

Рахимов Тимур Айткалиевич – PhD, заведующий лабораторией Региональной гидрогеологии и геоэкологии, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Валиханова 94, тел.: 8-7272-91-81-39, e-mail: t-rakhimov@mail.ru.

Муратова Мира Муратовна – ведущий инженер лаборатории ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Валиханова 94, тел.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.

Акынбаева Мадина Жакыпжановна – младший научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Валиханова 94, тел.: +7-707-126-55-06, e-mail: akynbaeva_m@mail.ru.

Онласынов Жұлдызбек Әліханұлы* – PhD, ГАЖ технологиялары зертханасының меңгерушісі, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ., Уәлиханов көш. 94, тел.: +7-771-621-75-11, e-mail: zhuldyzbek.onlasyynov@mail.ru.

Рахимов Тимур Айтқалиұлы – PhD, Аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының меңгерушісі, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ., Уәлиханов көш. 94, тел.: 8-7272-91-81-39, e-mail: t-rakhimov@mail.ru.

Муратова Мира Мұратқызы – ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының бас инженері, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ., Уәлиханов көш. 94, тел.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.

Акынбаева Мадина Жақыпжанқызы – ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының кіші ғылыми қызметкері, У.М.Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ. Уәлиханов көш. 94, тел.: +7-707-126-55-06, e-mail: akynbaeva_m@mail.ru.

Onlasyynov Zhuldyzbek Alikhanuly* – PhD, Head of the Laboratory of GIS technologies and earth remote Sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: +7-771-621-75-11, e-mail: zhuldyzbek.onlasyynov@mail.ru.

Rakhimov Timur Aitkaliyevich – PhD, Head of the Laboratory of Regional Hydrogeology and Geoecology, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: 8-7272-91-81-39, e-mail: t-rakhimov@mail.ru.

Muratova Mira Muratovna – Leading Engineer of the Laboratory of GIS technologies and earth remote Sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.

Akynbayeva Madina Zhakypzhanovna – Associate Researcher of the Laboratory of GIS technologies and earth remote sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental geoscience, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: +7-707-126-55-06, e-mail: akynbaeva_m@mail.ru.

МРНТИ: 68.85.87

УДК 631.372

https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_181

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОПОЕЗДА С ДЕМПИРУЮЩИМ ТЯГОВО-СЦЕПНЫМ УСТРОЙСТВОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Семибаламут А.В. – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры транспорта и сервиса, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, г. Костанай, Республика Казахстан.

Бенюх О.А.* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Геберт А.А. – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Ташмухамедов Р.Ф. – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

В научной статье рассмотрены методы и средства, которые могут уменьшить влияние колебаний прицепа на грузовой автомобиль. Обоснована актуальность проведения исследования, направленного на увеличение результативности демпфирующего тягово-сцепного механизма, который смягчает рычки в составе автомобильного состава. Представлена схема нового демпфирующего тягово-сцепного механизма и описаны методы определения его характеристик, оборудование для проведения экспериментов по измерению сопротивления, а также средней скорости передвижения автомобильного состава в соответствии с ГОСТ 22576-90. В статье представлены результаты теоретических исследований, на основании которых определены рациональные значения жесткости витой пружины $k_{пр}=700-1100$ Н/мм и ширины демпфирующего элемента $S_0=0,065-0,08$ м тягово-сцепного механизма. Результаты исследовательских испытаний показали, что при использовании разработанного демпфирующего тягово-сцепного механизма обеспечивается снижение тягового сопротивления прицепа на 15,4%, а его применение в составе автопоезда КамАЗ-5320 и прицеп КамАЗ-8560-82-02 обеспечивает рост средней скорости передвижения на 8,1%, при этом наибольший рост средней скорости передвижения автомобильного состава до 10% отмечается при увеличении

расстояния перевозок до 35 км. Полученные результаты исследований могут использоваться при эксплуатации автомобильных составов во всевозможных дорожных условиях с целью увеличения их технико-эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: автопоезд, тягово-цепное устройство, динамическое воздействие, тяговое сопротивление, скорость движения.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛҒЫ ЖҰМЫСТАРЫН ОРЫНДАУ КЕЗІНДЕ ДЕМПФЕРЛІК ТАРТҚЫШ ТІРКЕМЕ ҚҰРЫЛҒЫСЫ БАР АВТОПОЕЗДЫҢ ПАЙДАЛАНУ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Семибаламут А.В. – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «көлік және сервис» кафедрасы, «М.Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті», Қостанай қ, Қазақстан Республикасы.

Бенюх О.А.* – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ, Қазақстан Республикасы.

Геберт А.А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ, Қазақстан Республикасы.

Ташмухамедов Р.Ф. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университетінің» КЕАҚ, Қостанай қ, Қазақстан Республикасы.

