



УДК 629.014.3

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В СЕЛЬСКИХ УСЛОВИЯХ

Строганов Ю. Н., к.т.н.,

*Уральский государственный федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург, РФ)*

Огнев О. Г., д.т.н.

*Санкт-Петербургский ГАУ (г. СПб, РФ)*

Тел. +7-911-196-4-72, e-mail: ognev.og@mail.ru

**Аннотация** - в статье рассматриваются проблемы повышения эффективности автотранспортных работ в условиях агропромышленного производства. Приводятся также сведения о возможности повышения маневренных свойств автотранспортных поездов посредством внесения конструктивных изменений в тягово-сцепные устройства прицепов.

**Ключевые слова** – автомобильный транспорт, эффективность работы, маневренные свойства, прицеп, тягово-сцепные устройства.

*Постановка проблемы.* Автомобильные перевозки продолжают оставаться основным способом выполнения транспортных работ в условиях сельскохозяйственного производства РФ. Дальнейшее совершенствование конструктивно-технологических и организационных вопросов выполнения автотранспортных работ может оказывать весьма существенное воздействие на экономические параметры работы сельскохозяйственных предприятий страны.

Результаты исследования проблем совершенствования технической оснащённости АПК РФ [1, 2] позволили установить основные направления рационализации их эксплуатационных параметров. К перспективным направлениям совершенствования эффективности выполнения автотранспортных работ можно отнести:

Конструктивно-технические – повышение грузоподъёмности, скорости перемещения, маневренности, ресурса автотранспортных средств, снижение издержек на их эксплуатацию и технический сервис – как правило совершенствуются заводами-изготовителями технических средств. Предприятия, эксплуатирующие автомобильный

транспорт могут, в основном, обеспечить максимально полное использование заложенных в них свойств.

Организационно-технологические – сокращение непроизводительных простоев технических средств, рационализация способов и методов их использования – позволяют существенно повысить эффективность использования технических средств в конкретных производственных условиях.

Одним из перспективных методов дальнейшего повышения эффективности автотранспортных работ, на сегодняшний момент, является улучшение маневренности автомобильных поездов с полуприцепами и прицепами, что является особенно актуальным при выполнении транспортных операций в условиях ограниченного пространства (малые площади обрабатываемого поля, узкие проселочные и сельские дороги и т.п.).

Одновременно данный метод позволяет существенно повысить грузоподъемность автомобильных поездов, что связано с увеличением полезной погрузочной площади транспортного поезда и его габаритных размеров, главным образом по длине. Это приводит к увеличению межосевой базы двухосных прицепов и, в некоторых случаях, требует увеличения длины дышла, что может неблагоприятно отражаться на маневренности транспортного поезда, увеличивать габаритную полосу движения на поворотах, уменьшать минимальный радиус поворота.

*Анализ последних публикаций.* Согласно ГОСТ Р 52281-2004 «Прицепы и полуприцепы автомобильные», размеры и расположение тягово-сцепного устройств прицепов должны исключать, при повороте автопоезда (при движении вперед), касание прицепа с тяговым автомобилем. Для двухосных прицепов длина дышла выбирается постоянной, обеспечивающей беспрепятственное складывание звеньев транспортного поезда при любых радиусах поворота в условиях эксплуатации. Такая длина дышла необходима только при малых радиусах поворота, при прямолинейном движении это требование не критично, однако она существенно увеличивает размер самого автопоезда. Уменьшить длину дышла (и, соответственно, улучшить маневренность автопоезда) возможно, в частности, использованием тягово-сцепных устройств [3], изменяющих расстояние между тягачом и прицепом на повороте, что позволит существенно повысить маневренные свойства автопоездов [5, 6, 7].

*Формулирование целей статьи.* Обоснование методов повышения эффективности автотранспортных работ в условиях агропромышленного производства.

