

УДК 629.11.02/.098

UDC 629.11.02/.098

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГИДРОПРИВОДА****INCREASE IN EFFICIENCY OF A FOREST CAR BY MEANS OF A RECUPERATIVE HYDRAULIC ACTUATOR**

Посметьев Валерий Иванович  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 7667-2959  
posmetyev@mail.ru

Posmetyev Valeri Ivanovich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 7667-2959  
posmetyev@mail.ru

Никонов Вадим Олегович  
к.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код: 6663-2826  
8888nike8888@mail.ru  
*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет имени  
Г. Ф. Морозова», г. Воронеж,  
Российская Федерация*

Nikonov Vadim Olegovich,  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
RSCI SPIN-code: 6663-2826  
8888nike8888@mail.ru  
*Federal State Budget Education Institution of Higher  
Education «Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G. F. Morozov», Voronezh,  
Russia*

В статье рассматриваются тяжелые условия эксплуатации лесовозных автомобилей, обусловленные сложным рельефом местности и плохо обустроенными, как правило, временными грунтовыми дорогами, изобилующими неровностями, препятствиями в виде крупных поверхностных корней, камней и валунов, частыми поворотами, крутыми подъемами и спусками, значительными поперечными уклонами, выбоинами и заболоченными участками, которые приводят к увеличению потребления топлива в 1,5-2,0 раза и сокращению их срока службы. Проанализированы способы повышения их эффективности путем оснащения рекуперативными механизмами, обеспечивающими повторное использование в рабочем процессе неиспользованной рассеиваемой в окружающей среде энергии, а также способствующих повышению надежности и упрощению конструкции таких машин. На основе анализа результатов полученных при изучении состояния вопроса, авторами была предложена конструкция лесовозного автомобиля с рекуперативным гидроприводом, в котором механизмами рекуперации являются стрела, рукоять и опорно-поворотное устройство гидроманипулятора, обратимые гидромоторы колес и подвески лесовозного автомобиля. Представлена схема и описана работа рекуперативного гидропривода. Приведена методика оценки эффективности предлагаемой конструкции лесовозного автомобиля с системой рекуперации энергии. Построена циклограмма рабочего процесса лесовозного автомобиля с предлагаемым гидроприводом

In the article we consider severe conditions of operation of forest cars caused by the difficult land relief and service dirt roads which are badly equipped, as a rule, abounding with roughnesses, obstacles in the form of large superficial roots, stones and boulders, frequent turning movements, steep ascents and descents, considerable cross biases, hollows and boggy sites which lead to increase in consumption of fuel by 1,5-2,0 times and to cutting-down of their life cycle. Ways of increase in their efficiency by equipment by the recuperative mechanisms providing reuse in working process unproductively disseminated to the environment energy, and also promoting increase in reliability and simplification of a design of such cars are analyzed. On the basis of the analysis of the results received when studying a condition of a question, the authors have offered a design of a forest car with a recuperative hydraulic actuator in which gears of recovery are the arrow, a handle and the basic and rotary device of the hydraulic manipulator, reversible hydraulic motors of wheels and a suspender of the forest car. The scheme is submitted and work of a recuperative hydraulic actuator is described. The technique of an assessment of efficiency of the offered design of the forest car with system of recovery of energy is given. The cyclogram of working process of the forest car with the offered hydraulic actuator is constructed

Ключевые слова: ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ЛЕСОВОЗНЫЕ АВТОМОБИЛИ, РЕКУПЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ, ГИДРОПРИВОД, ГИДРОМАНИПУЛЯТОР

Keywords: OPERATION, FOREST CARS, ENERGY RECOVERY, HYDRAULIC ACTUATOR, HYDRAULIC MANIPULATOR

Doi: 10.21515/1990-4665-131-010

<http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/10.pdf>

Лесовозные автомобили (ЛА) эксплуатируются в крайне тяжелых условиях, обусловленных сложным рельефом местности и плохо обустроенными, как правило, временными грунтовыми дорогами. Лесовозные дороги изобилуют неровностями, препятствиями в виде крупных поверхностных корней, камней и валунов, частыми поворотами, крутыми подъемами и спусками, значительными поперечными уклонами, выбоинами и заболоченными участками. В зимний период к этому добавляются снежные заносы, гололед, низкие температуры и более короткий световой день, а также другие негативные факторы. По этой причине разработчики и производители вынуждены оснащать ЛА двигателями со значительно повышенной мощностью, ходовой частью с усиленной подвеской и всеми ведущими мостами. Кроме этого на ЛА устанавливают гидроманипуляторы, надежность которых обеспечивается в основном за счет их повышенной прочности и металлоемкости. Способные успешно решать транспортные задачи при вывозке леса современные ЛА, тем не менее, по сравнению с другими аналогичными транспортными средствами потребляют топлива в 1,5-2,0 раза больше, а срок их полноценной эксплуатации неоправданно сокращен примерно на такую же величину [1-3].

