

DOI: 10.58168/MOTOR2024_22-27

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

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

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 КОНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ С ШАРОВОЙ ОПОРОЙ И ДЕМПФЕРНЫМ МЕХАНИЗМОМ

PROSPECTIVE DESIGNS OF CONICAL DEVICES OF LOGGING ROAD TRAINS WITH BALL JOINT AND DAMPER MECHANISM

Аннотация: Приведены последствия эксплуатации лесовозных автопоездов, состоящих из лесовозных тягачей с прицепами роспусками при движении по плохо обустроенным лесовозным дорогам с частыми торможениями и троганиями. Рассмотрено направление исследования, позволяющее за счет рекуперации энергии колебаний масс звеньев лесовозного автопоезда, повысить эффективности его работы. Для лесовозных тягачей с прицепами-роспусками предложены две схемы рекуперативных поворотных кониковых устройств, оснащенные шаровой опорой и демпферным механизмом. Представлено описание осуществления предложенными устройствами рекуперации энергии и демпфирования нагрузок при троганиях и торможениях лесовозного тягача с прицепом-роспуском.

Ключевые слова: демпферный механизм, шаровая опора, лесовозный тягач, рекуперация энергии, прицеп-роспуск, лесоматериалы, рабочая жидкость, неустановившиеся режимы движения, лесовозная дорога, расход топлива, эффективность.

Abstract: The article presents the consequences of operating timber road trains consisting of timber trucks with trailers with disintegration when moving along poorly equipped timber roads

with frequent braking and starting. The direction of research is considered, which allows increasing the efficiency of the timber road train by means of energy recovery of oscillations of the links of the timber road train. Two schemes of recuperative rotary cone devices equipped with a ball support and a damper mechanism are proposed for timber trucks with trailers with disintegration. A description is given of the implementation of energy recovery and load damping by the proposed devices during starting and braking of the timber truck with a trailer with disintegration.

Keywords: damper mechanism, ball joint, timber truck, energy recovery, split trailer, timber, working fluid, unsteady driving conditions, timber road, fuel consumption, efficiency.

Вывозка лесоматериалов (ЛМ) занимает важное место в лесозаготовительном производстве. Для снижения затрат, расходуемых на данный процесс, повышение эффективности производства в лесной промышленности необходимо, чтобы задействованные в процессе вывозки лесоматериалов лесовозные автопоезда (ЛАП) обладали высокими показателями тягово-скоростных свойств, а также топливной экономичностью. Кроме этого, неотъемлемым условием повышения эффективности ЛАП, является минимизация появления возможных колебаний при движении между его звеньями, проводимая на этапах проектирования, доводки, производства и эксплуатации ЛАП. Наиболее конкурентоспособными по энергетическим показателям для вывозки длинномерных ЛМ являются ЛАП в составе лесовозных тягачей (ЛТ) с прицепами-ропусками (ПР). Их использование в сравнении с ЛАП другого компонования дает возможность при отсутствии резких подъемов на лесовозной дороге (ЛД), ограничивающих массу автопоезда, повысить сменную выработку за счет транспортирования ЛМ, массой превышающей в несколько раз грузоподъемность ЛТ [1, 2].

ЛТ с ПР являются сложной динамической системой, состоящей из большого числа масс, связи между которыми весьма разнообразны. Кроме этого, ЛТ с ПР характеризуются многообразием режимов движения, которые зависят от условий региона их эксплуатации, а также от особенностей конструкции ЛАП и специфики вывозимых ЛМ. Основными эксплуатационными показателями работы ЛАП при вывозке ЛМ, являются производительность и себестоимость процесса транспортирования ЛМ. Производительность ЛАП зависит от многих факторов, наиболее важными из которых, являются: время простоя при погрузке и разгрузке ЛМ, скорость движения ЛАП в грузовом и порожнем направлениях, а также грузоподъемность и степень ровности ЛД. Время движения ЛАП по ЛД зависит от скорости движения, которая ограничивается весом ЛАП, наличием крутых поворотов и уклонов. Кроме этого, при наличии ровных ЛД и оптимальном использовании ЛАП его тягово-динамических характеристик, фактором, снижающим скорость движения ЛАП, является его плавность хода. Возникающие колебания поддрессоренных и неподдрессоренных масс ЛАП при преодолении им неровностей ЛД способствуют появлению динамических нагрузок, а также поперечных и вертикальных ускорений, действие которых ограничивает движение ЛТ с ПР с требуемой скоростью. Интенсивность колебаний ЛТ с ПР во многом определяется ровностью ЛД, которая зависит от качества покрытия и характеризуется параметрами микрорельефа ЛД [3].

