

Строганов Ю.Н., Попова А.И., Желев Д.И.
ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет
имени первого Президента России. Б.Н. Ельцина»
г.Екатеринбург, Россия

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОДКАТНЫХ ТЕЛЕЖЕК ДЛЯ БУКСИРОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНОЙ ПОГРУЗКИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы буксировки автомобилей с применением одноколесной подкатной тележки методом частичной погрузки. Рассчитан критический угол опрокидывания автомобиля на косогоре при буксировке его с использованием одноколесной подкатной тележки. Определена критическая скорость по условиям опрокидывания буксируемого автомобиля на повороте, а также критическая скорость по условиям устойчивости прямолинейного движения для некоторых моделей автомобилей. Представлены зависимости критической скорости опрокидывания на повороте от радиусов поворота.

Ключевые слова. Одноколесная подкатная тележка, трехколесное транспортное средство, критическая скорость на повороте, критическая скорость прямолинейного движения, буксировка автомобиля.

About using moving trucks to tow cars by the method of partial loading

Stroganov Yu. N, Popova, A. I., Zhelev D.Y

FSAEA HE "Ural Federal University named after first President of Russia. B. N. Yeltsin"
Yekaterinburg, Russia

Annotation. The questions of towing vehicles with the use of one-wheeled moving cart by the method of partial loading. The calculated critical angle of rollover of the vehicle on the slope when towing it with the one-wheeled moving cart. Determined the critical speed for the conditions rollover of the towed vehicle on the turn, and the critical speed according to the conditions of stability of rectilinear motion in some models of cars.

The dependence of the critical speed rollover at the turn of the turning radii.

Key words. One-wheeled movable cart, three-wheeled vehicle, the critical speed of the turn, the critical speed of rectilinear motion of the towing vehicle.

В настоящее время в нашей стране получает развитие услуга по оказанию технической помощи водителям, находящимся в пути со стороны придорожных станций технического обслуживания автомобилей (СТОА). Хотя абсолютное большинство возникающих в пути неисправностей относятся к мелким и легко устранимым, у водителя под рукой может не оказаться необходимого инструмента или материала, для ремонта. За рубежом эта услуга пользуется большим спросом и хорошо развита, отправляясь в дорогу, водитель должен быть абсолютно уверен, что при

любой возникшей в пути неисправности ему будет оказана соответствующая помощь. Если в дороге кончилось топливо или спустило колесо, то достаточно будет позвонить диспетчеру, сообщить свой номер, код или пароль, своё местонахождение и описать неисправность. В указанное место будет отправлен автомобиль техпомощи, на борту которого имеется необходимый инструмент и оборудование, а также технический специалист высокой квалификации, который устранит возникшую неисправность. Однако не всегда удастся устранить неисправность «на месте» и в этом случае приходится эвакуировать автомобиль к местам ремонта на ближайшую СТОА.

Для буксировки автомобилей применяются различные способы в том числе с применением подкатных тележек методом частичной погрузки автомобилей. Подкатные тележки для буксировки колесных транспортных средств методом частичной погрузки применяются для буксировки транспортных средств, передвижение которых своим ходом невозможно или нежелательно, например для буксировки автомобилей, оборудованных автоматической коробкой передач (АКПП) с загрузкой ведущей оси. К преимуществам такого способа буксировки можно отнести исключение необходимости специально оборудованного автомобиля-эвакуатора, поскольку такую тележку с установленным на ней транспортным средством может буксировать любой автомобиль, оборудованный фаркопом, а также возможность эвакуации неисправного автомобиля из мест, недоступных для эвакуатора (подземный паркинг, гараж и т.п.).

Для буксировки легковых автомобилей методом частичной погрузки применяются подкатные тележки, конструкции которых содержат одноосное двухколесное шасси, соединенное посредством тягового рычага, с автомобилем-тягачом. При этом колеса шасси разнесены по ширине и превышают ширину буксируемого автомобиля. Буксируемый автомобиль закрепляется передними или задними колесами на платформе, установленной над осью колес тележки в межколесном пространстве. При этом поворот

колес прицепа относительно буксируемого автомобиля обеспечивается за счет использования в конструкции рулевой трапеции или поворотной платформы на которой размещены колеса буксируемого автомобиля. В некоторых конструкциях поворотные механизмы отсутствуют вовсе. Существенный недостаток конструкций состоит в том, что колеса буксировочной тележки должны быть разнесены по ширине для размещения буксируемого автомобиля, что значительно увеличивает ее габариты, кроме того большой недостаток заключается в том что, поворот сопровождается большим юзом колес прицепа (особенно не имеющего механизма поворота колес), что приводит к повышенному износу шин, увеличению радиуса поворота, габаритной полосы движения.

