

## **К ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ**

**Курганов А.В., Сливинский Е.В.**

*Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (399770, г. Елец, Липецкой обл., ул. Коммунаров, 28) e-mail: [main@elsu.ru](mailto:main@elsu.ru)*

В настоящей статье представлены материалы по разработке перспективной конструкции прицепа снабжённого устройством для повышения устойчивости движения его в составе автотракторного поезда защищённым патентом РФ на изобретение. Все существующее на сегодняшний день такие прицепные автотранспортные средства не имея таких устройств при движении с большими скоростями движения создают аварийные ситуации в части возможного контакта их с обгоняющим или встречно движущимся автотранспортом так как амплитуда колебаний при вилянии зачастую составляет более 300 мм. В результате проведённых расчётов определены рациональные геометрические параметры указанного устройства и дана экономическая оценка его в случае внедрения его в практику.

**Ключевые слова:** Виляние, рейка, тела качения, поворотный круг фиксатор.

### **TO INCREASE THE STABILITY OF MOTION TRACTOR TRAILERS**

**Kurganov A.V., Slivinsky E.V.**

*Yeletsy state University. I.A. Bunin (399770, Elets, Lipetsk region, street of Communards, 28) e-mail: [main@elsu.ru](mailto:main@elsu.ru)*

This article presents materials on the development of perspective design of the trailer is fitted with a device to improve the stability of motion in the composition of auto-tractor train protected by the RF patent. All existing for today such towed vehicles not having such devices moving at high speeds of movement create emergency situation of possible contact with their обгоняющим or oppositely moving vehicles as the oscillation amplitude at impact is more than 300 mm. result of these computations are defined rational geometrical parameters of the specified devices and evaluated for economic him in case of introducing into practice

**Keywords:** Swerving, rake, rolling elements, swing clamp

Известно [1-4] что в основном все прицепные транспортные средства и в частности, например, тракторные двухосные прицепы класса 2ПТС-4, широко используемые в агропромышленном комплексе страны, состоят из кузова, размещённого на раме, в задней

части которой установлена с помощью рессор ведомая пара колёс, а в передней её части с помощью поворотного круга размещена подкатная тележка с рулевыми колёсами (рис.1).



Рис.1 Автотракторный прицеп

Подкатная тележка снабжена дышлом, предназначенным для транспортировки прицепа в составе тракторного поезда. Такой прицеп прост по конструкции и достаточно эффективен в условиях эксплуатации. Однако ему присущ весьма важный недостаток, заключающийся в том, что, находясь в составе

тракторного поезда, в его движении возникают значительные колебания прицепа в поперечной плоскости, называемые вилянием. Такие колебания бывают так значительны (их амплитуда достигает 400мм в одну из боковых сторон и более), что возникают ситуации, когда прицеп может столкнуться с обгоняющим или движущимся навстречу транспортом. В итоге техника выходит из строя, гибнут люди и т.д.

В тоже время известны также автомобильные прицепы моделей ГKB -817, ГKB-8350, ГKB-8352, ГKB-819, ГKB-8527, МАЗ-8926, агрегируемые с автомобилями ГАЗ-53А, МАЗ-5335, ЗИЛ-131В, КамАЗ-5410, МАЗ-6422, Вольво-F89-32 и др., конструкции которых в целом аналогичны выше описанным тракторным прицепами и поэтому недостатки их подобны.

Учитывая вышеизложенное в ЕГУ имени И.А. Бунина на кафедре прикладной механики и инженерной графики выполняется бюджетная НИР на тему: «Динамика, прочность и надёжность транспортных, сельскохозяйственных и строительно-дорожных машин, а также стандартного и нестандартного оборудования используемого в Чернозёмном регионе РФ». Анализ многочисленных литературных и патентных источников позволил разработать перспективное техническое решение, позволяющее эффективно осуществлять демпфирование колебаний виляния прицепов в соответствии с требованиями ГОСТ 2349-54 и ГОСТ 13377-67 Такая конструкция может быть привязана к двухосному автотракторному прицепу и признана изобретением (RU2397906).

На рис.2 показан общий вид двухосного прицепа сбоку, а на рис.3 часть поворотного круга в передней части прицепа.

