

DOI: 10.58168/MOTOR2024_12-17

УДК 630 : 629.11.02/098

Посметьев В.И.

доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Никонов В.О.

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Авдюхин А.В.

аспирант кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Сизьмин И.В.

аспирант кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Матяшов А.Е.

аспирант кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

Posmetev V.I.

dr. sci. tech. prof., prof. of department of mechanical engineering technologies Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Nikonov V.O.

Ph. D., associate professor of production, repair and operation of cars Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Avdyukhin A.V.

post-graduate student of department of mechanical engineering technologies Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Sizmin I.V.

post-graduate student of department of mechanical engineering technologies Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, RF

Matyashov A.E.

postgraduate student of the department of mechanical engineering technologies Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, RF

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ПОДВЕСОК ПРИЦЕПНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

PROSPECTIVE DESIGNS OF RECOVERABLE SUSPENSIONS OF TRAILER LINKS OF LOGGING ROAD TRAINS

Аннотация: Рассмотрены специфические особенности, а также последствия эксплуатации лесовозного автомобильного транспорта при движении в сложных природно-климатических условиях по лесовозным дорогам, недостаточного уровня обустроенности.

Обоснована необходимость повышения эффективности вывозки древесины лесовозными автопоездами путем применения в конструкциях их прицепных звеньев рекуперативных амортизаторов. Приведено описание работы предложенных схем рекуперативных гидроприводов, позволяющих амортизаторам подвесок преобразовывать и накапливать энергию рабочей жидкости в процессе движения лесовозных автопоездов по неровностям лесовозных дорог.

Ключевые слова: лесовозный автопоезд, амортизатор, расход топлива, рабочая жидкость, прицеп, рекуперация, полуприцеп, лесовозная дорога, прицеп-роспуск, подвеска, динамические нагрузки.

Abstract: The article considers specific features and consequences of operation of timber road transport when driving in difficult natural and climatic conditions on logging roads with insufficient level of development. The necessity of increasing the efficiency of timber removal by logging road trains by using recuperative shock absorbers in the designs of their trailer links is substantiated. The article describes the operation of the proposed schemes of recuperative hydraulic drives, allowing suspension shock absorbers to convert and accumulate the energy of the working fluid during the movement of logging road trains on uneven logging roads.

Keywords: timber road train, shock absorber, fuel consumption, working fluid, trailer, recuperation, semi-trailer, timber road, trailer-disassembly, suspension, dynamic loads.

Транспорт леса относится к одной из фаз производственного процесса лесозаготовительной отрасли. Создание совершенных видов лесотранспортной техники определяет технический прогресс лесозаготовительного производства, и, как следствие, его экономическую эффективность. Среди всех видов сухопутного транспорта автомобильная вывозка леса в РФ занимает в настоящее время ведущее место. На долю автомобильного транспорта лесозаготовительных предприятий приходится около 90 % всей вывозимой древесины. Большой объем грузовой работы выполняется автомобильным транспортом также при перевозке сортиментов потребителям и других хозяйственных грузов [1-3].

Эксплуатационные режимы работы лесовозных автопоездов (ЛАП) в большинстве случаев зависят от природно-климатических и эксплуатационных факторов: продолжительности периодов зимней вывозки, рельефа местности, расстояний перевозки грузов, среднего объема перевозимой древесины, типа и состояния дорожного покрытия лесовозной дороги (ЛД). Специфические условия работы ЛАП, связанные с низким уровнем обустроенности ЛД и особенностями вывозимых лесоматериалов, приводят к снижению скоростей движения ЛАП, а также к ускоренному износу деталей и узлов их подвесок (ПД). Тяжелые условия работы ЛАП также сопровождаются возникновением больших динамических нагрузок при неустановившихся режимах движения по ЛД [4].

Низкое качество ЛД характеризуется наличием подъемов, уклонов, различных дорожных неровностей, ограниченной видимостью, извилистостью, увеличенным сопротивлением движению, а также сниженным сцеплением колес ЛАП с ЛД. Возникающие колебания ЛАП при преодолении им неровностей ЛД приводят к ухудшению не только плавности хода, но и к изменению основных эксплуатационных свойств ЛАП. Воздействующие на ЛАП в таких дорожных условиях динамические нагрузки являются причиной снижения их надежности, и, как следствие, причиной ухудшения эффективности процесса вывозки лесоматериалов [4, 5].

Параметры возмущений, оказывающие воздействие на ЛАП при их движении по неровностям, имеющимся на ЛД, в большинстве случаев определяют

ся их геометрическими параметрами, а также скоростями движения ЛАП через неровности ЛД. Известно, что у 90 % ЛД с асфальтобетонным покрытием высота неровностей изменяется в пределах от 13 до 20 мм, а у ЛД с грунтовым покрытием – от 40 до 50 мм. В то же время плавные подъемы и уклоны, имеющиеся на ЛД при эксплуатационных скоростях движения ЛАП, практически не оказывают на них динамические воздействия [4, 6].