Ғылыми мақалада жүк көлігіне тіркеме тербелістерінің әсерін азайтуға болатын әдістер мен құралдар қарастырылады. Автокөлік құрамының серпілістерін жұмсартатын демпферлік тартқыш тіркеме механизмінің тиімділігін арттыруға бағытталған зерттеулерді жүргізудің өзектілігі дәлелденді. Жаңа демпфирлеуші тартқыш тіркеме механизмнің схемасы ұсынылып, оның сипаттамаларын анықтау әдісі, кедергіні өлшеу бойынша тәжірибелер жүргізу үшін жабдықтар, сондай-ақ ГОСТ 22576-90 стандартына сәйкес автомобиль құрамының орташа қозғалыс жылдамдығы сипатталған. Мақалада теориялық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған, олар негізінде тартқыш тіркеме механизмнің орама серіппесінің қаттылығы $k_{pr}=700-1100$ Н/мм және демпфирлеуші элементтің ені $S_d=0,065-0,08$ м рационалды мәндері анықталған. Зерттеу сынақтарының нәтижелері көрсеткендей, әзірленген демпфирлеуші тартқыш тіркеме механизмді қолдану нәтижесінде тіркеме тарту кедергісі 15,4%-ға төмендейді, ал оны КамАЗ-5320 автопоезді мен КамАЗ-8560-82-02 тіркемесінде қолдану орташа қозғалыс жылдамдығын 8,1%-ға арттырады. Бұл ретте автомобиль құрамының орташа жылдамдығының ең үлкен өсуі 10%-ға дейін 35 км қашықтықтағы тасымалдау кезінде байқалады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері автомобиль құрамдарын әртүрлі жол жағдайларында пайдалану кезінде олардың техникалық пайдалану сипаттамаларын арттыру мақсатында қолданылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: автопоезд, тартқыш тіркеме құрылғысы, динамикалық әсер, тартқыш кедергісі, қозғалыс жылдамдығы.

RESEARCH ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF A ROAD TRAIN WITH A DAMPING TRAILER HITCH DURING AGRICULTURAL OPERATIONS

Semibalamut A.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of transport and service, M.Dulotov Kostanay Engineering and Economic University, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Benyukh O.A.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Gebert A.A. – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Tashmukhamedov R.F. – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

The article discusses methods and means that can reduce the effect of trailer vibrations on a truck. The relevance of conducting research aimed at increasing the efficiency of the damping trailer hitch device, which reduces jerks in the operation of the road train, has been substantiated.

A diagram of the new damping trailer hitch is presented, along with a description of the method for determining its characteristics, the equipment used for experiments to measure resistance, and the average speed of the road train in accordance with GOST 22576-90.

The article presents the results of theoretical studies serving as a basis for determining rational values of the stiffness of the coil spring $k_{pr} = 700-1100$ N/mm and the width of the damping element $S_d = 0.065-0.08$ m of the trailer hitch. The research results showed that when using the developed damping trailer hitch, the tractive resistance of the trailer was reduced by 15.4%, and its use as part of the KamAZ-5320 road train and the KamAZ-8560-82-02 trailer ensured an increase in the average travel speed by 8.1%, while the greatest increase in the average travel speed of road train up to 10% was observed when the transportation distance increased to 35 km. The research results may be useful for operating road trains in all kinds of road conditions to increase their technical and operational characteristics.

Key words: road train, trailer hitch, dynamic effect, tractive resistance, travel speed.

Введение

Известно, что использование автопоездов в сравнении с одиночными грузовыми автомобилями позволяет повысить производительность транспортных работ в 1,4-1,5 раза [1, с.91]. При этом совместное использование автомобилей и прицепов в составе автопоезда требует учета ряда факторов, обусловленных их взаимным влиянием в процессе эксплуатации [2, с.68]. При передвижении автопоездов по скоростным дорогам ставится система динамической стабилизации прицепа, которая активизируется для восстановления устойчивости

автопоезда по направлению движения (в случае виляния прицепа) и боковой стабильности. Это достигается путем снижения скорости движения, что способствует обеспечению безопасности движения, хотя и может привести к некоторому снижению производительности [3, с.866]. При использовании автопоездов с максимальной загрузкой в условиях неровных дорог с выбоинами и глубокими ямами (характерные условия при работе в сельскохозяйственном производстве) из-за действия динамических сил, вызываемых прицепом на транспортное средство, которое заключается в том, что, переезжая через неровности, прицеп резко тянет автомобиль назад, снижается скорость движения автопоезда и возрастают нагрузки до опасных в тягово-сцепном устройстве [4, с.207]. Аналогичное динамическое воздействие со стороны прицепа на транспортное средство отмечается при трогании автопоезда с места и при переключении передач.