*Основная часть.* На рис. 1 представлена схема [3] поворота тягача с двухосным прицепом при установившемся круговом движении вокруг единого центра поворота Цп. Были сделаны следующие допу-

щения: движение происходит на жесткой поверхности, без боковых колебаний, боковой увод шин отсутствует, шарнирные соединения беззазорного типа, максимальный угол складывания между тягачом и прицепом не более  $90^0$  (при больших углах складывания устойчивость движения задним ходом нарушается), минимальное расстояние между тягачом и прицепом – 80мм (ГОСТ Р 52281-2004).

Для случая, когда  $\gamma_1 + \gamma_2 \leq \pi/2$  и  $\delta \geq \gamma_1$  ( $\gamma_1$  – угол складывания дышла относительно продольной оси тягача;  $\gamma_2$  – угол складывания платформы прицепа относительно дышла;  $\delta$  – угол между дышлом и отрезком ОЕ, определяющим расстояние между серединой переднего борта прицепа и точкой крепления дышла к тягачу), минимальное расстояние между тягачом и прицепом (расстояние  $l$  между углом, образованным передним и боковым бортами прицепа и тягачом) выразится как (рис. 1 б)

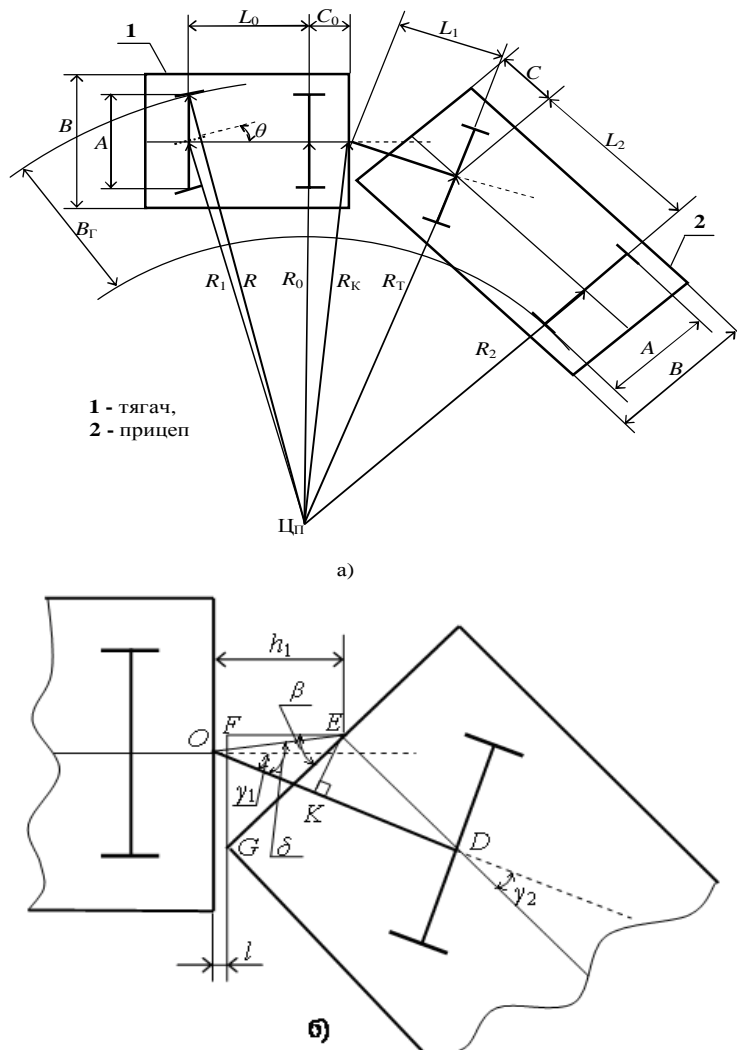


Рис. 1. Схема поворота тягача с двухосным прицепом при установленном круговом движении: а – кинематические параметры, б – угловые перемещения звеньев транспортного поезда при  $\delta \geq \gamma_1$ .