Одним из перспективных и реализуемых способов повышения эффективности ЛА является оснащение их рекуперативными механизмами, обеспечивающих повторное использование в рабочем процессе непродуцируемой в окружающую среду энергии, а также способствующих повышению надежности и упрощению конструкции таких машин. Имеются отечественные и зарубежные научные разработки посвященные рекуперативным системам гидрофицированных колесных машин, полезно утилизирующих энергию при их торможении и других динамических воздействиях, как на сами машины, так и на их технологическое оборудование. Опубликовано большое количество патентов на рекуперативные гидрообъемные трансмиссии и передачи для транспортных средств с

использованием накопителей энергии в виде пневмогидравлических (ПГА), пружинных, маховичных, магнитных и других типов аккумуляторов. Исследователями было установлено, что рекуперация энергии в объемных гидропередачах, с учетом их низкого КПД, наиболее целесообразна, если мощность на выходном валу значительно меняется по времени и ее максимальное значение превышает среднее в течение рабочего цикла на 50 % и более. При проектировании ЛА с рекуперативным гидроприводом необходимо учитывать и другие важные рекомендации, разработанные и апробированные отечественными и зарубежными исследователями [4-7].

На основе анализа результатов, полученных при изучении состояния вопроса, авторами была предложена конструкция ЛА с рекуперативным гидроприводом, структурная схема которой представлена на рисунке 1.

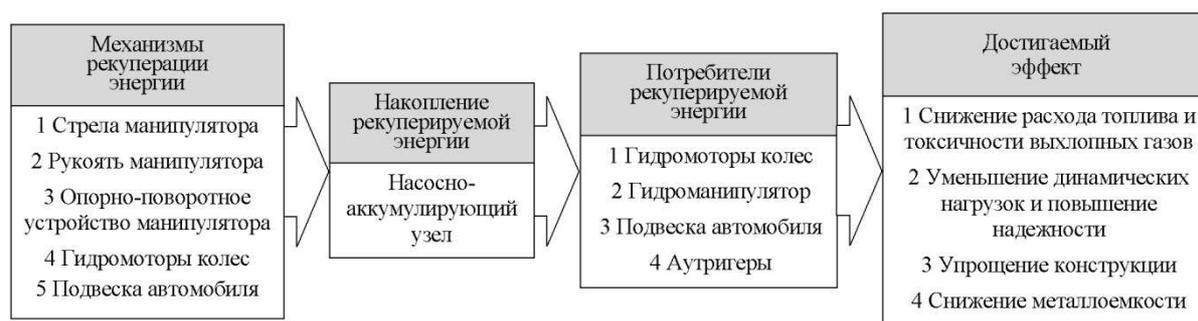
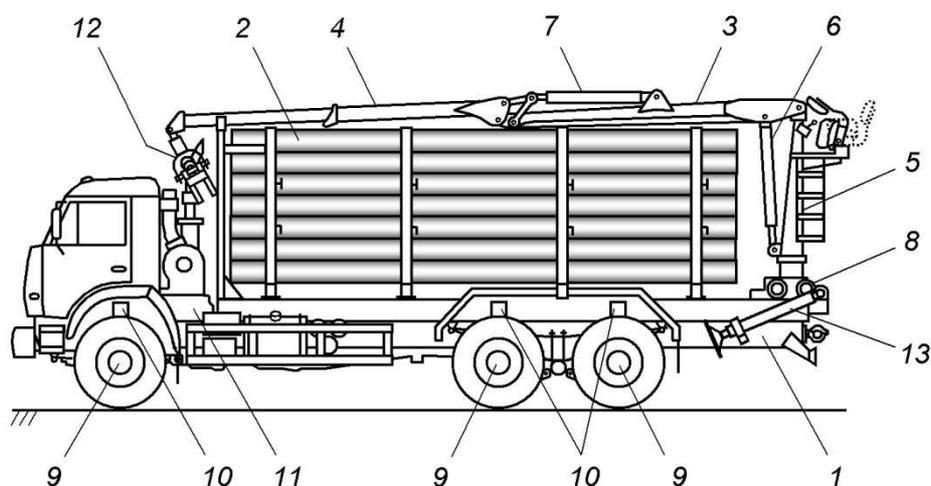


Рисунок 1 – Структурная схема системы рекуперации энергии лесовозного автомобиля с рекуперативным гидроприводом

Здесь механизмами рекуперации являются стрела, рукоять и опорно-поворотное устройство гидроманипулятора, обратимые гидромоторы колес и подвески ЛА. По характеру и последовательности выполняемых операций все они являются циклическими механизмами, причем механизмы стрелы и рукояти рекуперировывают потенциальную энергию положения суммарных их масс, включая и массу челюстного захвата с грузом, а остальные три механизма рекуперировывают кинетическую энергию движущихся масс ЛА и ее частей. В ЛА накопление и сохранение рекуперированной энергии осуществляется широко

применяемыми на транспорте и в промышленности стандартными ПГА. Потребителями рекуперированной энергии при работе ЛА являются гидромоторы колес и подвески автомобиля, а также гидроцилиндры рукояти, стрелы опорно-поворотного устройства гидроманипулятора и аутригеров [8, 9].