В связи с настоящим, представляют собой значимую задачу научные изыскания, сосредоточенные на уменьшение динамического влияния прицепа на машину в продольном направлении. Решение этой проблемы поможет уменьшить силу, действующую на тягово-сцепное приспособление, что в свою очередь позволит увеличить скорость передвижения автопоезда и его эффективность.

Изучение методов уменьшения динамического влияния прицепа на транспортное средство в ходе передвижения автопоезда, разработке современных технических средств для соединения автомобилей и прицепов (тягово-сцепных устройств), обоснованию их параметров посвящены работы Игитова Ш.М., Хрипуна С.Г. и др. [5, с.13, 6, с.14, 7, с.48].

Созданные исследователями демпфирующие тягово-сцепные устройства (ТСУ), основанные на применении добавочных пружинных компонентов, способствуют уменьшению динамических нагрузок, вызываемых прицепом, во время передвижения автопоезда, но обладают недостатком в виде значительной частоты колебаний (более 4,5 Гц), виброскорости и виброускорения, воздействующих на водителя и способствующих росту динамического напряжения, которое воздействует на подвеску и трансмиссию автомобиля. В результате требуется применение специальных кольцевых пружин с предварительным поджатием и ограничением по жесткости, что снижает эффективность демпфирующих способностей тягово-сцепного устройства. Использование в виде упругих компонентов в ТСУ резиновых демпферов малоэффективно для снижения динамических нагрузок со стороны прицепа и характеризуется низкой надежностью конструкции. В связи с этим вопрос совершенствования демпфирующих тягово-сцепных устройств с целью повышения эффективности их производительности будет актуальным.

Цель работы

Улучшение рабочих характеристик автопоезда путем улучшения устройства тягово-сцепного механизма.

Задачи

Повысить эффективность работы демпфирующего ТСУ. Разработать конструкцию стабилизирующего устройства (демпфирующего ТСУ прицепа) для уменьшения влияния колебаний прицепа на грузовой автомобиль. Обосновать параметры тягово-сцепного устройства прицепа, при которых обеспечивается допустимая вибрационная нагрузка на водителя и узлы автомобиля.

Материалы и методы

Объектом изучения является взаимодействие между прицепом и грузовой автомашиной, составляющим автопоезд, включающий в себя грузовик КамАЗ-5320 и прицеп КамАЗ-8560-82-02. Для обоснования устройства и основных параметров демпфирующего ТСУ использовались методы технической механики и теории автомобилей. Для определения частоты колебаний витой пружины при работе совместно с демпфирующим элементом использовалось выражение [8, с.139]:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{np}}{P_{кр}} - \left(\frac{r}{2P_{кр}}\right)^2},$$

где k_{np} – жесткость витой пружины, Н/м;
 $P_{кр}$ – усилие, действующее в ТСУ, Н;
 r – сопротивление демпфирующего элемента, Н/м.

Теоретическое значение рабочей скорости передвижения автомобильного состава в зависимости от параметров демпфирующего ТСУ рассчитывалось по формуле [5, с.13]:

$$v_p = v_{авт} - \Delta v \cdot K_{зад} \cdot (G_{авт} - G_{np}),$$

где $v_{авт}$ – скорость движения автопоезда, км/ч;
 Δv – снижение скорости движения на единицу приращения полного веса автопоезда, км/ч·Н;
 $K_{зад} = 1/K_{дп}$ – коэффициент, характеризующий задержку во времени динамического воздействия прицепа;
 $K_{дп}$ – коэффициент динамического воздействия прицепа;
 $G_{авт}$ – вес автопоезда, Н;
 G_{np} – вес прицепа, Н.

Оценка динамического воздействия колебаний прицепа на автомашину при наличии демпфирующего ТСУ проводилась с помощью коэффициента динамического воздействия:

$$K_{дн} = \sqrt{1 + \frac{2L_c \cdot (k_{np} + k_{дз})}{F_{np}}},$$

где L_c – величина зазора между крюком и сцепной петлей прицепа, м;
 $k_{дз}$ – жесткость демпфирующего элемента, Н/м;
 F_{np} – суммарная сила сопротивления движению прицепа, Н.

Исходя из недостатков известных технических устройств предложена конструкция демпфирующего ТСУ прицепа, включающая петлю прицепа 1, упругую часть в виде витой пружины 4, гасящую часть, представляющую собой демпфирующий элемент 2, разделительные шайбы 3, 5 и гайку 6 (рисунок 1).