Двухосный прицеп состоит из кузова 1 установленного на раме 2 снабжённой задней подвеской колёс 3. В передней части рамы 2 закреплено верхнее кольцо 4 поворотного круга взаимосвязанное подвижно с нижним кольцом 5, которое жёстко присоединено к раме 6 подкатной тележки снабжённой передней подвеской колёс 7. На раме 6 шарнирно установлено дышло 8. На раме 2 жёстко закреплён цилиндрической формы корпус 9, в котором подвижно расположено сферическое тело качения 10 подпружиненное пружиной сжатия 11 причём последнее взаимодействует с рядом различных по глубине углублений элементов шара 12 выполненных на дугообразном кронштейне 13 жёстко присоединённом к раме 6 подкатной тележки.

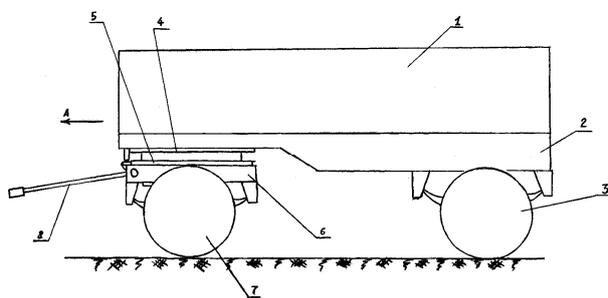


Рис.2 Общий вид двухосного прицепа

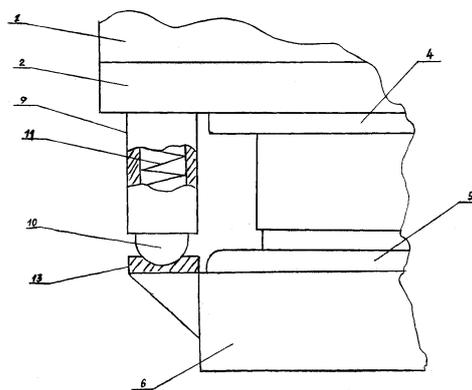


Рис.3 Часть поворотного круга

Работает двухосный прицеп следующим образом, при прямолинейном движении по стрелке  $A$  в составе автотракторного поезда задняя подвеска колёс 3 и передняя подвеска колёс 7 лежат в продольной плоскости дороги, при этом сферическое тело качения 10 расположено в углублении элемента шара 12 имеющего величину  $h_1$  наименьшую среди других подобных углублений элементов шара 12 расположенных справа и слева относительно продольной оси симметрии прицепа (рис.3). В этом случае за счёт наличия усилия  $P_{np}$  (рис.4), создаваемого пружиной сжатия 11 и влияния прицепа в боковые стороны с малой амплитудой исключено, так как сферическое тело качения 10 под незначительным воздействием окружной силы  $P_1$  не может «покинуть» углубление элемента шара 12, например, в направлении стрелки  $B$ , и, следовательно, устойчивое движение прицепа будет обеспечено. Предположим, что усилие  $P_1$  возрастет за счёт увеличения угла поворота подкатной тележки прицепа и тогда сферическое тело качения 10 под действием такого усилия переместится по стрелке  $C$  в следующее углубление элемента шара 12 величина которого равна  $h_2$ , что позволит вновь обеспечить устойчивое прямолинейное движение прицепа. Но так как в процессе движения прицепа проявляются колебания подергивания, то дышло 8 тут же получит угловой поворот, а вместе с ним и подкатная тележка, в

направлении противоположном стрелке  $C$  и тогда сферическое тело качения 10 вновь окажется в углублении элемента шара 12 глубиной  $h_1$ . В этом случае передняя и задняя подвески 6 и 3 вновь будут лежать в одной продольной плоскости автотракторного поезда и он будет двигаться прямолинейно. Подобным образом сферическое тело качения 10 может оказаться и в углублении элемента шара 12 имеющего глубину  $h_1$  (следует отметить, что число углублений элемента шара 12 в правую и левую сторону при угловом повороте подкатной тележки может быть и большим чем показано на чертежах, однако они должны быть выбраны так, чтобы максимальный угол поворота подкатной тележки не превышал примерно  $16^\circ$  в одну и другую сторону, так как эта величина наиболее точно отражает влияние прицепов зарегистрированных в практике [4,5]. При повороте подкатной тележки влево, вызванном влиянием прицепа, процесс перемещения сферического тела качения 10 аналогичен выше описанному. В практике зачастую возникает необходимость поворота подкатной тележки прицепа при его маневрировании или отстое и тогда сферическое тело качения 10 переходит соответствующие углубления элементов шара 12 и оказывается на плоской поверхности дугообразного кронштейна 13 двигаясь по стрелке  $E$ . В этом случае оно перекачивается без сопротивления и не вызывает трудностей например, при повороте дышла 8 вручную.