Схема размещения на ЛА элементов предлагаемой системы рекуперирования энергии представлена на рисунке 2. Отличительной особенностью



*1* – рама; *2* – сортименты; *3, 4* и *5* – стрела, рукоять и колонна гидроманипулятора; *6* и *7* – гидроцилиндры стрелы и рукояти; *8* – гидропривод опорно-поворотного устройства; *9* – гидромоторы колес; *10* – амортизаторы подвески; *11* – насосно-аккумуляторный узел; *12* – челюстной захват; *13* – аутригер

Рисунок 2 – Схема размещения рекуперативных механизмов на лесовозном автомобиле-сортиментовозе с гидроманипулятором

стью конструкции ЛА является замена передачи от двигателя к ведущим колесам с механической на гидравлическую. Использование обратимых реверсивных гидромоторов *9* в колесах ЛА позволяет значительно упростить конструкцию трансмиссии за счет исключения дорогостоящих и недостаточно надежных традиционных агрегатов и узлов: сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданных и главной передач. Насосно-аккумуляторный узел (НАУ) *11* комплектуется из выпускаемых промышленностью современных и надежных агрегатов, узлов и элементов гидравлики и располагается рядом с двигателем ЛА.

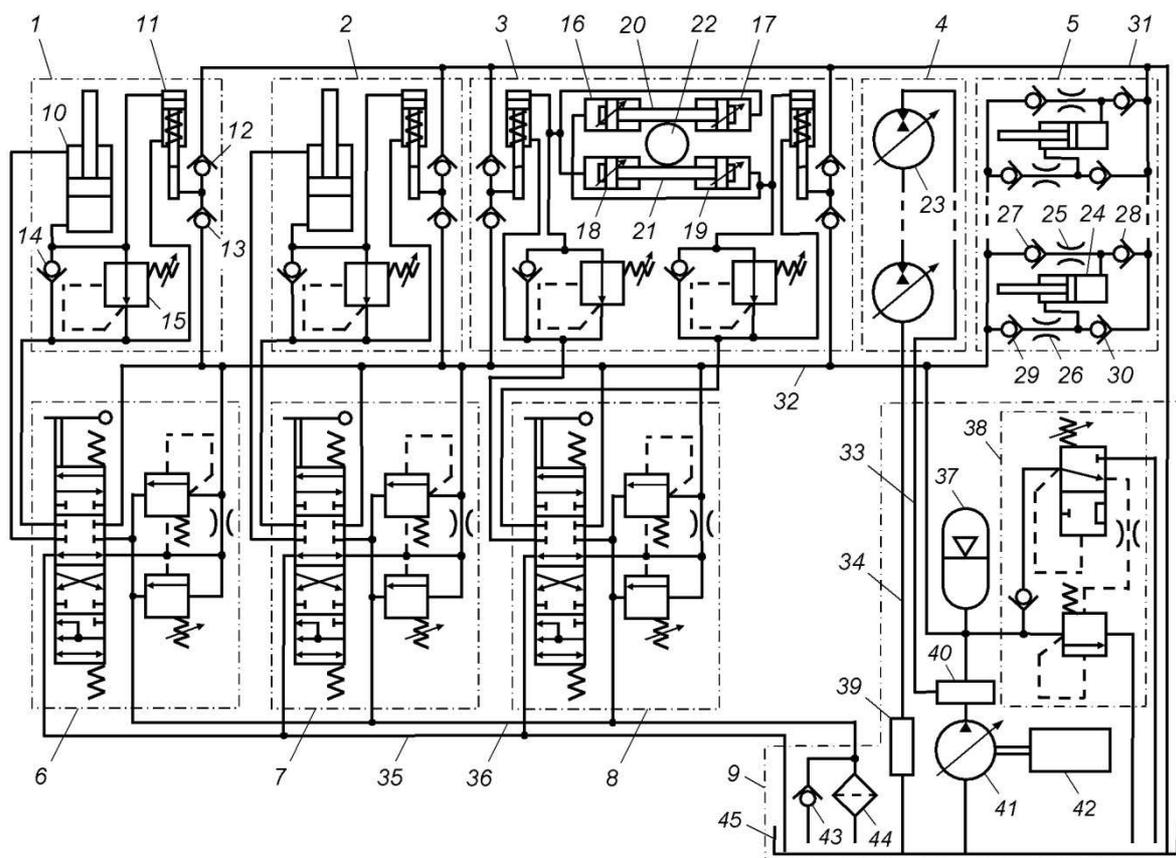


Рисунок 3 – Схема рекуперативного гидропривода лесовозного автомобиля

Гидропривод ЛА (рис. 3) состоит из рекуперативных механизмов 1 ... 5, стандартных гидрораспределителей 6 ... 8 и НАУ 9. Рекуперативные механизмы стрелы 1, рукояти 2 и опорно-поворотного устройства 3 гидроманипулятора аналогичны по устройству и включают гидроцилиндр 10, подпружиненный мультипликатор давления 11, обратные клапаны 12 ... 14 и регулируемый редукционный клапан 15. Рекуперативный механизм 3 опорно-поворотного устройства состоит из управляемых гидроцилиндров 16 ... 19, поршни которых соединены попарно зубчатыми рейками 20, 21 и вала-шестерни 22 поворота колонны гидроманипулятора, а также подпружиненных мультипликаторов давления, обратных и регулируемых редукционных клапанов. Рекуперативный механизм 4 колес ЛА включает реверсивные обратимые гидромоторы 23, напорную 33 и сливную 34 гидромагистрали, а также аппараты управления в виде гидрораспределителей

39 и 40. Рекуперативный механизм 5 подвески ЛА представляет собой установленные в каждой подвеске гидроцилиндр 24, обратные клапаны 27 ... 30 и дроссели 25, 26, которые все вместе в подвеске выполняют также и функции амортизатора. НАУ 9 включает ПГА 37, разгрузочный автоматический клапан 38, соединенный с двигателем 42 ЛА насос 41, обратный клапан 43, фильтр 44, и гидробак 45.

Работа рекуперативного гидропривода ЛА заключается в следующем. Механизм рекуперации стрелы и рукояти с челюстным захватом гидроманипулятора функционирует за счет потенциальной энергии положения ее самой и груза. Работа механизма заключается в следующем. После захвата манипулятором пачки сортиментов из штабеля шток гидроцилиндра 10, управляемого гидрораспределителем 6, выдвигается и поднимает стрелу с грузом на необходимую высоту, а затем стрела, с помощью опорно-поворотного устройства 3, поворачивается