Как известно, покрытие ЛД не является идеально ровным. Даже при сдаче ЛД в эксплуатацию на них имеются первоначальные неровности, допускаемые технологией строительства. В процессе эксплуатации под воздействием движения ЛТ с ПР и природных факторов, увеличивается величина и количество неровностей, отрицательно влияющих на технико-эксплуатационные показатели работы ЛАП. Движения ЛТ с ПР по неровным ЛД сопровождается непрерывными вынужденными колебаниями в продольной и поперечной вертикальных плоскостях, которые воздействуя на водителя повышают его утомляемость, а также увеличивают нагруженность узлов и агрегатов ЛАП. Известно, что при эксплуатации ЛТ с ПР по плохо обустроенным ЛД, средняя скорость движения ЛАП уменьшается на 40-50 %, расход топлива возрастает на 50-70 %, а производительность работы ЛАП снижается на 35-40 % по сравнению с соответствующими показателями ЛТ с ПР при движении по ровным ЛД [3]

Практика эксплуатации ЛАП в составе ЛТ с ПР показывает, что сосредоточенная нагрузка на поворотное кониковое устройство (ПКУ) ЛТ оказывает значительное воздействие на несущую систему ЛАП. При таких нагрузках в месте окончания подкониковой рамы ПКУ на верхних лонжеронах рамы ЛТ появляются трещины. При предельном нагружении ПКУ ЛТ фиксируются возникновение прогибов его основания, а также вырывы из гнезд подкониковой рамы шкворней ПКУ [4].

Для сведения к минимуму динамических нагрузок на несущую систему ЛТ от шкворня ПКУ при продольных и поперечных колебаниях звеньев в процессе неустановившихся режимах движения ЛАП, повышения надежности и долговечности несущей системы ЛТ, а также улучшения плавности хода и снижения расхода топлива, представляет интерес разработка и исследование перспективных рекуперативных и демпферных ПКУ для ЛТ с ПР [5-7].

Анализ патентных материалов в области существующих конструкций ПКУ для ЛТ с ПР позволил авторам разработать и предложить перспективные схемы рекуперативных поворотных кониковых устройств (РПКУ) с шаровой опорой (ШО) (рис. 1) и демпферным механизмом (ДМ) (рис. 2).

Работа РПКУ 3 с ШО 5 основана на преобразовании кинетической энергии масс ПР 2 с ЛМ в энергию рабочей жидкости (РЖ) при неустановившихся режимах движения ЛАП в условиях плохо обустроенных ЛД. РПКУ 3 с ШО 5 устанавливается в нижней части рамы 4 ЛТ 1 (рис. 1). В неподвижном состоянии ЛАП ПКУ 3 с ШО 5 находятся в зацепленном состоянии с рекуперативным механизмом, закрепленном на раме 4 ЛТ 1. При торможении ЛАП работа РПКУ 3 с ШО 5 заключается в следующем. ПР 2 с ЛМ перемещается под действием силы инерции своих масс в сторону тормозящего ЛТ 1. В результате этого происходит перемещение влево ШО 5 с соединенными с ней штоками гидроцилиндров (ГЦ) 7-10. Это приводит к сжатию РЖ в соответствующих поршневых и штоковых полостях ГЦ 7, 10 и 8, 9, которая под возросшим давлением поступает по гидромагистралям 17, 18 и через обратный клапан 11 в пневмогидроаккумулятор (ПГА) 15. Накапливаемая в ПГА 15 энергия РЖ далее под возросшим давлением поступает через редукционный клапан 14 к порту 16 подачи

РЖ потребителям, или же в случае полной зарядки ПГА 15, сбрасывается через предохранительный клапан 13 в гидробак 19 [7].