Превышение допустимых значений динамических нагрузок на ЛАП сопровождается появлением отказов в их деталях и узлах. В результате этого возникает необходимость в процессе проектирования ЛАП принимать меры, направленные на снижение динамических нагрузок на ответственные детали и узлы ЛАП. Такими мерами являются определение оптимальных скоростей движения ЛАП по ЛД, а также совершенствование и разработка перспективных виброзащитных и демпфирующих устройств [4, 7].

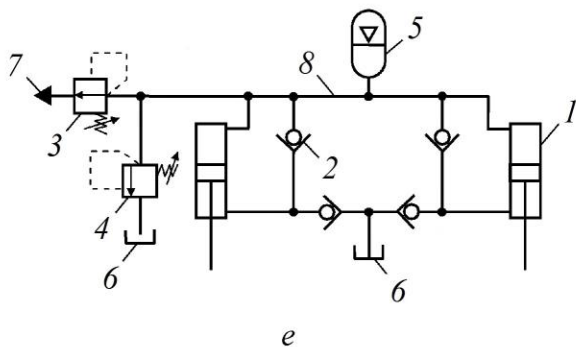
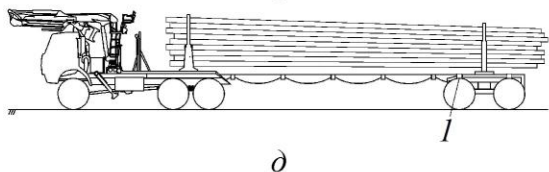
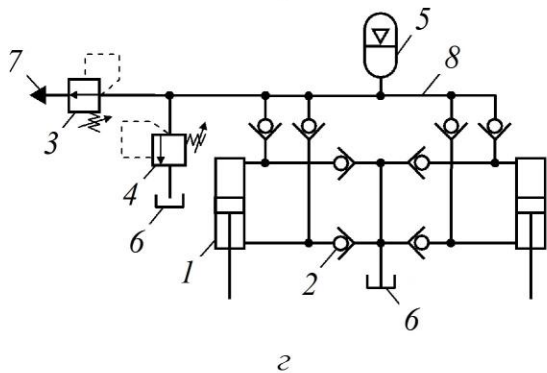
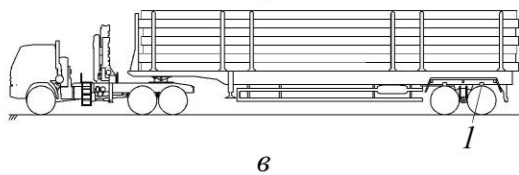
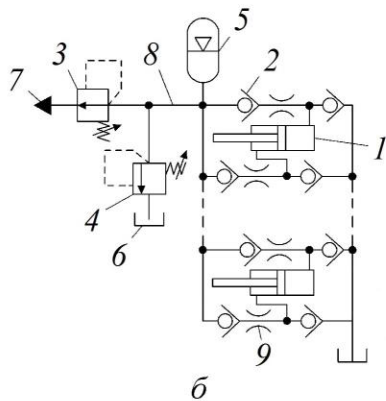
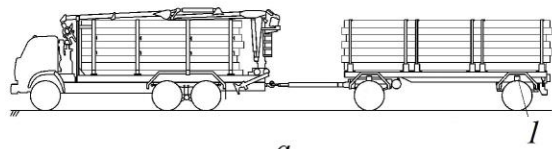
Значительного повышения эффективности процесса вывозки лесоматериалов можно добиться путем совершенствования динамических систем ЛАП, которые обеспечивают повышение их скорости движения, а также за счет оснащения ПД прицепных звеньев ЛАП рекуперативными амортизаторами (РА), позволяющими преобразовывать и накапливать в пневмогидроаккумуляторе (ПГА) гидропривода энергию рабочей жидкости для последующего полезного ее использовать в гидравлическом технологическом оборудовании.

Анализ результатов научных работ российских и зарубежных ученых подтверждают перспективность направления по разработке и совершенствованию ПД, обеспечивающих рекуперацию энергии рабочей жидкости, а также демпфирование колебаний колес и динамических нагрузок, воздействующих на них [8, 9].