для погрузки сортиментов в ЛА. Рабочая жидкость из напорной магистрали 32 одновременно поступает через обратный клапан 14 в нештоковые полости гидроцилиндров 10 и 11, а также минуя клапан 14 – в штоковую полость гидроцилиндра мультипликатора 11. При этом параметры подпружиненного мультипликатора давления 11 и редукционного клапана 15 подобраны по величине такими, чтобы они надежно обеспечивали срабатывание редукционного клапана только после срабатывания мультипликатора давления 11. После переключения гидрораспределителя в «плавающее» положение полости нештоковых и штоковых полостей обоих гидроцилиндров 10 и 11 становятся общающимися, и стрела с пачкой сортиментов опускается под собственным весом на грузовую платформу ЛА. В этом случае часть рабочей жидкости вначале из гидроцилиндра 10 под давлением поступает в нештоковую полость гидроцилиндра мультипликатора 11, выдвигает поршень со штоком и сжимает пружину мультипликатора. Под воздействием плунжера мультипликатора рабочая жидкость из плунжерного цилиндра через об-

ратный клапан *13* под увеличенным давлением, равным соотношению площадей поршня и штока мультипликатора, вытесняется в напорную магистраль *32* в ПГА *37*. Неиспользованная мультипликатором *11* часть рабочей жидкости, оставшаяся в нештоковой полости гидроцилиндра *10*, поступает в его штоковую полость через редуционный клапан *15* и золотник гидрораспределителя *5*. После разгрузки очередной пачки сортиментов в кузов автомобиля гидрораспределитель *5* переводится оператором в положение «подъем» и рабочий цикл стрелы повторяется.

Подпружиненный мультипликатор давления *11* кроме основной функции рекуперирования энергии выполняет одновременно и роль демпфера, снижая пиковые значения давления рабочей жидкости в гидроприводе, неизбежно возникающие при переходных процессах работающей стрелы. В частности, в моменты пуска, останова стрелы и в ряде других случаев резкое импульсное увеличение давления рабочей жидкости в гидроприводе стрелы эффективно снижается за счет срабатывания мультипликатора *11*, а выделяемая при этом энергия также полезно используется путем ее рекуперации, аналогично описанному выше способу.

Вследствие идентичности устройства и принципа работы механизмы рекуперации рукояти *2* и опорно-поворотного устройства *3* гидроманипулятора аналогичны работе механизма рекуперации стрелы *1*. Отличие в работе опорно-поворотного устройства *3* заключается лишь в одновременном срабатывании не одного, а четырех попарно связанных с помощью зубчатых реек *20* и *21* поршней гидроцилиндров *16*, *19* и *17*, *18*. При этом благодаря зубчатому соединению реек *20*, *21* и вала-шестерни *22*, осуществляются повороты колонны гидроманипулятора вокруг вертикальной оси в обе стороны. Рекуперация энергии в опорно-поворотном устройстве осуществляется за счет демпфирования динамических нагрузок, действующих на колонну, стрелу и рукоять с челюстным захватом, как при холостом движении, так и с пачкой сортиментов в моменты начала и конца по-

воротов гидроманипулятора.