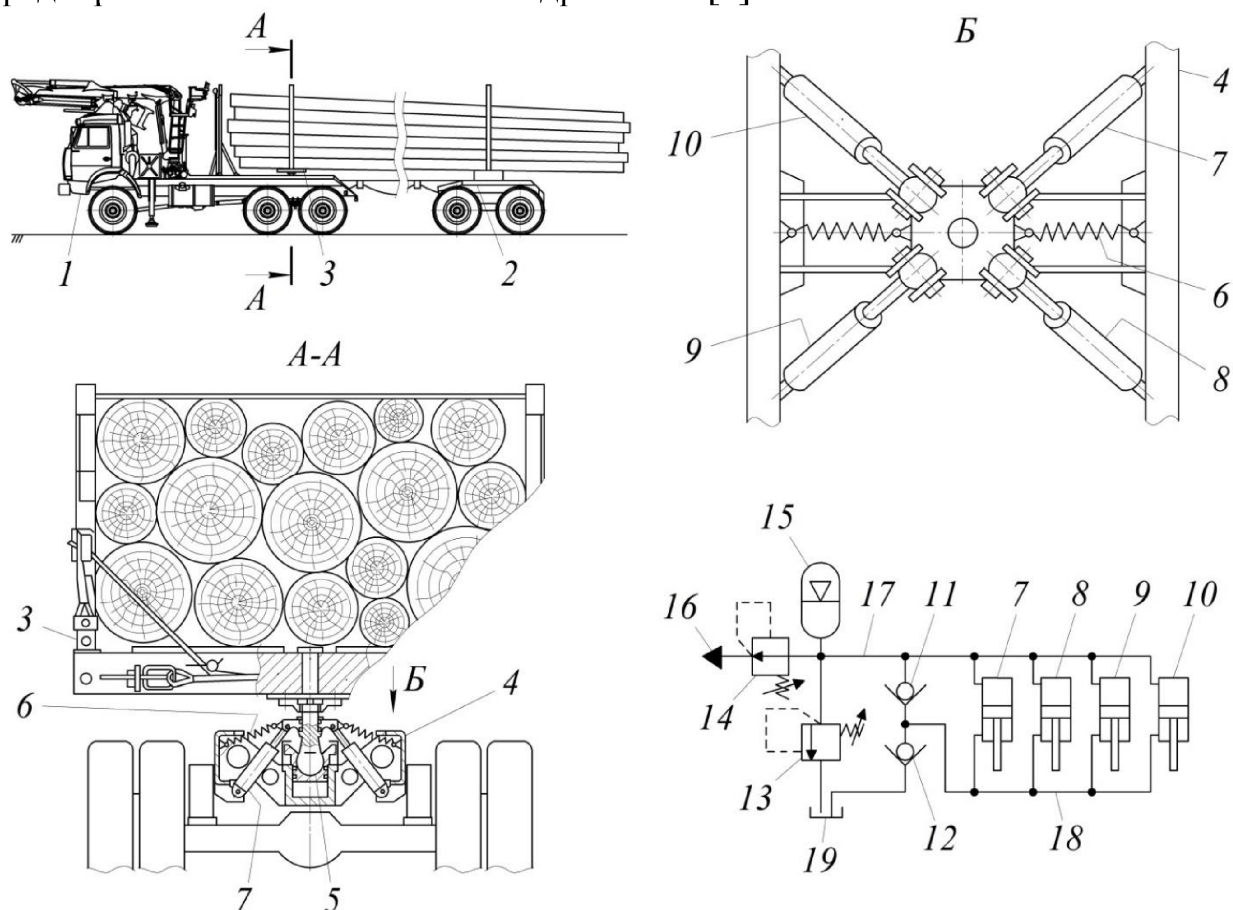


Рисунок 1 – Схема рекуперативного поворотного коникового устройства с шаровой опорой

Возвращение ГЦ 7-10 в исходное состояние после торможения ЛАП осуществляется за счет взаимосвязи ГЦ 7-10 с пружинами 6 при трогании ЛТ 1, переключении передач, а также ускорении ЛАП. Пружины 6 возвращают РПКУ 3 с ШО 5 в исходное транспортное положение относительно рамы ЛТ 1. Образующееся при возвращении РПКУ 3 в исходное состояние разряжение в соответствующих поршневых и штоковых полостях ГЦ 8, 9 и 7, 10 приводит к поступлению в них РЖ из гидробака 19 по гидромагистралям 17, 18 и через обратный клапан 12. В процессе трогания ЛАП, рассмотренные выше процессы работы РПКУ 3 с ШО 5 повторяются, только РЖ под давлением поступает из поршневых и штоковых полостей ГЦ 8, 9 и 7, 10. Далее при движении ЛТ 1 с ПР 2 по плохо обустроенным ЛД рабочие циклы РПКУ 3 с ШО 5 чередуются аналогично вышеописанной последовательности. Наличие в РПКУ 3 ШО 5 позволяет в сравнении с традиционным ПКУ ЛАП снизить динамические нагрузки, воспринимаемые им при неустановившихся режимах движения автопоезда, предотвратить блокировку, скручивание и интенсивный износ ПКУ ЛТ [7].