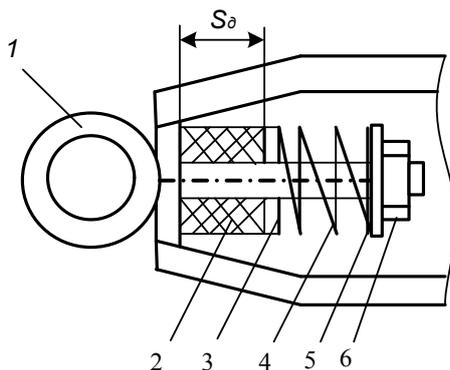


Рисунок 1 – Схема тягово-цепного устройства
1 – петля прицепа; 2 – демпфирующий элемент; 3, 5 – шайба; 4 – витая пружина; 6 – гайка

Принцип функционирования демпфирующего ТСУ заключается в следующем: когда автомобиль передвигается по дороге с неровностями или происходит разгон, тяговая петля 1 прицепа подвергается сокращению витой пружины 4 (рисунок 1). Это приводит к тому, что увеличение сопротивления передвижению прицепа замедляется на протяжении определенного времени, пропорционального уровню деформации пружинного элемента, который обладает определенной жесткостью. С целью снижения частоты колебаний витой пружины 4 и соответственно вибрационной нагрузки на автомобиль и водителя в конструкции ТСУ предусмотрен демпфирующий элемент 2.

Основными компонентами, определяющими результативность работы демпфирующего ТСУ, являются жесткость витой пружины $K_{пр}$ и жесткость демпфирующего элемента $K_{дэ}$ (определяется его шириной S_{δ}). Критерием при обосновании жесткости пружины являлось максимальное значение рабочей скорости движения автопоезда v_p при ограничении по частоте колебаний пружины не более $\omega < 4,5$ Гц [9, с.9]. Диапазон изменения жесткости витой пружины при исследованиях принимался от 700 до 2200 Н/мм, исходя из максимального усилия в ТСУ прицепа 27 кН (с учетом массы прицепа с полной загрузкой 13,5 т) и принятого максимального хода витой пружины 0,04 м. В качестве материала для демпфирующего элемента принята смесь резиновая 2959 НТА ТУ 380051166-2015 с условной прочностью при растяжении 15,7 МПа. Критерием при обосновании ширины демпфирующего элемента являлось обеспечение при совместной работе частоты колебаний витой пружины не более 4,5 Гц. При исследованиях диапазон изменения ширины демпфирующего элемента S_{δ} принимался от 0,04 до 0,1 м исходя из соотношения сжатой части f и полной ширины демпфирующего элемента S_{δ} , принятой согласно литературным источникам для резиновых упругих деталей $f / S_{\delta} < 0,2$ [10, с.216].

Методология экспериментального анализа включала в себя оценку крюковой силы в зависимости от скорости движения для 2-х вариантов автопоезда с базовым и проектным ТСУ. Изменяемым фактором являлась скорость движения автопоезда $v_{авт} = 20; 30; 40; 50$ км/ч, величиной, которую измеряли, было сопротивление тяги прицепа $P_{кр}$. Определение средней скорости движения автомобильного состава $v_{ср}$ в зависимости от расстояния перевозок проводилось на грейдированной дороге с полной загрузкой автомобиля и прицепа для двух различных вариаций автомобильного состава с обычным и улучшенным ТСУ согласно ГОСТ 22576-90 «Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний». Изменяемым фактором являлось расстояние перевозок $S_{пер} = 5; 15; 25; 35$ км, измеряемым показателем – средняя скорость движения автопоезда $v_{ср}$.

Технические устройства и инструменты, применявшиеся при проведении экспериментальных исследований приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Приборы и оборудования для проведения экспериментальных исследований
1 – тензозвено; 2 – усилитель; 3 – цифровой мультиметр; 4 – видеокамера; 5 – аккумулятор; 6 – секундомер СДСПР

Результаты работы

Для обоснования параметров демпфирующего ТСУ, согласно выражениям (1) и (2) построены теоретические связи между частотой колебаний спирали пружины w и скоростью движения автомобильного состава v_p в зависимости от жесткости пружины $k_{пр}$ при усилии в ТСУ прицепа $P_{кр}=27,0$ кН (рисунок 3).

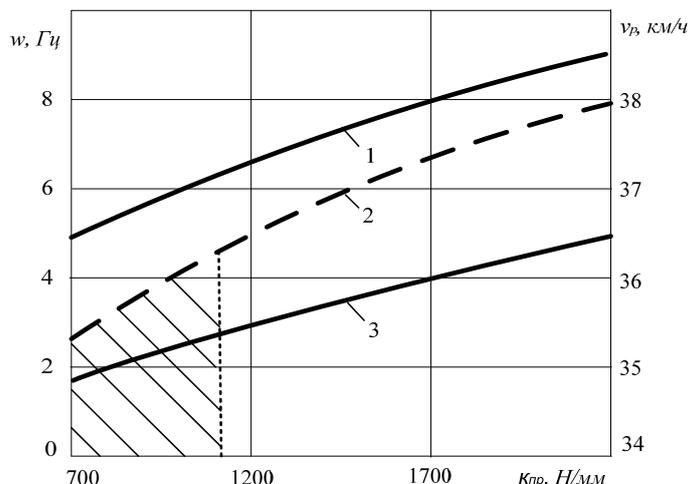


Рисунок 3 – Зависимости частоты колебаний витой пружины w и рабочей скорости движения автопоезда v_p от жесткости витой пружины $k_{пр}$