$$l = h_1 \cdot EF, \tag{1}$$

Проведя ряд преобразований, расстояние  $l$  можно определить как

$$l = \sqrt{L_1^2 + C^2 - 2L_1C \cos \gamma_2 \cos(\delta - \gamma_1)} - \frac{B}{2} \sin(\gamma_1 + \gamma_2), \tag{2}$$

а углы  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  и  $\delta$  – определяются как

$$\gamma_1 = \arctg \frac{C}{R_0} + \arcsin \frac{L_1}{R_K}, \tag{3}$$

где  $R_0$  – радиус поворота середины задней оси тягача;

$C_0$  – кинематическая длина тягача (расстояние от его задней оси до точки соединения с прицепом);

$R_K$  – радиус поворота точки соединения тягача с прицепом.

Угол  $\gamma_2$  складывания прицепа относительно дышла определится как:

$$\gamma_2 = \arcsin \frac{L_2}{R_T}, \tag{4}$$

$$\cos \gamma_2 = \frac{R_2}{R_T}, \quad s \sin \gamma_2 = \frac{L_2}{R_T}, \tag{5}$$

где  $R_T$ ,  $R_2$  – радиусы поворота соответственно вертикальной оси вращения дышла относительно прицепа и середины задней оси колес прицепа;

$L_2$  – база прицепа.

$$\delta = \arctg \frac{EK}{OK} = \arctg \frac{C \sin \gamma_2}{L_1 - C \cos \gamma_2}, \tag{6}$$

Радиусы  $R_0$ ,  $R_K$ ,  $R_T$ ,  $R_2$  выразятся как:

$$R_0 = \frac{L_0}{\operatorname{tg} \theta} = L_0 \operatorname{ctg} \theta, \tag{7}$$

$$R_K = \sqrt{R_0^2 + C_0^2}, \tag{8}$$

$$R_T = \sqrt{R_K^2 - R_1^2} = \sqrt{R_0^2 + C_0^2 - L_1^2}, \tag{9}$$

$$R_2 = \sqrt{R_T^2 - L_2^2} = \sqrt{R_0^2 + C_0^2 - L_1^2 - L_2^2}. \tag{10}$$

Для случая относительного расположения тягача и прицепа, когда  $\delta < \gamma_1$  (рис. 2). Если при этом расстояние  $h_2$  от угла прицепа до продольной оси тягача не больше, чем половина его ширины  $B(h_2 \leq B/2)$ , то минимальное расстояние между тягачом и прицепом также равно расстоянию  $l$  между углом, образованным передним и боковым бортом прицепа и тягачом.

В случае если  $h_2 > B/2$ , минимальное расстояние между тягачом и прицепом – это расстояние  $l_1$  между углом, образованным бортами прицепа, и углом, образованным продольной и поперечной плоскостями, ограничивающими габариты тягача (между точками  $G$  и  $N$ ).