Наличие ДМ в РПКУ ЛАП (рис. 2) дает возможность снизить пиковые нагрузки, воздействующие на ПКУ 3 при неустановившихся режимах движения ЛТ 1 с ПР 2, а также повысить долговечность ГЦ 5 за счет увеличения диапазона поглощения ударов. При торможении, ПР 2 и ПКУ с ШО 7 за счет механизма перемещения 4 ПКУ сдвигаются под действием сил инерции своих масс по

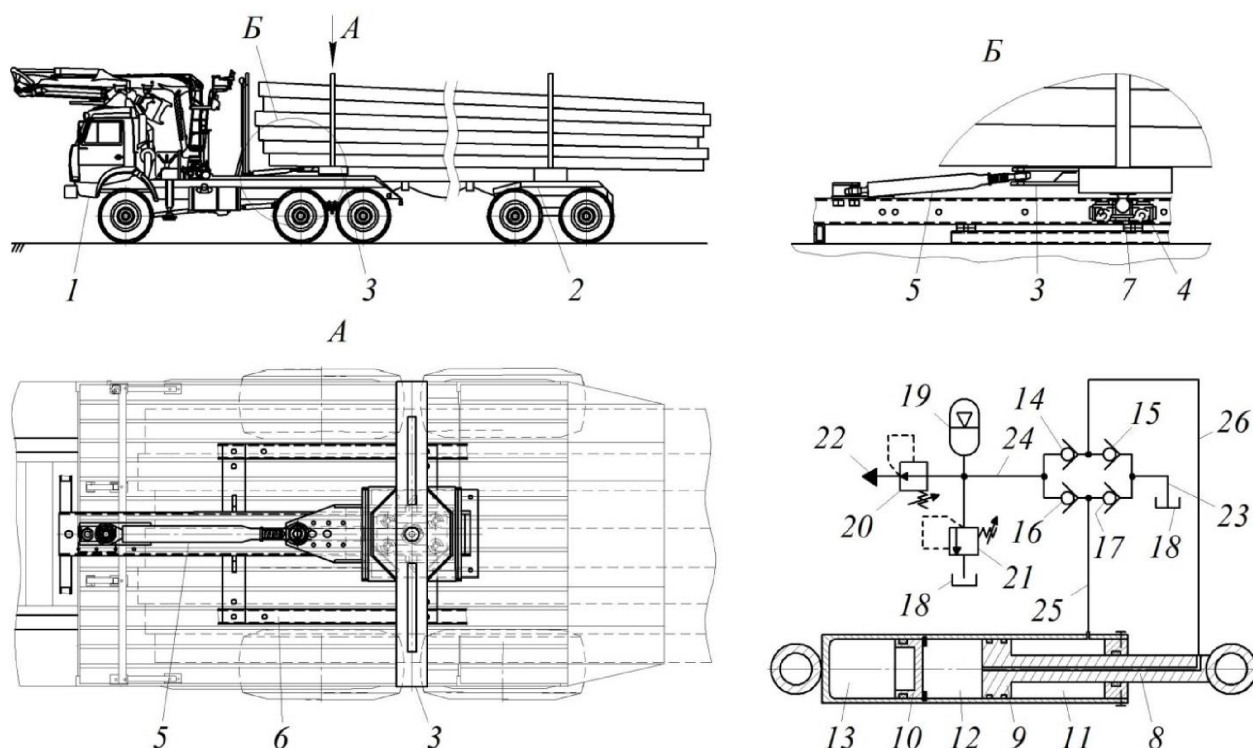


Рисунок 2 – Схема рекуперативного поворотного коникового устройства с демпферным механизмом: 1 – лесовозный тягач; 2 – прицеп-ропуск; 3 – поворотный коник; 4 – механизм перемещения поворотного коникового устройства; 5 – гидроцилиндр; 6 – продольные лонжероны рамы; 7 – шаровая опора; 8 – шток; 9 – поршень; 10 – поршень газовой полости; 11, 12 – штоковая и поршневая полости; 13 – газовая полость; 14-17 – обратные клапаны; 18 – гидробак; 19 – пневмогидроаккумулятор; 20 – редукционный клапан; 21 – предохранительный клапан; 22 – порт подачи рабочей жидкости потребителю; 23 – всасывающий трубопровод; 24 – напорный трубопровод; 25, 26 – гибкие трубопроводы

продольным лонжеронам рамы 6 ЛТ 1 в сторону тормозящего ЛАП. В результате этого, РЖ из поршневой 12 полости ГЦ 5 по гибкому 26 трубопроводу, через обратный 14 клапан и напорный 24 трубопровод поступает в ПГА 19. При этом штоковая 11 полость ГЦ 5 за счет разряжения заполняется РЖ из гидробака 18 через всасывающий 23 трубопровод, обратный 17 клапан и гибкий 25 трубопровод.