1 – $w=f(k_{пр})$ без демпфирующего элемента; 2 – $w=f(k_{пр})$ с демпфирующим элементом шириной $S_d=0,08$ м; 3 – $v_p=f(k_{пр})$

Из графика видно, что с увеличением жесткости пружины от 700 до 2200 Н/мм значение рабочей скорости передвижения автомобильного состава возрастает на 4,6%, при этом частота колебаний витой пружины увеличивается на 43% (рисунок 3). При использовании витой пружины совместно с демпфирующим элементом значение частоты колебаний спирали пружины снижается в среднем на 30,4%. Допустимое значение частоты колебаний спирали пружины $w < 4,5$ Гц в процессе движения автопоезда обеспечивается при ее жесткости $k_{пр} = 700 \dots 1100$ Н/мм и использовании совместно с демпфирующим элементом. Для использования в конструкции ТСУ принята витая пружина с наружным диаметром $D_n=56$ мм и диаметром проволоки $d=12$ мм.

Воздействие ширины демпфирующего элемента S_d на частоту колебаний витой пружины w в демпфирующем ТСУ приведено на рисунке 4.

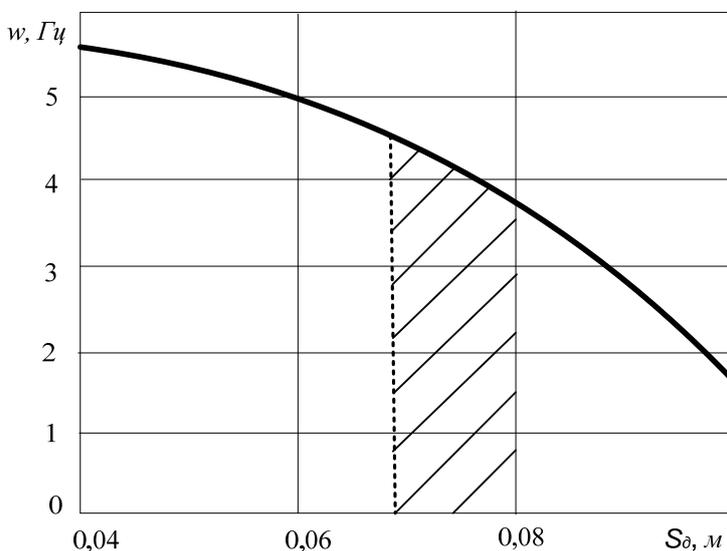


Рисунок 4 – Зависимость частоты колебаний витой пружины w от ширины демпфирующего элемента S_d при жесткости витой пружины $k_{пр}= 1100$ Н/мм

В результате увеличения ширины демпфирующего элемента S_d от 0,04 до 0,1 м значение частоты колебаний витой пружины w снижается в 3,1 раза. В процессе функционирования тягово-цепного механизма возможная частота колебаний спирали пружины зависит от ширины демпфирующего элемента $S_d=0,065-0,08$ м (рисунок 4).

Для оценки эффективности применения нового тягово-цепного механизма прицепа в автопоезде были проведены исследовательские тесты. Сравнение базовой и улучшенной версии этого механизма показало, что при росте скорости передвижения автомобильного состава с 20 до 50 км/ч сопротивление тяги прицепа $P_{кр}$ с базовым механизмом увеличилось на 48,1%, а с улучшенным – на 45,4% (рисунок 5).

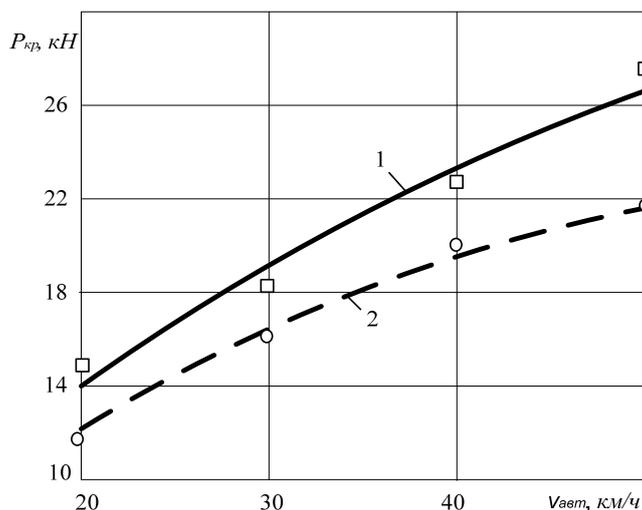


Рисунок 5 – Зависимости тягового сопротивления прицепа $P_{кр}$ от скорости движения автопоезда $V_{авт}$
 1 – $P_{кр} = f(V_{авт})$ с базовым ТСУ прицепа; 2 – $P_{кр} = f(V_{авт})$ с проектным ТСУ прицепа

При этом значение тягового сопротивления прицепа $P_{кр}$ с проектным ТСУ ниже в сравнении с базовым в среднем на 15,4%.