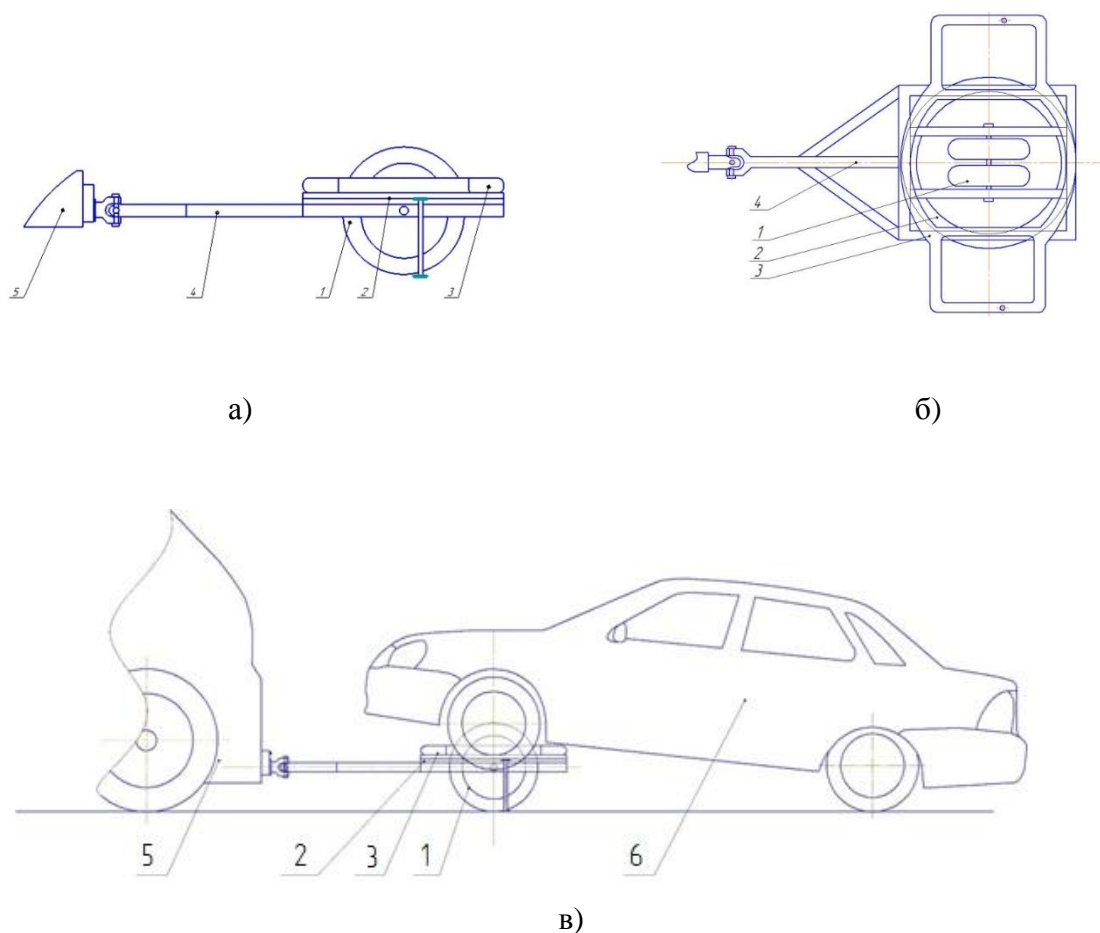


Рисунок 1 – Подкатная тележка и её использование
 а) вид подкатной тележки сбоку; б) тоже вид сверху;
 в) буксировка автомобиля.

1- колесо тележки, 2- поворотный круг, 3- погрузочная платформа,
 4 -тяговый рычаг, 5 - автомобиль тягач, 6- буксируемый автомобиль.

Эти недостатки могут быть устранены за счет использования в конструкции подкатной тележки, запатентованной авторами [1], одноколесного опорно-ходового аппарата. Опорно–ходовой аппарат подкатной тележки для буксировки автомобиля методом частичной погрузки выполнен в виде сдвоенного колеса, расположенного во внутреннем пространстве поворотного круга и погрузочной поворотной платформы.

Предлагаемая конструкция подкатной тележки для буксировки автомобиля методом частичной погрузки компактна и не ограничивает угол поворота ее колес относительно буксируемого автомобиля.