Для расчёта основных геометрических параметров устройства разработана расчетная схема, рис.4 представлена часть развернутой по длине дугообразной формы кронштейна установленного на подкатной тележке прицепа, а также показаны схемы силового нагружения элементов устройства снижающего влияние прицепа.

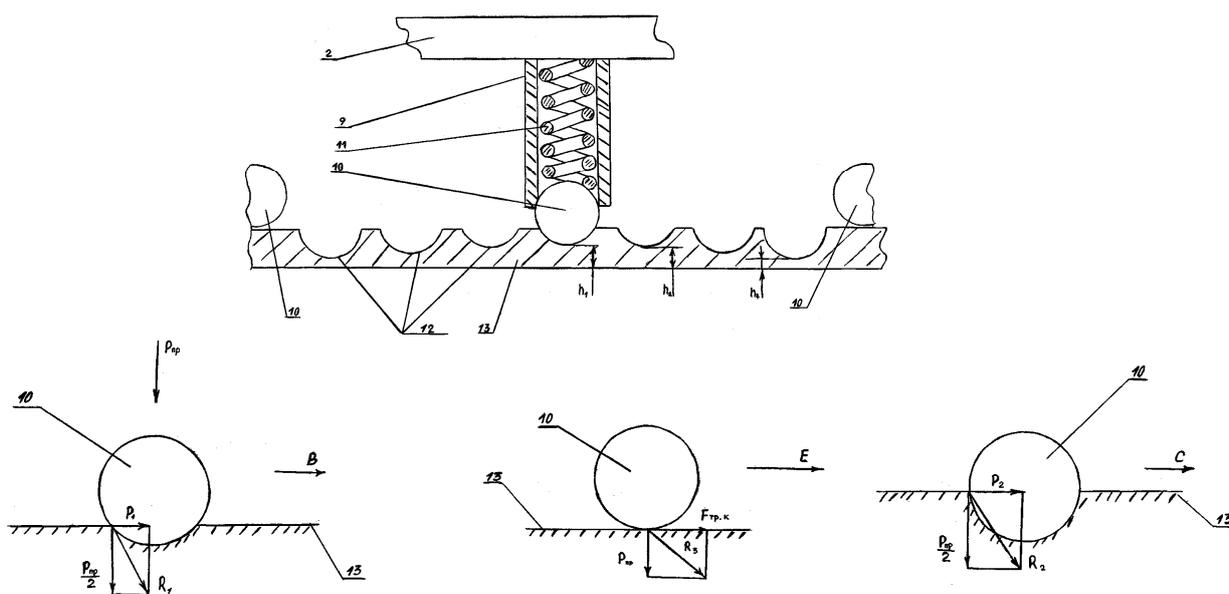


Рис.4 Расчетная схема

Анализируя предложенную конструкцию стабилизирующего устройства видно, что ответственным элементом его, характеризующим надёжность и работоспособность последнего является его фиксатор и в частности пружина сжатия 11 (см. рис.2 и рис.3), поэтому произведём расчёт её силовых и основных геометрических параметров. В качестве объекта на котором может быть смонтирован о такое устройство выберем тракторный поезд состоящий из колёсного трактора МТЗ-82 собственным весом  $3,0t$  и автотракторного самосвального прицепа 2ПТС-4-793А грузоподъёмностью  $4,0t$ , также имеющий собственный вес  $1,8t$ . Массы звеньев тракторного поезда в этом случае будут соответственно равны  $M_{ПП} = 592 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}$  и  $M_T = 306 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}$ , а коэффициент весовой характеристики тракторного поезда составит  $m = M_{ПП} / M_T + M_{ПП} = 0,66$ .