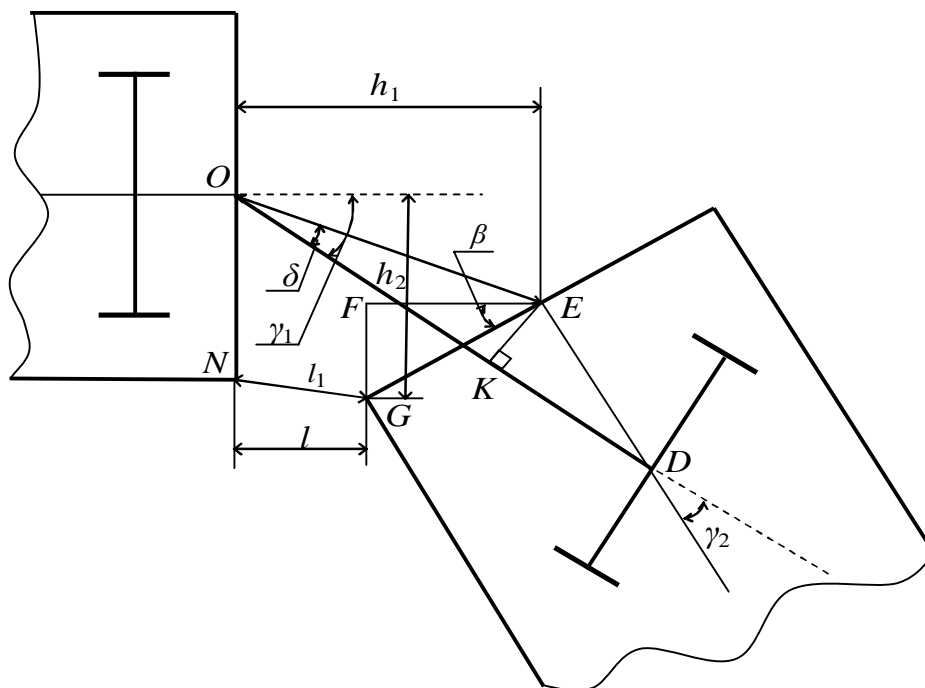


Рис. 2. Угловые перемещения звеньев транспортного поезда при  $\delta < \gamma_1$ .

Расстояние  $h_2$  определится как:

$$h_2 = OE \sin(\gamma_1 - \delta) + \frac{B}{2} \sin \beta, \tag{11}$$

$$\sin \beta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - (\gamma_1 + \gamma_2)\right) = \cos(\gamma_1 + \gamma_2). \tag{12}$$

Таким образом

$$h_2 = \sqrt{L_1^2 + C^2 - 2L_1C \cos \gamma_2 \sin(\gamma_1 - \delta) + \frac{B}{2} \cos(\gamma_1 + \gamma_2)}. \tag{13}$$

Поскольку функция  $\cos(x)$  четная,  $\cos(\gamma_1 - \delta) = \cos(\delta - \gamma_1)$ ,  $l$  можно вычислить по выражению (2).

Расстояние  $l_1$  определится как

$$l_1 = \sqrt{l^2 + \left(h_2 - \frac{B}{2}\right)^2} \cdot l_1 = \sqrt{l^2 + \left(h_2 - \frac{B}{2}\right)^2}. \tag{14}$$

Ширина полосы кругового движения  $B_K$  по следу внешнего к центру поворота управляемого колеса трактора и внутреннего заднего колеса прицепа при различных значениях угла  $\theta$  равна

$$B_K = R - R_2 + \frac{A}{2}, \tag{15}$$

где  $R$  – радиус поворота по следу внешнего к центру поворота управляемого колеса трактора;

$A$  – колея трактора и прицепа (приняты одинаковыми).

$R$  определяется по выражению:

$$R = \sqrt{\left(R_0 + \frac{A}{2}\right)^2 + L_0^2}. \quad (16)$$

Для частного случая зависимости минимальной необходимой длины дышла  $L_1$  от угла поворота среднего приведенного управляемого колеса трактора  $\Theta$ , для тракторно-транспортного агрегата в составе трактора МТЗ-80 и прицепа 2-ПТС-6 (геометрические размеры агрегата:  $L_0 = 2370$  мм,  $C_0 = 750$  мм,  $C = 1095$  мм,  $L_2 = 3050$  мм,  $B = 2500$  мм,  $A = 1800$  мм), согласно вышеприведенным выражениям, были установлены рациональные значения  $L_1$ , исключаяющие углы складывания между трактором и прицепом более  $90^\circ$  (при различных значениях угла  $\Theta$  минимальное расстояние между прицепом и транспортным средством составляет 80 мм), а также значения  $R_0$ , соответствующие углам поворота среднего приведенного управляемого колеса трактора. Зависимость  $L_1$  от  $\Theta$  представлена на рис. 3.