Несмотря на уже имеющиеся результаты исследований в области разработки и проектирования РА для ПД грузовых автомобилей, специфические особенности эксплуатации ЛАП не дают возможность механически использовать эти результаты в процессе исследования рекуперации энергии рабочей жидкости РА ПД таких ЛАП. Кроме этого, существующие РА ПД не имеют непосредственного отношения к прицепным звеньям ЛАП. Несмотря на кажущуюся простоту конструкций РА ПД, в настоящее время все еще отсутствуют схемные решения рекуперативных гидроприводов применительно к ПД прицепных звеньев ЛАП различного компонования. Причиной этого, является отсутствие углубленных исследований по оптимизации рабочих и конструктивных параметров РА ПД прицепных звеньев ЛАП при их неустановившемся движении в условиях недостаточно обустроенных ЛД [1].

Всесторонний анализ технических решений патентных материалов и серийно выпускаемых конструкций, позволил авторам разработать и предложить перспективные схемы рекуперативных гидроприводов ПД для прицепных звеньев ЛАП различного компонования (рис. 1). Основными элементами рекуперативных гидроприводов ПД прицепных звеньев ЛАП, являются: РА 1, обратные клапаны 2, редукционный 3 и предохранительный 4 клапаны, ПГА 5, гидробак 6, порт подачи рабочей жидкости потребителю 7, трубопроводы 8 и дроссели 9.

Работа таких ПД прицепных звеньев ЛАП основана на полезном использовании энергии колебаний прицепных звеньев ЛАП, нагруженных лесоматериалами, и



а, в, д – схемы размещения РА в ЛАП,
б, г, е – схемы рекуперативных гидроприводов
ПД прицепных звеньев ЛАП

Рисунок 1 – Рекуперативные гидроприводы
ПД прицепных звеньев ЛАП

заключается в следующем. В процессе движения по ЛД лесовозные автомобили-тягачи и их прицепные звенья испытывают под действием своих масс и массы перевозимых лесоматериалов вертикальные колебания от наезда колес на неровности ЛД, а также под действием сил инерции при торможении, поворотах и разгонах – поперечные и продольные наклоны и перекосы рам.

В результате этого штоки, а также поршни РА 1 периодически осуществляют вертикальные возвратно-поступательные перемещения. При движении поршней РА 1 вверх происходит вытеснение рабочей жидкости из поршневых полостей РА 1, обратные клапаны 2 и трубопроводы 8 в ПГА 5, осуществляя его зарядку. Одновременно с этим процессом, за счет разряжения в штоковых полостях РА 1 происходит их заполнение рабочей жидкостью из гидробака 6 посредством всасывающего трубопровода и обратных клапанов 2. Аналогично при перемещении поршней РА 1 вниз рабочая жидкость из штоковых полостей вытесняется посредством обратных клапанов 2 и напорный трубопровод 8 в ПГА 5, поршневые полости амортизаторов за счет разряжения заполняются рабочей жидкостью из гидробака 6 посредством всасывающего трубопровода и обратных клапанов 2. Далее рабочий процесс РА ПД прицепных звеньев при преодолении ЛАП других неровностей ЛД аналогично повторяется. Кроме рекуперации энергии рабочей жидкости, совместная работы РА и обратных клапанов дает возможность ПД прицепных звеньев ЛАП одновременно, с высокой эффективностью осуществлять функции демпфирования и амортизации нагрузок, как

отдельно, так и совместно с традиционными упругими элементами ПД (пневматическими колесами, пружинами, рессорами, торсионами и др.) [10, 11].

Применение РА в ПД прицепных звеньев ЛАП, обеспечивающих преобразование кинетической энергии ПД в энергию рабочей жидкости, накапливаемую в ПГА для последующего полезного использования, позволяет: значительно снизить потери энергии в ПД; уменьшить расход топлива; сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду; повысить плавность и управляемость прицепных звеньев ЛАП. Кроме этого, более эффективное демпфирование и амортизация дает возможность существенно снизить воздействие динамических нагрузок на детали и узлы ПД прицепных звеньев, и, как следствие, повысить надежность ЛАП.