Таким образом, практическое применение предлагаемых РПКУ с ШО и с ДМ позволит при неустановившихся режимах движения ЛТ с ПР в условиях плохо обустроенных ЛД: сократить расход топлива ЛТ за счет рекуперации энергии РЖ и ее последующее полезное использование при работе гидравлического технологического оборудования; снизить воздействие динамических нагрузок на шкворень и подкониковую раму ПКУ; повысить надежность автопоезда, а также улучшить плавность хода при движении ЛТ с ПР в сложных дорожных условиях.

Список литературы

1. Волобуев, Е. Ф. Моделирование типизированных режимов движения лесовозного автопоезда / Е. Ф. Волобуев, Л. Ф. Доронин, Я. И. Остриков // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 1996. – С. 7-10.

2. Основные принципы и подходы при разработке математической модели лесовозного автопоезда / Н. П. Вырко, В. А. Симанович, С. В. Ярмолик, И. И. Тумашик // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 2006. – С. 62-65.

3. Жуков, А. В. Резервы повышения производительности вывозки леса автопоездами / А. В. Жуков, К. Б. Абрамович, С. М. Кашуба // Механизация лесозаготовок и транспорт леса : республиканский межведомственный сборник / Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – Вып. 5. – С. 137-146.

4. Приходько, В. И. Совершенствование конструкции лесовозных автопоездов КРАЗ на основе выполнения комплекса расчетных и экспериментально – конструкторских работ: специальность 05.06.02 «Машины и механизмы лесозаготовок, лесного хозяйства и деревообрабатывающих производств»: дис. ... канд. техн. наук / В. И. Приходько ; Кременчугское объединение по производству большегрузных автомобилей «АвтоКрАЗ». – Кременчуг, 1984. – 303 с.

5. 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.

6. Посметьев, В. И. Повышение эффективности лесовозных автопоездов с помощью рекуперативных седельно-цепных и поворотных кониковых устройств / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 283 с.

7. Совершенствование системы рекуперации энергии лесовозного тягача с прицепом-ропуском / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев, А. Е. Матяшов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 2(42). – С. 149-165. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/14.

References

1. Volobuev, E. F. Modeling of typical modes of movement of a timber road train / E. F. Volobuev, L. F. Doronin, Ya. I. Ostrikov // Proceedings of BSTU. № 2. Forestry and woodworking industry, 1996. – P. 7-10.

2. Basic principles and approaches to the development of a mathematical model of a timber road train / N. P. Vyrko, V. A. Simanovich, S. V. Yarmolik, I. I. Tumashik // Proceedings of BSTU. № 2. Forestry and woodworking industry, 2006. – P. 62-65.

3. Zhukov, A. V. Reserves for increasing the productivity of timber haulage by road trains / A. V. Zhukov, K. B. Abramovich, S. M. Kashuba // Mechanization of logging and timber transportation : republican interdepartmental collection / Belarusian Technological Institute named after S. M. Kirov. – Minsk : Higher School, 1975. – Issue. 5. – P. 137-146.

4. Prikhodko, V. I. Improving the design of KRAZ timber road trains based on the implementation of a set of calculation and experimental – design work : specialty 05.06.02 "Machines and mechanisms of logging, forestry and woodworking industries": dis. ... candidate of technical sciences / V. I. Prikhodko ; Kremenchug association for the production of heavy-duty vehicles "AvtoKraZ". – Kremenchug, 1984. – 303 p.

5. 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.

6. Posmetev, V. I. Improving the efficiency of timber road trains using recuperative fifth-wheel couplings and rotary cone devices / V. I. Posmetev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetev ; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, FGBOU VO "VSTU". – Voronezh, 2024. – 283 p.

7. Improving the energy recovery system of a timber truck with a logging trailer / V. I. Posmetev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetev, A. E. Matyashov // Forestry journal. – 2021. – Vol. 11, № 2 (42). – P. 149-165. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/14.