Принцип действия механизма рекуперации 4 колеса основан на аккумуляции энергии при циклическом движении ЛА в режиме разгона-торможение, когда его кинетическая энергия движения полезно используется при торможении. Механизм работает следующим образом. При трогании с места и разгоне ЛА гидравлическую энергию гидромоторы 23 колес получают как от гидронасоса 41, так и от ПГА 37. При торможении или движении ЛА накатом под уклон гидрораспределитель 40 автоматически полностью или частично переключает напорную гидролинию 33 на ПГА 37, который в этом случае подзаряжается от обратимых колесных гидромоторов 23, работающих в этом случае в режиме насосов. При этом рекуперация энергии торможения ЛА осуществляется с помощью гидрораспределителя 39, который автоматически отсоединяет гидромоторы 23 от гидромагистрали 34 и соответственно от бака 45, а с помощью гидрораспределителя 40 гидронасос 41 может быть переведен в режим холостого хода. При такой работе механизма рекуперации 4 развиваемая мощность двигателя 42 ЛА может оставаться постоянной и значительно сниженной по величине.

Работа механизма рекуперации подвески 5 основана на использовании энергии колебаний рамы ЛА и заключается в следующем. При движении по лесовозной дороге ЛА под действием своей массы и массы груза испытывает вертикальные перемещения от наезда колес на неровности поверхности дороги, а также от продольных и поперечных наклонов рамы автомобиля под действием сил инерции при разгоне, торможении и поворотах. Вследствие этого штоки и поршни гидравлических цилиндров 24 периодически совершают вертикальные возвратно-поступательные движения. Так, движение поршня вверх (вправо на рисунке) сопровождается вытеснением части рабочей жидкости из нештоковой полости гидроцилиндра 24 через дроссель 25 и обратный клапан 27 в напорную гидромагистраль

32, в результате чего подзаряжается пневмогидравлический аккумулятор 37. Одновременно с этим, за счет разряжения, штоковая полость гидроцилиндра 24 заполняется рабочей жидкостью из гидробака 45 через всасывающую гидромагистраль 31 и обратный клапан 30. Аналогично, при движении поршня гидроцилиндра вниз (влево на рисунке), рабочая жидкость из штоковой полости вытесняется в ПГА 37 через обратный клапан 29 и напорную гидромагистраль 32, а нештоковая полость за счет разряжения заполняется рабочей жидкостью из гидробака 45 через всасывающую гидромагистраль 31 и обратный клапан 28. Далее рабочий цикл механизма рекуперации подвески повторяется.

Кроме рекуперации энергии, совместная работа гидроцилиндров 24, дросселей 25, 26 и обратных клапанов 27 ... 30, позволяет подвеске автомобиля одновременно эффективно выполнять функции амортизаторов, как индивидуально, так и в сочетании с традиционными упругими элементами (рессорами, пружинами, торсионами и др.). Эффект амортизации подвески достигается за счет дросселирования рабочей жидкости через дроссель 25 при движении колеса и соответственно поршня гидроцилиндра 24 вверх и через дроссель 26 – при движении колеса и поршня вниз.

В процессе работы рекуперативного гидропривода ЛА защита механизмов рекуперации от превышения заданной величины давления рабочей жидкости в напорных гидромагистралях 32 и 33, при полностью заряженном ПГА 37, осуществляется с помощью предохранительных клапанов, предусмотренных в гидрораспределителях 6 ... 8 и разгрузочного автоматического клапана 38, установленного в НАУ 9.

Эффективность предлагаемой конструкции ЛА с системой рекуперации энергии на основе использования двигателя внутреннего сгорания и ПГА может быть оценена такими показателями, как снижение расхода топлива, динамика разгона и торможения, токсичность выхлопных газов, надежность конструкции в целом и долговечность тормозной системы, ме-

таллоемкость, габаритные размеры и рядом других. Для примерного расчета относительного уменьшения расхода топлива  $\Delta Q$  используем следующую известную зависимость [10, 11]:

$$\Delta Q = \frac{(\eta \eta_k \eta_r \eta_m)^2 \eta_m}{1 + [2qLC_T / (M_H u_d^2)] \eta_d \eta_T \eta_k},$$

где  $\eta$  – КПД гидромотора;  $\eta_k$  – КПД колес;  $\eta_e$  – КПД соединительных элементов гидропривода;  $\eta_m$  – механический КПД ПГА, суммарный для сжатия и расширения газа;  $\eta_d$  – КПД двигателя;  $\eta_T$  – КПД трансмиссии;  $q$  – расход топлива на единицу расстояния;  $M_H$  – номинальная нагрузка;  $L$  – длина участка между остановками;  $C_T$  – теплотворная способность топлива;  $u_d$  – скорость движения машины.