Подкатную тележку с закрепленным на ней автомобилем можно представить, как трехколесный прицеп. Трехколесные транспортные средства по эксплуатационным показателям отличаются от четырехколесных, в частности по поперечной устойчивости на косогоре, на повороте.

Устойчивость является одним из наиболее важных эксплуатационных свойств, влияющих на безопасность движения и производительность колесных машин.

Рассматривая поперечную устойчивость трехколесного транспортного средства на косогоре предполагаем, что отсутствует поперечное скольжение колес.

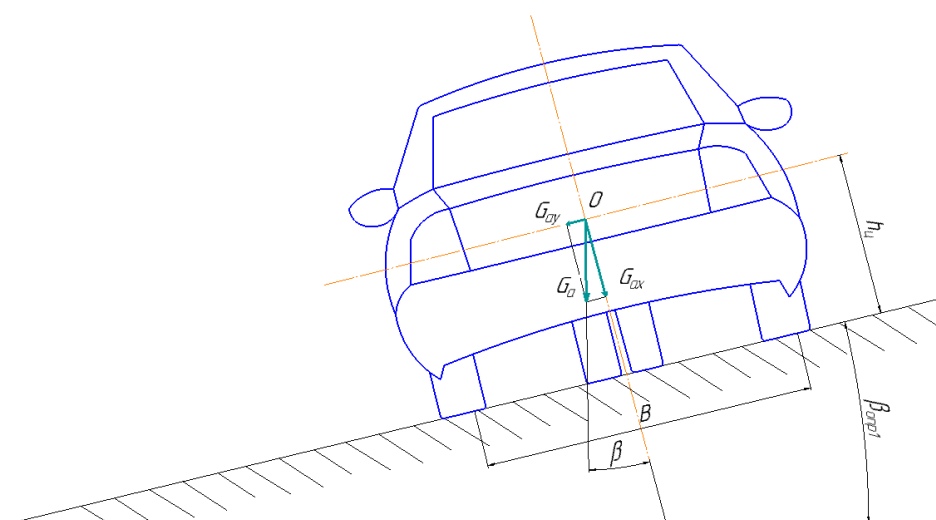


Рисунок 2 - Буксируемый автомобиль на косогоре

Максимальный (критический) угол косогора, по которому транспортное средство может двигаться прямолинейно без опрокидывания для четырехколесного транспортного средства определяется [2] как:

$$\operatorname{tg}\beta_{\text{опр}} = \frac{B}{2h_c} \quad (1)$$

где h_c – высота центра тяжести, м
 B – колея автомобиля, м

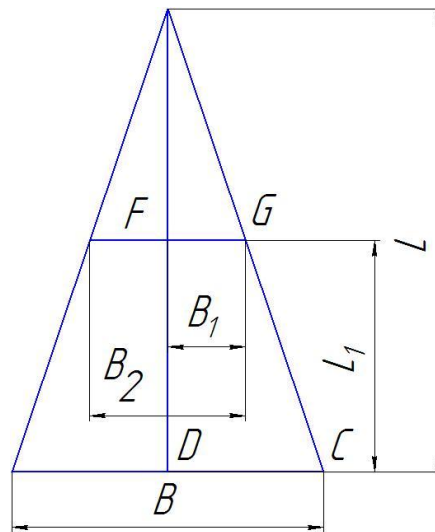


Рисунок 3 - К определению усредненной колеи трехколесного транспортного средства.

Для трехколесного транспортного средства определим усредненную колею B_1 (Рис.2), допуская, что центр тяжести находится по середине базы L транспортного средства (базы буксируемого автомобиля). Принимая, что AE – точки контакта колес с поверхностью движения, из условия подобия треугольников DEC и FEG . : $\frac{B_1}{B/2} = \frac{L_1}{L}$. B_1 определится:

$$B_1 = \frac{B \cdot L_1}{2L}, \quad (2)$$

где B – колея автомобиля;

L_1 – расстояние от центра тяжести до оси автомобиля, равное половине базы автомобиля, м;

L – база автомобиля, м

Учитывая что условная колея трехколесного транспортного средства

$$B_2 = \frac{B}{2}$$

Критический угол косогора определится из выражения:

$$tg\beta_{\text{опр}} = \frac{B}{4h_c} \quad (3)$$

Расчетные результаты углов опрокидывания по некоторым автомобилям при их буксировке на подкатной тележке представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критический угол опрокидывания буксируемого автомобиля на косогоре.