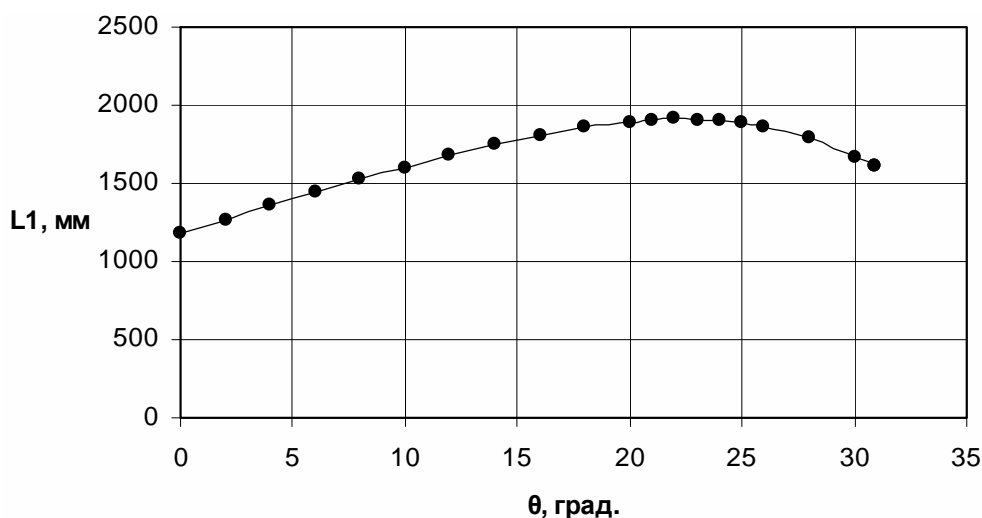


Рис. 3. Зависимость минимальной необходимой длины дышла прицепа 2-ПТС-6 от угла поворота среднего приведенного управляемого колеса трактора МТЗ-80.

Используя вышеприведенные зависимости, также была определена ширина полосы кругового движения по следу внешнего к центру поворота управляемого колеса трактора и внутреннего заднего колеса прицепа при различных значениях угла  $\Theta$ . Зависимости  $B_k$  (с использованием дышла изменяемой длины),  $B_k^{(1)}$  (с использованием дышла постоянной длины  $L_1 = 1910$  мм, минимальной для обеспечения беспрепятственного поворота прицепа относительно трактора при любых углах с соблюдением расстояния между трактором и прицепом не менее 80 мм) от  $\Theta$  – представлены на рис. 4.

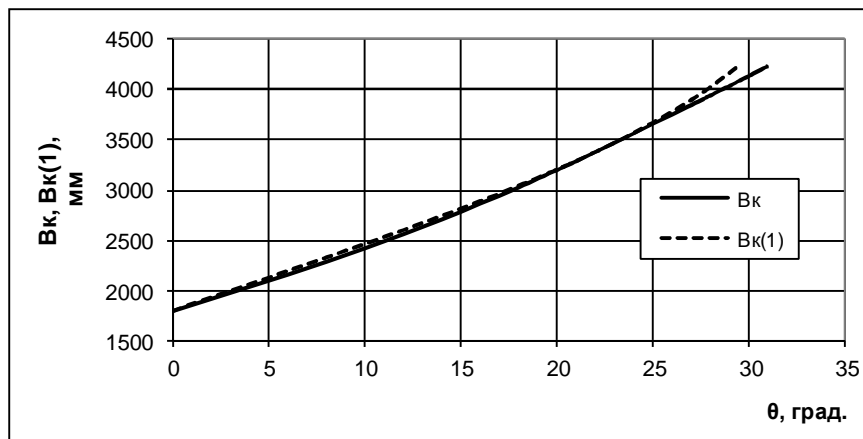


Рис. 4. Залежності полоси кругового руху  $B_k$  по сліду зовнішнього до центру повороту керуваного колеса трактора та внутрішнього заднього колеса причепа при різних значеннях кута  $\theta$  з використанням дышла змінюваної та постійної (1910 мм) довжини.

*Висновки.* На основі вищепроведених даних можна утвердити наступне.