Выполненный по этой зависимости ориентировочный расчет эффективности использования ПГА в качестве дополнительного источника энергии в гидроприводе циклического действия позволил построить примерную циклограмму рабочего процесса ЛА с предлагаемым гидроприводом (рис. 4). Здесь продолжительность цикла  $T_{\text{ц}}$  рабочего процесса ЛА разбита на четыре технологические операции, соответствующие их продолжительности при движении ЛА на погрузку без груза  $T_b$ , погрузку сортиментов  $T_n$  на месте заготовки древесины, движение к потребителю с грузом  $T_e$  и разгрузку сортиментов  $T_p$  в пункте доставки. Оценку эффективности ЛА выполним на основе анализа основного рабочего параметра гидроприводов  $Q$  – расхода (подачи) рабочей жидкости рекуперативных механизмов и НАУ на примере сортиментовоза колесной формулы  $6 \times 6$  (рис. 2).

При движении ЛА без груза по лесовозной дороге к месту погрузки сортиментов суммарная подача  $Q_{c6}$  рабочей жидкости от подач  $Q_{46}$  и  $Q_{56}$  рекуперированными механизмами гидромоторов колес и подвески обеспечивает не только полную зарядку ПГА, но также и возвращение значительной части рабочей жидкости к гидромоторам колес ЛА. Это достигается с по-

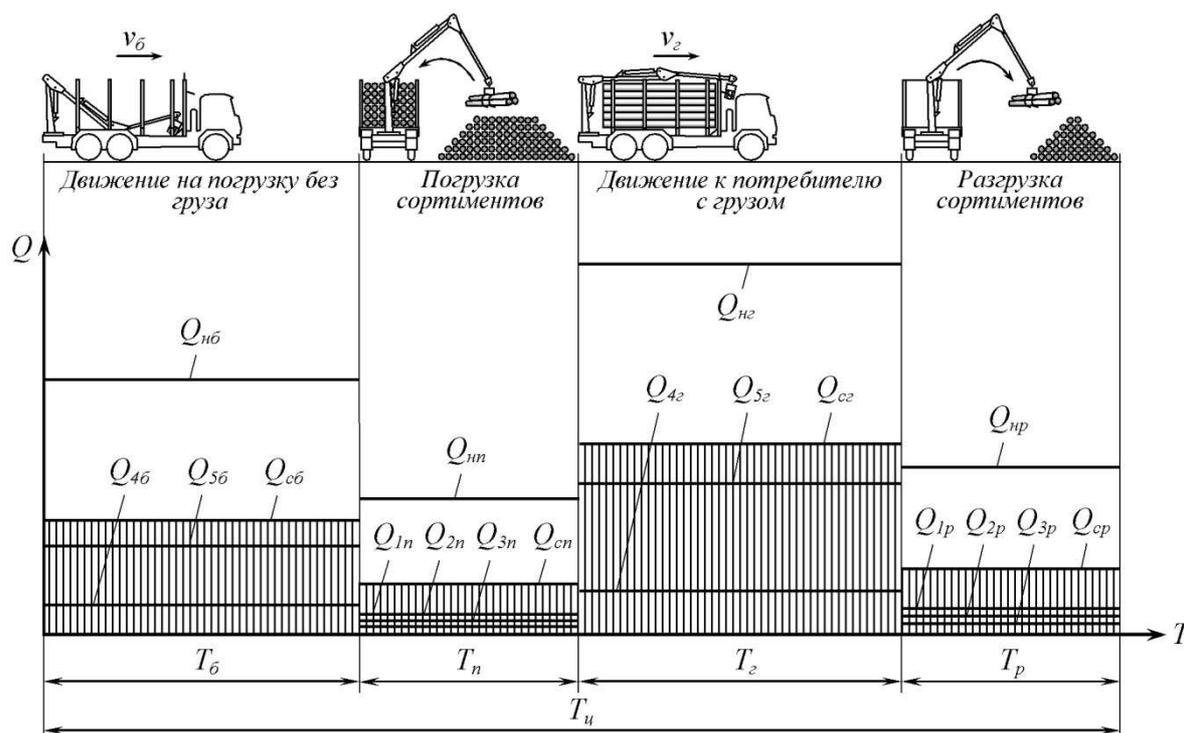


Рисунок 4 – Схема циклограммы рабочего процесса лесовозного автомобиля с рекуперативным гидроприводом

мощью гидрораспределителей (поз. 39 и 40 на рис. 3), которые автоматически снижают подачу  $Q_n$  рабочей жидкости от гидронасоса НАУ (поз. 41) на соответствующую величину, в результате чего уменьшается и потребная мощность двигателя ЛА. Очевидно, что при движении ЛА как на погрузку, так и на разгрузку с продолжительностью этих операций  $T_n$  и  $T_z$ , вследствие неиспользования гидроманипулятора, подача рабочей жидкости к его гидроцилиндрам отсутствует, т. е.  $Q_{1b} = Q_{2b} = Q_{3b} = Q_{1z} = Q_{2z} = Q_{3z} = 0$ .