Определим критическую силу, возникающую в сцепном устройстве тракторного поезда по зависимости [4]:

$$P_{KP \max} = \zeta \lambda_{\omega} q_0 \frac{2\pi}{L} G_{ПП} = 1,5 \cdot 1,25 \cdot 6 \frac{6,28}{250} 5800 = 1639 \text{ кгс},$$

где  $\zeta$  - коэффициент динамичности учитывающий влияние зазоров в сцепке и равный  $1,5$  [4];

$\lambda_{\omega}$  - коэффициент динамичности при резонансных колебаниях рассматриваемой системы и равный  $1,25$  [4];

$q_0$  - высота неровности дороги, равная  $6 \text{ см}$  [4];

$L$  - длина волны неровности  $2,5 \text{ м}$  [4].

Предположим, что дышло прицепа при влиании прицепа совместно с подкатной тележкой под действием  $P_{кр \max}$  повернулось на угол  $5^0$  и тогда поперечная сила в месте сцепа его с сцепным устройством трактора определится как  $P_{ПОПЕР} = \text{tg} 5^0 P_{кр \max} = 0,087 \cdot 1639 = 142,6 \text{ кгс}$ . В этом случае момент на подкатной тележке вызвавший такой угловой поворот будет равен  $M = P_{ПОПЕР} \cdot l_D = 142,6 \cdot 1,8 = 256,7 \text{ кгс} \cdot \text{м}$  (где  $l_D$  длина дышла равная  $1,8 \text{ м}$ ).

Конструктивно примем, что диаметр тела качения 10 подпружиненного пружиной сжатия 11 равен  $25 \text{ мм}$ , причём высоты углублений 12 (рис.3) соответственно равны  $h_1 = 6,0 \text{ мм}$ ,  $h_2 = 8,0 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 10,0 \text{ мм}$  и  $h_4 = 12,5 \text{ мм}$ .

Видно, что для фиксации подкатной тележки и исключения углового поворота её, окружное усилие действующее на тело качения должно быть меньше чем усилие создаваемое пружиной сжатия 11. Расчет жесткости  $C_{ПП}$  пружины фиксатора произведём в случае нахождения тела качения 10 в углублении 12 имеющем  $h_4 = 12,5 \text{ мм}$  при этом окружное усилие как было описано выше,  $P_{ПОПЕР} = 142,6 \text{ кгс}$ , которое и стремиться сжать пружину сжатия и тем самым вывести тело качения из углубления 12. Такую силу можно определить по зависимости:

$$F = \frac{P_{\text{IIIAD}}}{\text{tg}\alpha} = \frac{142,6}{\text{tg}38^{\circ}} = \frac{142,6}{0,7813} = 182,5 \text{ кН}$$

где  $\alpha$  — угол, выбранный конструктивно и равный  $38^{\circ}$ .

Видно, что полученное значение удерживающей силы выше, чем окружная сила в среднем в 1,3 и поэтому в дальнейшем угловой поворот подкатной тележки прицепа будет исключён

Исходя из этого и используя справочные данные, установим геометрические характеристики пружины при нагрузочной ее способности 215 кгс несколько больше чем 182,5 кгс :  $D_{\text{нар}} = 68 \text{ мм}$ , диаметр проволоки 9,0 мм, высота пружины в сжатом состоянии 95 мм, жесткость  $C_{\text{пр}} = 3,3 \text{ кгс/мм}$ , материал сталь 60С2 с  $\tau = 57 \text{ кгс/мм}^2$ .

Анализируя вышеизложенное видно, что в практике влияние звеньев автотракторных поездов возможно при различных его скоростях движения начиная от 20 км/ч и более. Исходя из этого с целью расширения эксплуатационных возможностей устройства, исключающего влияние звеньев автотракторных поездов в каждом конкретном случае на различных моделях прицепов должны устанавливаться стабилизирующие устройства спроектированные в зависимости от весовых характеристик прицепов и их назначения. В то же время для подбора рациональной конструкции их необходим широкий спектр проведения испытаний натуральных образцов в эксплуатационных условиях, и только после этого можно окончательно обосновать оптимальные геометрические и кинематические параметры предложенного стабилизирующего устройства.

Для экономической оценки предложенного технического решения использована методика финансово-инвестиционного анализа и аудита при внедрении новой техники [2]. В качестве базового образца принят автотракторный прицеп МАЗ-8926 Минского автомобильного завода. По данным ряда автотранспортных и сельскохозяйственных предприятий Российской Федерации эксплуатирующих такие прицепы по причине повышенного износа шин подкатной тележки, отказов деталей поворотного круга и сцепного устройства связанной с влиянием прицепов движущихся в составе автотракторных поездов средняя стоимость ремонта одного прицепа составляет 76,3,2 тыс.руб, а наработка на такие отказы достигает в среднем 125,0 тыс.км пробега.