В результате исследовательских испытаний установлено, что применение разработанного демпфирующего ТСУ прицепа, в сравнении с базовым, обеспечивает рост средней скорости движения автопоезда на 8,1% (рисунок 6).

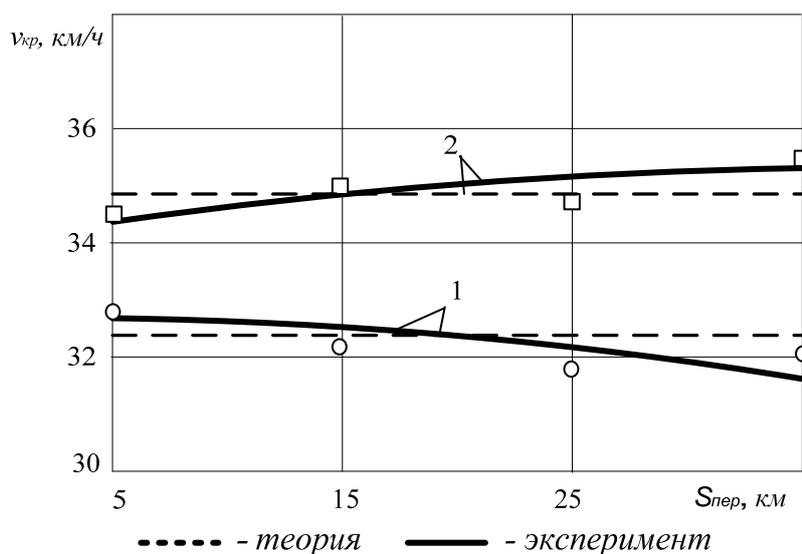


Рисунок 6 – Зависимости средней скорости движения автопоезда $v_{ср}$ от расстояния перевозок $S_{пер}$
 1 – $v_{ср} = f(S_{пер})$ с базовым ТСУ прицепа; 2 – $v_{ср} = f(S_{пер})$ с проектным ТСУ прицепа

При расширении диапазона транспортировок от 5 до 35 километров отмечается рост различия в средней скорости передвижения автомобильного состава между моделями с улучшенным и стандартным тягово-сцепным механизмом прицепа с 6,1% до 9,9% (рисунок 6).

Обсуждение

Одним из вариантов повышения эффективности работы демпфирующего ТСУ и соответственно эксплуатационных показателей автопоезда является увеличение жесткости пружины, которое ограничивается допустимой частотой изменения в движении пружины $\omega < 4,5$ Гц. Использование в конструкции разработанного ТСУ резинового демпфирующего элемента обеспечивает гашение колебаний пружины и возможность увеличения ее жесткости до $k_{пр} = 1100$ Н/мм, что в сравнении с исходным вариантом выше на 45% (рисунок 3). Рациональное значение ширины демпфирующего компонента $S_d = 0,065 - 0,08$ м обосновано из условия допустимой частоты колебаний пружины $\omega < 4,5$ Гц. При ширине демпфирующего элемента менее 0,065 м происходит увеличение вибрационных нагрузок на водителя, ходовую часть и трансмиссию автомобиля. Результаты проведенных исследовательских испытаний показали эффективность применения разработанного демпфирующего ТСУ в сравнении с базовым, отмечается снижение тягового сопротивления прицепа в среднем на 15,4% (рисунок 5). С ростом скорости автомобильного состава с 20 до 50 км/ч результативность применения нового демпфирующего ТСУ возрастает, что характеризуется меньшим (на 2,7%) ростом тягового сопротивления прицепа. Следствием снижения тягового сопротивления прицепа с разработанным ТСУ является рост средней скорости передвижения автомобильного состава на 8,1% (рисунок 6). При этом наибольший рост средней скорости передвижения автомобильного состава до 10% наблюдается при увеличении расстояния перевозок до 35 км.