Операции погрузки и разгрузки сортиментов продолжительностью  $T_b$  и  $T_p$  в целом идентичны и характеризуются работой всех трех рекуперативных механизмов гидроманипулятора, которые обеспечивают подачу рекуперированной рабочей жидкости  $Q_{1n}, Q_{2n}, Q_{3n}, Q_{1p}, Q_{2p}$  и  $Q_{3p}$  в НАУ. Несколько большая по величине подача рабочей жидкости  $Q_{1p}, Q_{2p}$  и  $Q_{3p}$  при работе гидроманипулятора на разгрузке объясняется большим, в среднем на 1,0-1,5 м, вертикальным перемещением его стрелы и рукояти из-за разгрузки сортиментов не в штабель, а непосредственно на поверхность грузовой

площадки. При выполнении операций погрузки и разгрузки ЛА стоит неподвижно и поэтому подача рабочей жидкости в НАУ от рекуперативных механизмов колес и подвески автомобиля будет отсутствовать, т. е.  $Q_{4n} = Q_{5n} = Q_{4p} = Q_{5p} = 0$ .

Работа механизмов рекуперации колес и подвески автомобиля при движении груженого сортирентами ЛА к потребителю и продолжительностью операции  $T_2$ , отличается от аналогичной операции движения ЛА без груза лишь увеличенными в 1,2-1,5 раза объемами подачи рекуперированной рабочей жидкости в НАУ. Такое значительное увеличение подачи  $Q_{4z}$  и  $Q_{5z}$ , объясняется большей примерно вдвое массой груженого ЛА.

Сравнение суммарных расходов рабочей жидкости  $Q_{сб}$ ,  $Q_{сн}$ ,  $Q_{сг}$  и  $Q_{ср}$  у рекуперативных механизмов (заштриховано на графике рис. 4) с расходами  $Q_{нб}$ ,  $Q_{нп}$ ,  $Q_{нг}$  и  $Q_{нр}$  у насоса НАУ в процессе работы ЛА на всех четырех операциях свидетельствует о значительном, не менее чем на 40-50 % снижении расхода у насоса НАУ. Соответственно снижаются примерно на аналогичную величину мощность и расход топлива у двигателя ЛА, что свидетельствует о целесообразности применения рекуперативных механизмов. При этом наибольший эффект от рекуперации достигается при движении ЛА на погрузку и с грузом, причем он повышается с увеличением массы машины. В меньшей степени, примерно на 30-40 %, этот эффект проявляется в результате работы рекуперативных механизмов гидроманипулятора при погрузке и разгрузке сортирентов.

Таким образом, повышение эффективности ЛА достигается за счет следующих преимуществ, обеспечиваемых предлагаемой конструкцией рекуперативного гидропривода. Он позволяет использовать в ЛА двигатель значительно меньшей мощности (на 30-40 %) и соответственно снизить расход топлива и токсичность выхлопных газов. Это достигается путем аккумулярования в НАУ механизмами рекуперации стрелы, рукояти, опорно-поворотного устройства, колес и подвески автомобиля, и последующего полезного

использования накопленной энергии, как при движении ЛА, так и при погрузке и разгрузке сортиментов гидроманипулятором. По сравнению с механическим, гидравлический привод обеспечивает значительное упрощение конструкции и снижение металлоемкости трансмиссии ЛА за счет исключения дорогостоящих и недостаточно надежных узлов, таких как традиционных сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданных валов и главной передачи. Кроме этого рекуперативный гидропривод, благодаря эффективному демпфированию и амортизации, позволяет существенно повысить надежность ЛА благодаря снижению динамических нагрузок на детали и узлы его трансмиссии, ходовой части и гидроманипулятора.