- Використання представленого типу тягово-сцепного пристрою дозволить значно підвищити маневренність автопоезда за рахунок скорочення дышла та зменшення загальної габаритної довжини агрегату.
- Аналіз виявлених залежностей необхідної довжини дышла двохосного причепа від кута повороту керуваних колес тягача, при встановившійся круговому русі, представлений на рис. 3.
- Для тракторно-транспортного агрегату (трактор МТЗ-80 та причеп 2-ПТС-6), за розрахунковими даними, найбільша довжина дышла становить 1910 мм при куті повороту середнього приведенного керуваного колеса трактора 22 градуси. Найменша довжина дышла при прямолинійному русі становить 1175 мм. Використання даного тягово-сцепного пристрою дозволить скоротити довжину дышла та загальну габаритну довжину агрегату при прямолинійному русі на 735 мм.
- Аналіз залежності полоси кругового руху  $B_k$  по сліду зовнішнього до центру повороту керуваного колеса трактора та внутрішнього заднього колеса причепа при різних значеннях кута  $\theta$  з використанням дышла змінюваної та постійної довжини показує, що використання дышла причепа змінюваної довжини зменшує полосу руху тракторного поїзда при круговому русі, покращуючи його маневрові якості. Для тракторно-транспортного агрегату в складі трактора МТЗ-80 та причепа 2-ПТС-6 за розрахунковими даними найбільш значуще зменшення полоси руху становить 158 мм при куті повороту середнього приведенного керуваного колеса трактора, рівному  $29,5^\circ$ .

*Литература*

1. *Еникеев В.Г.* Критерии и методы оценки технической оснащенности растениеводства и качества работы агрегатов с учетом вероятностной природы их функционирования.- Автореф. дисс. ... д.т.н. *В.Г.Еникеев* – Ленинград-Пушкин, 1983. – 34 с.
2. *Огнев О.Г.* Критерии и методы оценки адаптивных свойств технической оснащенности земледелия к условиям функционирования. – Автореф. дисс. ... д.т.н. *О.Г. Огнев*– СПб, 2005. – 24 с.
3. *Строганов Ю.Н.* К вопросу о применении тягово-сцепных устройств изменяемой длины тракторно-транспортных агрегатов и автопоездов. / *Ю.Н. Строганов, Е.М. Пампура* // Известия МААО- Спб., 2012.- Выпуск 15, Том 1.– с. 79-86.
4. Патент на полезную модель № 109733 Российской Федерации. Двухзвенное транспортное средство / *Ю.Н. Строганов, А.Н. Зеленин* (Российская Федерация) Приоритет от 07.02.2011.
5. Патент на полезную модель № 101992 Российской Федерации. Двухзвенное транспортное средство переменной длины / *Ю.Н. Строганов, А.Н. Зеленин*; Приоритет от 29.09.2010.
6. Патент на полезную модель № 114932 Российской Федерации. Автопоезд изменяемой длины / *Ю.Н. Строганов, А.Н. Зеленин, О.Г. Огнев.* (Российская Федерация). Приоритет от 28.11.2011.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ  
АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У СІЛЬСЬКИХ УМОВАХ**

Ю.Н. Строганов, О.Г. Огнев

*Анотація* - у статті розглядаються проблеми підвищення ефективності автотранспортних робіт в умовах агропромислового виробництва. Наводяться також дані про можливість підвищення маневрених властивостей автотранспортних потягів шляхом внесення конструктивних змін у тягово-причіпні пристрої причепів.

**IMPROVEMENT OF PERFORMANCE PARAMETERS OF THE  
ROAD TRANSPORT IN RURAL CONDITIONS**

Yu. Stroganov, O. Ognev

*Summary*

In article problems of increase of efficiency of motor transportation works in the conditions of agro-industrial production are considered. Data on possibility of increase of maneuverable properties of motor transportation trains by means of entering of constructive changes into traction coupling devices of trailers are provided also.