Заключение

Разработана конструкция стабилизирующего устройства (демпфирующего ТСУ прицепа) для уменьшения влияния колебаний прицепа на грузовой автомобиль. Обоснованы параметры тягово-цепного устройства прицепа, при которых обеспечивается допустимая вибрационная нагрузка на водителя и узлы автомобиля: жесткость витой пружины $K_{пр} = 700 \dots 1100$ Н/мм и ширина демпфирующего элемента $S_D = 0,065 - 0,80$ м. В результате исследовательских испытаний установлено, что значение тягового сопротивления прицепа $P_{кр}$ с разработанным ТСУ ниже в сравнении с базовым в среднем на 15,4%, а его применение в составе грузовика КамАЗ-5320 и прицепа КамАЗ-8560-82-02 обеспечивает рост средней скорости передвижения на 8,1%. Полученные результаты исследований могут использоваться при эксплуатации автопоездов в различных дорожных условиях с целью повышения их технико-эксплуатационных показателей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Волков, Е.В. Теория движения автомобиля [Текст]: монография / Е.В. Волков. – Хабаровск: МОиНРФ, ФГБОУВО ТОГУ, 2018. – 203 с.
2. Бартай, Д.М. Повышение эффективности эксплуатации грузового транспорта на основе инновационных технологий при выполнении сельскохозяйственных работ [Текст] / Д.М. Бартай, Е.А. Золотухин, Р.И. Кравченко // Многопрофильный научный журнал Костанайского регионального университета им. А. Байтурсынова «3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация». – Костанай: КПУ им. А.Байтурсынова, 2023. – № 1. – С. 66-74.
3. Stroganova, Yu.N. Justification of Criteria of Assessing Road Train Movement Stability on Motorways [Text] / Yu.N. Stroganova, N.N. Belovab, O.G. Ognevc, A.N. Maksimovb, V.P. Egorovb, Yu.F. Kazakovb // Transportation Research Procedia. – Volume 68, 2023, p.863-869.
4. Amosov, A.G. Review of Methods for Calculating the Cross-Country Ability of Heavy Road Calculating the Cross-Country [Text] / A.G. Amosov, T.I. Mirolyubova // Transportation Research Procedia. – Volume 61, 2022, p.206-212.
5. Игитов, Ш.М. Повышение эффективности уборочно-транспортных звеньев применением автопоездов с демпфирующим тягово-цепным устройством (в условиях Республики Дагестан) [Текст]: автореф. дисс...канд. техн. наук / Ш.М. Игитов. – Саратов, 2014. – 21 с.
6. Амортизационно-поглощающий узел тягово-цепного устройства [Текст]: пат. 91548 Рос. Федерация: МПК В60D 1/32/ Хрипун С.Г., Гатиатуллин Р.А. ЗАО ПК «Технотрон». – № 2009125792/22, 2009.07.06, опубл. 2010.02.20.
7. TRUCKNOLOGY® GENERATION (TGA) [Text]: MAN, Nutzfahrzeuge Aktiengesellschaft Dachauer Str.667 D-80995 München, 2007. – С. 154.
8. Гусев, А.Ф., Прикладная теория колебаний [Текст]: учебное пособие / А.Ф. Гусев, М.В. Новоселова. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2017. – 160 с.
9. Колосов, Ю.В. Защита от вибраций и шума на производстве [Текст]: учебное пособие / Ю.В. Колосов, В.В. Барановский – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 44 с.
10. Нарбут, А.Н. Автомобили: Рабочие процессы и расчет механизмов и систем [Текст]: учебник для вузов / А. Н. Нарбут – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 256 с.
11. Кушнир, В.Г. Совершенствование системы поддрессоривания мобильных энергосредств [Текст] / В.Г. Кушнир, О.А. Бенюх, И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик // Москва, РФ, издательство "Вектор", номер 5, 2014. – С. 37-39.

REFERENCES:

1. Volkov E.V. Teoriya dvizheniya avtomobilya [Car motion theory]. Habarovsk, MOiNRF, FGBOUVO TOGU, 2018, 203 p. (In Russian).
2. Bartaj D.M., Zolotuhin E.A., Kravchenko R.I. Povy'shenie e'ffektivnosti e'kspluatatsii gruzovogo transporta na osnove innovatsionny'h tehnologij pri vy'polnenii sel'skokhozyajstvenny'h robot [Increasing the operation efficiency of freight transport based on innovative technologies during agricultural works]. 3i: intellect, idea, innovation, 2023, no. 1, p. 66-74 (In Russian).
3. Stroganova Yu.N., Belovab N.N., Ognevc O.G., Maksimovb A.N., Egorovb V.P., Kazakovb Yu.F. Justification of Criteria of Assessing Road Train Movement Stability on Motorways. Transportation Research Procedia, 2023, vol. 68, pp.863-869.
4. Amosov, A.G., Mirolyubova, T.I. Review of Methods for Calculating the Cross-Country Ability of Heavy Road Calculating the Cross-Country. Transportation Research Procedia, 2022, vol. 61, pp.206-212.
5. Povy'shenie e'ffektivnosti uborochno-transportny'h zven'ev primeneniem avtopoezdov s dempfiyuyushhim tyagovo-scepny'm ustrojstvom (v usloviyah Respubliki Dagestan) [Increasing the efficiency of harvesting and transport links by using road trains with a damping trailer hitch (in the conditions of the Republic of Dagestan)]. Abstract of PhD thesis, Saratov, 2014, 21 p. (In Russian)
6. Khripun S.G., Gatiatullin R.A. Amortizatsionno-pogloshhayushhij uzal tyagovo-scepного ustrojstva [Shock-absorbing unit of the trailer hitch]. Patent RF no. 91548, MPK B60D 1.32, ЗАО ПК «Технотрон», no. 2009125792.22, 2009.07.06, issued on 2010.02.20. (In Russian)
7. TRUCKNOLOGY® GENERATION (TGA). MAN Nutzfahrzeuge Aktiengesellschaft Dachauer Str.667 D-80995 München, 2007, 154 p. (In German)
8. Gusev A.F., Novoselova M.V. Prikladnaya teoriya kolebanij [Applied oscillation theory]. Tver, Tverskoj gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2017, 160 p. (In Russian)
9. Kolosov Yu.V., Baranovskiy V.V. Zashhita ot vibracij i shuma na proizvodstve [Protection from production vibrations and noise]. Saint Petersburg, SPbGU ITMO, 2011, 44 p. (In Russian)