#### Список литературы

1. Козлов, В. Г. Исследование участков лесовозных дорог с интенсивным движением лесотранспортных машин / В. Г. Козлов, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова и др. // Проблемы и возможности современной науки : сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – М. 2015. – С. 129-133.
2. Майоров, И. Г. Экономическая доступность лесных ресурсов и транспортная доступность / И. Г. Майоров, А. Г. Третьяков // Экономические науки. – 2014. – № 10 (119). – С. 24-28.
3. Посметьев, В. И. Состояние и пути повышения эффективности почвообрабатывающих агрегатов при лесовосстановлении на вырубках : монография / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов. – Воронеж : ВГЛТУ, 2015. – 236 с.
4. Посметьев, В. И. Повышение эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов на основе реализации перспективных научно-технических решений : монография / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, В. В. Посметьев. – Воронеж : ВГЛТУ, 2015. – 275 с.
5. Попиков, П. И. Моделирование рабочих процессов энергосберегающего гидропривода технологического оборудования лесотранспортной машины / П. И. Попиков, Р. В. Юдин, Д. А. Канищев и др. // Лесотехнический журнал. 2015. – № 1. – С. 225-234.
6. Попиков, П. И. 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.
7. Посметьев, В. И. Повышение эффективности автомобилей за счет увеличения КПД их агрегатов и систем / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, М. А. Барков // Воронежский научно-технический Вестник, 2016. – Т. 1. – № 1 (15). – С. 58-65.
8. Посметьев, В. И. Оценка актуальности и обоснование выбора схемы лесовозного автомобиля с дистанционным управлением / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7. – № 1 (25). – С. 211-218.

9. Посметьев, В. И. Анализ эффективности и классификация упругих устройств, используемых в традиционных и новых подвесках колесных машин/ В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник, 2017. – Т. 1. – № 1 (19). – С. 78-89.

10. Виноградов, Л. М. Пневмогидроаккумуляторы / Л. М. Виноградов, Ю. Н. Лаптев, С. Г. Телица и др. – М. : Машиностроение, 1993. – 176 с.

11. Кондаков, Л.А. Машиностроительный гидропривод / Л. А. Кондаков, Г. А. Никитин, В. Н. Прокофьев и др. Под ред. В. Н. Прокофьева. – М. : Машиностроение, 1976. – 495 с.

### References

1. Kozlov, V. G. Issledovanie uchastkov lesovoznyh dorog s intensivnym dvizheniem lesotransportnyh mashin / V. G. Kozlov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvorcova i dr. // Problemy i vozmozhnosti sovremennoj nauki : sbornik materialov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – M. 2015. – S. 129-133.

2. Majorov, I. G. Jekonomicheskaja dostupnost lesnyh resursov i transportnaja dostupnost / I. G. Majorov, A. G. Tretyakov // Jekonomicheskie nauki. – 2014. – № 10 (119). – S. 24-28.

3. Posmetyev, V. I. Sostojanie i puti povyshenija jeffektivnosti pochvoobrabatyvajushhih agregatov pri lesovosstanovlenii na vyrubkah : monografija / V. I. Posmetyev, V. A. Zelikov. – Voronezh : VGLTU, 2015. – 236 s.

4. Posmetyev, V. I. Povyshenie jeffektivnosti lesnyh pochvoobrabatyvajushhih agregatov na osnove realizacii perspektivnyh nauchno-tehnicheskikh reshenij : monografija / V. I. Posmetyev, V. A. Zelikov, V. V. Posmetyev. – Voronezh : VGLTU, 2015. – 275 s.

5. Popikov, P. I. Modelirovanie rabochih processov jenergosberegajushhego gidroprivoda tehnologicheskogo oborudovanija lesotransportnoj mashiny / P. I. Popikov, R. V. Judin, D. A. Kanishhev i dr. / Lesotehnicheskij zhurnal. 2015. – № 1. – S. 225-234.

6. Popikov, P. I. Obosnovanie vybora shemy i modelirovanie ustrojstva dlja beschokernoj trelevki lesa s jenergosberegajushhim gidroprivodom / P. I. Popikov, V. I. Posmetyev, A. S. Chernyh, D. A. Kanishhev, V. V. Posmetyev // Lesotehnicheskij zhurnal. – 2016. – Т. 6. – № 4 (24). – S. 216-224.

7. Posmetyev, V. I. Povyshenie jeffektivnosti avtomobilej za schet uvelichenija KPD ih agregatov i sistem / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, M. A. Barkov // Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik, 2016. – Т. 1. – № 1 (15). – S. 58-65.

8. Posmetyev, V. I. Ocenka aktualnosti i obosnovanie vybora shemy lesovoznogo avtomobilja s distacionnym upravleniem / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetyev // Lesotehnicheskij zhurnal. – 2017. – Т. 7. – № 1 (25). – S. 211-218.

9. Posmetyev, V. I. Analiz jeffektivnosti i klassifikacija uprugih ustrojstv, ispolzuemih v tradicionnyh i novyh podveskah kolesnyh mashin/ V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetyev // Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik, 2017. – Т. 1. – № 1 (19). – S. 78-89.

10. Vinogradov, L. M. Pnevmoгидроаккумуляторы / L. M. Vinogradov, Ju. N. Laptev, S. G. Telica i dr. – М. : Mashinostroenie, 1993. – 176 s.

11. Kondakov, L.A. Mashinostroitelnii gidroпривод / L. A. Kondakov, G. A. Nikitin, V. N. Prokof'ev i dr. Pod red. V. N. Prokof'eva. – М. : Mashinostroenie, 1976. – 495 s.