Исходя из вышеизложенного, а также, используя данные таблицы, определим годовой экономический эффект от внедрения вышеуказанного изобретения, на одном из предприятий Черноземного региона РФ ремонтирующем подобные прицепы позволяющего повысить долговечность их за счёт снижения колебаний влияния в эксплуатационных условиях.

Для этого используем следующие показатели.

1. Коэффициент сравнительной экономической эффективности, определяемый по зависимости:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{Y_2 - Y_1} = \frac{110000 - 105000}{175400 - 152000} = 0,21$$

2. Коэффициент приведения затрат к одинаковому объему производства продукции по базовому прицепу составит:

$$K_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{182,4}{125} = 1,46$$

Таблица

Экономические показатели

№ п/п	Показатели	Обозначения	Единица измерения	Базовый прицеп	Модернизированный прицеп
1	Годовой выпуск ремонта прицепов	А	тыс. шт.	9,5	9,5
2	Пробег прицепа до ремонта	Д	тыс.км.	125,0	182,4
3	Себестоимость ремонта прицепа	С	руб.	105000	110000
4	Капитальные вложения на один прицеп	У	руб.	152000	175400
5	Нормативный коэффициент эффективности	$E_n$	-	0,15	0,15

3. Приведённые затраты по прицепах:

а) по базовому-  $C_1 + E_n \cdot Y_1 = 105,0 + 0,15 \cdot 152,2 = 127,83$  тыс.руб.

б) по модернизированному-  $C_2 + E_n \cdot Y_2 = 110,0 + 0,15 \cdot 175,4 = 136,31$  тыс.руб.

4. Приведенные затраты с учетом коэффициента приведения к одинаковому объему производства прицепов:

$$K_2 = (C_1 + E_n \cdot Y_1) \cdot K_1 = 127,83 \cdot 1,46 = 186,6$$
 тыс.руб.

На основании вышеизложенного произведём расчёт прибыли, которую получит предприятие от выпуска одного модернизированного прицепа по зависимости:

$$\Pi = K_2 - (C_2 + E_n \cdot Y_2) = 186,6 - 136,3 = 50,3$$
 тыс.руб

Следовательно, на планируемую программу годового выпуска предприятием прицепов 9500 шт. общий объём прибыли составит:

$$\Pi_{\text{общ}} = \Pi \cdot A = 50,3 \cdot 9,5 = 477,8$$
 млн.руб.

Для автоматизации расчётов экономической эффективности от внедрения предложенного технического решения в конструкции автомобильных прицепов серийно выпускающихся предприятиями, как в нашей стране, так и за рубежом, разработана

программа для ЭВМ на языке Delphi, которая апробирована при проведении данного исследования.

Проведённые расчеты показали, что внедрение предложенной конструкции повышающей надёжность прицепов, связанных со снижением их виляния, является выгодным для производства так как оно от серийного их выпуска в количестве 9,5 тыс. штук в год может получить прибыль в размере 477,8 млн. руб. При этом в условиях эксплуатации пробег прицепов также может быть повышен с 125,0 до 184,2 тыс. км.

Результаты исследования рекомендуются как отечественным, так и зарубежным НИИ, конструкторским и производственным структурам автомобильной промышленности для дальнейшего изучения и доработки предложенного устройства с целью возможного внедрения его в практику.

#### Библиография

1. Гиляровская Л.Т., Ендовицкий Д.А. Финансово-инвестиционный анализ и аудит коммерческих организаций. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1997. – 336 с.
2. Глущенко А.Д., Сливинский Е.В. Динамика и прочность транспортной системы для перевозки легковесных грузов. Ташкент: Фан, 1988. 116 с.
3. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. М.: Транспорт 1967. – 215с.
4. Краткий автомобильный справочник. 10-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 220с.
5. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин: Учеб. Для студентов машиностроит. спец. вузов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1990. – 352с.
6. Щукин М.М. Сцепные устройства автомобилей и тягачей. М-Л.: Машгиз, 1961.-204с.