10. **Narbut A.N. Avtomobili: Rabochie processy' i raschet mekhanizmov i sistem** [Work processes and calculation of mechanisms and systems]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademiya», 2008, 256 p. (In Russian)

11. **Kushnir V.G., Benyukh O.A., Shilo I.N., Romanyuk N.N., Ageychik V.A. Sovershenstvovanie sistemy' podressorivaniya mobilny'h e'nergosredstv** [Improving the cushion system of mobile power units]. Moscow, izdatel'stvo "Vector", no. 5, 2014, pp. 37-39 (In Russian)

Сведения об авторах:

Семибаламут Александр Викторович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры транспорта и сервиса, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Чернышевского 59, тел.: +7-705-157-37-44, e-mail: semibalamut75@mail.ru.

Бенюх Олег Анатольевич – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Наримановская 71-18, тел.: +7-777-314-86-70, e-mail: beolan@mail.ru.*

Геберт Альфия Альбертовна – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Тимирязева 58, тел.: +7-777-149-25-53, e-mail: alfia717@mail.ru.

Ташмухамедов Рафаэль Фархадович – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Козыбаева 9, тел.: +7-747-464-35-43, e-mail: tashmuhamedov_rafael@mail.ru.

Семибаламут Александр Викторович – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Көлік және сервис» кафедрасы, М.Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Чернышевский көш. 59, тел.: +7-705-157-37-44, e-mail: semibalamut75@mail.ru.

Бенюх Олег Анатольевич – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессоры, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Наримановск көш. 71-18, тел. +7-777-314-86-70, e-mail: beolan@mail.ru.*

Геберт Альфия Альбертовна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, аға оқытушысы, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Тимирязев көш. 58, тел. +7-777-149-25-53, e-mail: alfia717@mail.ru.

Ташмухамедов Рафаэль Фархадович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, аға оқытушысы, аграрлық техника және көлік кафедрасы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Козыбаев көш. 9, тел. +7-747-464-35-43, e-mail: tashmuhamedov_rafael@mail.ru.

Semibalamut Alexandr Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of transport and service, M.Dulатов Kostanay Engineering and Economic University, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 59 Chernyshevskiy Str., tel.: +7-705-157-37-44, email:semibalamut75@mail.ru.

Benyukh Oleg Anatoliyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 71-18 Narimanovskaya Str., tel.: +7-777-314-86-70, e-mail: beolan@mail.ru.*

Gebert Alfiya Albertovna – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 58 Timiryazev Str., tel.: +7-777-149-25-53, e-mail: alfia717@mail.ru.

Tashmukhamedov Raphael Farkhadovich – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of agricultural machinery and transport, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, Kozybaev Str., tel.: +7-747-464-35-43, email:tashmuhamedov_rafael@mail.ru.

IRSTI: 68.85.39

UDC: 631.24

https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_188

DESIGNING A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR THE DISPOSAL OF LIVESTOCK WASTE

Sapa V.Yu. – Candidate of Technical Sciences, acting Associate Professor, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Republic of Kazakhstan.*

The article considers the issue of developing a technological model for processing livestock waste. An analysis of the problem of animal waste management has shown that raw manure waste without processing has a negative impact on the environment, causing soil poisoning, polluting the air, groundwater and is a source of infectious diseases. Ammonia is one of the most common pollutants emanating from livestock farms. This gas forms during the decomposition of organic residues such as manure and urine released by animals. It tends to accumulate in the lower layers of the atmosphere, posing threats to both ecosystems and human health. Analysis of the composition of animal husbandry waste has shown that animal waste is a valuable source of organic and mineral substances and, with appropriate processing, valuable