Список литературы

1. Посметьев, В. И. Результаты компьютерного моделирования движения лесовозного автопоезда с рекуперацией энергии в его подвеске / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 3(31). – С. 176-187. – DOI 10.12737/article_5b97a15dc46998.19876487.
2. Никонов, В. О. Современное состояние, проблемы и пути повышения эффективности лесовозного автомобильного транспорта / В. О. Никонов. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2021. – 203 с.
3. Посметьев, В. И. Обоснование целесообразности оснащения лесовозных автопоездов рекуперативными тягово-сцепными устройствами по результатам имитационного моделирования / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2023. – 204 с.
4. Никонов, В. О. Оценка эффективности применения рекуперативного пневмогидравлического тягово-сцепного устройства лесовозного автопоезда / В. О. Никонов, В. И. Посметьев, В. В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 3, № 3(41). – С. 47-63. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-47-63.
5. Инновации в автомобильном транспорте : материалы Всероссийской научно-технической конференции 18 мая 2021 года, г. Воронеж / отв. ред. В. О. Никонов ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. – 68 с. – URL : <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2021/premmol/>.
6. Иванов, К. С. Методика статистического анализа динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили при движении по лесным дорогам : диссертация ... кандидата технических наук : 05.26.02 / Иванов Константин Серафимович. – Санкт-Петербург, 2005. – 113 с. – URL : <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01004300315>.
7. Посметьев, В. И. Оценка эффективности использования традиционных конструкций подвесок в специализированном автомобильном транспорте / В. И. Посметьев, В. О. Никонов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 4, № 4(42). – С. 94-119. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-94-119.
8. Никонов, В. О. Оптимизация конструктивных параметров рекуперативного сцепного устройства, установленного в лесовозном автомобиле с прицепом / В. О. Никонов, В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, В. В. Посметьев, А. С. Чуйков // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 162-179. – DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/11>.
9. Посметьев, В. И. Оптимизация конструктивных параметров пневмогидравлического седельно-сцепного устройства лесовозного автопоезда / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, А. Ю. Мануковский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 3(393). – С. 126-139. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-3-126-139.
10. Никонов, В. О. Имитационное моделирование резонансных явлений при работе рекуперативных гидравлических амортизаторов в подвесках прицепных звеньев лесовозных

автопоездов / В. О. Никонов, В. И. Посметьев, В. В. Посметьев, В. А. Зеликов // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 2 (54). – С. 239-259. – DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.2/14>. – URL : http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/ltzh_2024_t_14_no_2_54.pdf.

11. Посметьев, В. И. Основные направления повышения эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(36). – С. 70-79. – URL : http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2013_1-36.pdf#5.

References

1. Posmetev, V. I. Results of computer modeling of the movement of a timber road train with energy recovery in its suspension / V. I. Posmetev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetev // Forestry journal. – 2018. – Vol. 8, № 3 (31). – P. 176-187. – DOI 10.12737/article_5b97a15dc46998.19876487.

2. Nikonov, V. O. Current state, problems and ways to improve the efficiency of timber road transport / V. O. Nikonov. – Voronezh : Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2021. – 203 p.

3. Posmetyev, V. I. Justification of the feasibility of equipping timber road trains with recuperative traction coupling devices based on the results of simulation modeling / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetyev. – Voronezh : Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – 204 p.

4. Nikonov, V. O. Evaluation of the efficiency of using a recuperative pneumohydraulic traction coupling device of a timber road train / V. O. Nikonov, V. I. Posmetyev, V. V. Posmetyev // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2022. – Vol. 3, № 3 (41). – P. 47-63. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-47-63.

5. Innovations in automobile transport : materials of the All-Russian scientific and technical conference on May 18, 2021, Voronezh / ed. V. O. Nikonov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, FSBEI HE "VGTU". – Voronezh, 2022. – 68 p. – URL : <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2021/premmol/>.

6. Ivanov, K. S. Methodology of statistical analysis of dynamic loads acting on fire trucks when driving on forest roads: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.26.02 / Ivanov Konstantin Serafimovich. – St. Petersburg, 2005. – 113 p. – URL : <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01004300315>.

7. Posmetev, V. I. Evaluation of the efficiency of using traditional suspension designs in specialized road transport / V. I. Posmetev, V. O. Nikonov // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2022. – Vol. 4, № 4(42). – Pp. 94-119. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-94-119.

8. Nikonov, V. O. Optimization of the design parameters of the regenerative coupling device installed in a logging truck with a trailer / V. O. Nikonov, V. I. Posmetev, V. A. Zelikov, V. V. Posmetev, A. S. Chuikov // Forestry Journal. – 2023. – V. 13. – № 1 (49). – P. 162-179. – DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/11>.

9. Posmetyev, V. I. Optimization of design parameters of the pneumohydraulic fifth wheel coupling of a timber road train / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, A. Yu. Manukovsky [et al.] // News of higher educational institutions. Forestry magazine. – 2023. – № 3 (393). – P. 126-139. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-3-126-139.

10. Nikonov, V. O. Simulation modeling of resonance phenomena during operation of recuperative hydraulic shock absorbers in suspensions of trailer links of timber road trains / V. O. Nikonov, V. I. Posmetev, V. V. Posmetev, V. A. Zelikov // Forestry journal. – 2024. – Vol. 14. – № 2 (54). – P. 239-259. – DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.2/14>. – URL : http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/ltzh_2024_t_14_no_2_54.pdf.

11. Posmetev, V. I. Main directions of increasing the efficiency of forest soil-cultivating units / V. I. Posmetev, V. A. Zelikov, A. I. Tretyakov, V. V. Posmetev // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2013. – № 1 (36). – P. 70-79. – URL : http://vestnik.vsau.ru/wp-content/uploads/2014/12/2013_1-36.pdf#5.