0,5 МПа, при этом сигнал, поступающий с датчика, фиксировался с помощью компьютера. ZET 058 осуществлял преобразование аналогового сигнала с датчика в цифровую форму и выводил информацию на компьютер в виде графика и таблицы данных. Тарировка позволила установить точное соответствие между давлением в системе и показаниями датчика. Полученные данные были использованы для калибровки контрольно-измерительной аппаратуры и обеспечения точности измерений.

Для изучения поведения гидропривода выполнялся анализ поршневых камер гидроцилиндров. При этом учитывалось как наличие, так и отсутствие гидропневмоаккумулятора в гидравлической системе манипулятора ЛВ-210-01 (рисунок 2).

В ходе экспериментальных исследований осуществлялись измерения динамических (давление рабочей жидкости) и кинематических (угловой скорости поворота колонны) характеристик при вращении колонны манипулятора. Замерялось торможение поворотной колонны при ее повороте на 180° с дискретностью в 60° относительно начального положения.

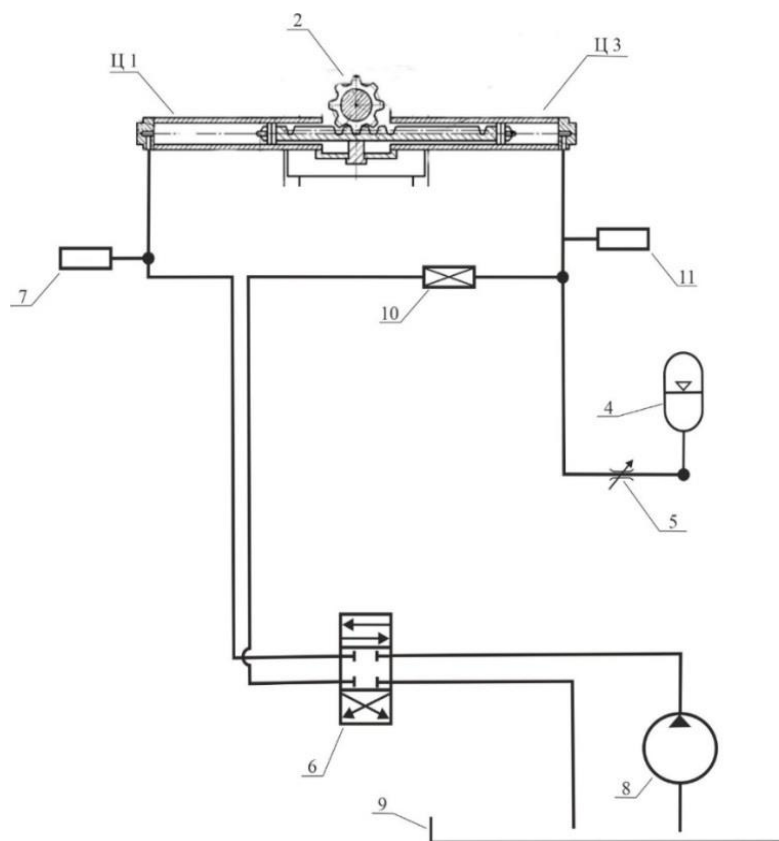


Рисунок 2 – Гидрокинематическая схема лабораторного стенда, включающего гидроманипулятор модели ЛВ-210-01

Порядок проведения лабораторного эксперимента: включение гидрораспределителя 6 на подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр 1 при открытом кране 10 и закрытом дросселе 5, поворот колонны 2 против часовой стрелки на углы поворота ($60^\circ; 120^\circ$); после каждого поворота распределитель ставится в нейтральное положение, одновременно закрывается кран 10 и открывается дроссель 5. Колонна по инерции в режиме торможения продолжает поворот против часовой стрелки и накапливает энергию в гидроаккумуляторе 4. При полной остановке колонны закрывается дроссель 5. Остановка колебаний груза 10 секунд; открытие дросселя 5, включение распределителя 6 на слив рабочей жидкости из гидроцилиндра 1 в гидробак 9 и замер угла поворота колонны от гидроаккумулятора 4.

Проведение исследования работы механизма поворота гидроманипулятора предлагается выполнить по методике полнофакторного эксперимента при следующих

параметрах: масса груза: 50 кг; 100 кг; 150 кг; вылет стрелы: 1,6 м; 2,7 м; 3,8 м; максимальный угол поворота колонны 180° ; номинальное давление в гидросистеме 20 МПа; номинальный расход рабочей жидкости 26 л/мин; используемый гидрораспределитель Badestnost 5–408; предварительная зарядка гидроаккумулятора 5 МПа. Измерение давлений в гидроцилиндрах Ц1 и Ц3 проводится при пошаговом повороте колонны на угол 30° . Гидроцилиндр 3 выполняет функцию гидроцилиндра рекуперации.

Предварительные лабораторные испытания подтвердили эффективность применения энергосберегающего гидропривода на лесном манипуляторе по критериям снижения энергоемкости и динамической нагруженности.

Список литературы

1. Вялов, С.А., Рыбак, А.Т., Цыбрий, И.К., Пелипенко, А.Ю. Трехскоростной гидромеханический привод возвратно-поступательного движения с рекуперацией энергии // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021; 9: 397-401.
2. Pelipenko A., Rybak A., Sarkisian D., Saakian S., Zhyravlyova A. Stand for Life Tests of Plunger Hydraulic Cylinders // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; 246: 198–206.
3. Попиков, П.И. Стенд для испытаний грузоподъемных механизмов лесных маманипуляторов с рекуперацией энергии/ П.И. Попиков, А.В. Конюхов, С.К. Попиков, А.В. Попикова // В сборнике: Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. с. 105-110.
4. Федченко, В.Б., Хакимов, Э.Ф. Анализ компоновки перспективного Гибридного форвардера с мотор-Колесами к.т.н. Доцент Студент-магистр ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии им. М. Ф. Решетнева // Сборник статей XLV Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – 256 с.
5. Четверикова, И.В., Зимарин, С.В., Бурдыкин, А.В. К вопросу совершенствования гидропривода бесчокерного трелевочного захвата // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021: 197-199.

References

1. Vyalov S.A., Rybak A.T., Tsybri I.K., Pelipenko A.Yu. Three-speed hydromechanical reciprocating drive with energy recovery // Assembly in mechanical engineering, instrument engineering. 2021; 9: 397-401.
2. Pelipenko A., Rybak A., Sarkisian D., Saakian S., Zhyravlyova A. Stand for Life Tests of Plunger Hydraulic Cylinders // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; 246: 198-206.

3. Popikov P.I. Test bench for lifting mechanisms of forest hydraulic manipulators with energy recovery/ P.I. Popikov, A.V. Konyukhov, S.K. Popikov, A.V. Popikova//In the collection: energy efficiency and energy conservation in modern production and society. materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2022. pp. 105-110.

4. Layout analysis of a promising Hybrid forwarder with motor Wheels Fedchenko V.B. Candidate of Technical Sciences Associate Professor Khakimov E.F. Master's student of the Siberian State University of Science and Technology named after M. F. Reshetnev // Collection of articles XLV International Scientific and Practical Conference

5. Chetverikova I.V., Zimarin S.V., Burdykin A.V. On the issue of improving the hydraulic drive of a shockless skidding gripper // Improving the efficiency of the forest complex. Proceedings of the seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk, 2021: 197-199.