Буксируемый автомобиль (Модель)	Kia Rio:	Лада Приора	NIVA Chevrolet:	УАЗ Патриот:	Volkswagen Polo	Ford Focus
Критический угол косогора (град)	32	31	28	27	27	28

Величина максимальной критической скорости четырехколесного автомобиля на повороте по условиям опрокидывания от воздействия центробежных сил может определяться (2):

$$v_{\text{опр4}} = 8 \sqrt{\frac{B \cdot R_0 \cdot g}{h_{\text{ц}}}}, \quad (4)$$

где B – колея автомобиля, м;

R_0 – минимальный радиус поворота автомобиля, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$h_{\text{ц}}$ – высота центра тяжести, м

Для трехколесного транспортного средства с центром тяжести посередине базы буксируемого автомобиля:

$$v_{\text{опр3}} = 8 \sqrt{\frac{B \cdot R_0 \cdot g}{2 \cdot h_{\text{ц}}}}, \quad (5)$$

В таблице 2 приведены расчетные данные критической скорости по условиям опрокидывания: при буксировке по некоторым автомобилям при радиусе поворота 15 метров. На рисунке 4 представлен график зависимостей критической скорости от радиусов поворота.

Таблица 2.

Критическая скорость по условию опрокидывания буксируемого автомобиля на повороте.

Буксируемый автомобиль (Модель)	Kia Rio:	Лада Приора	NIVA Chevrolet:	УАЗ Патриот:	Volkswagen Polo	Ford Focus
Критическая скорость, км/ч при R=10м	83	81	79	72	73	75

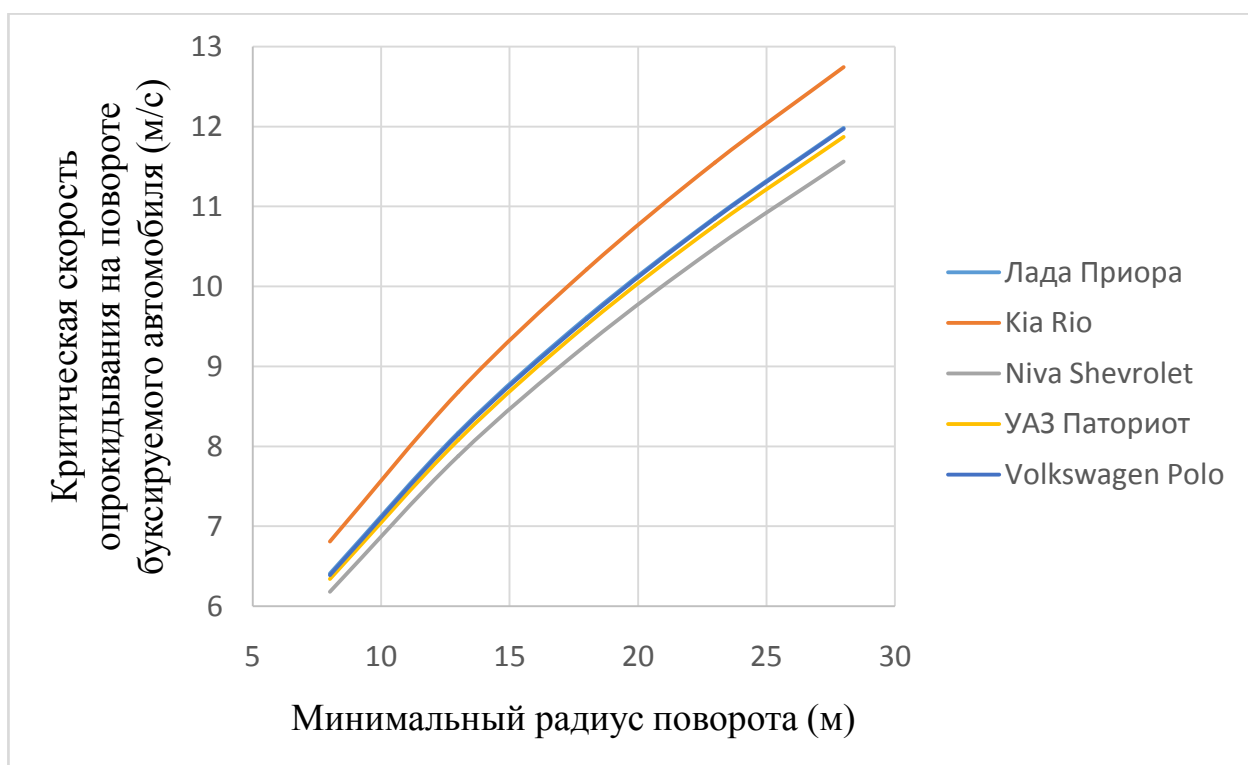


Рисунок 4 – Зависимости критической скорости буксируемого автомобиля от радиуса поворота

Опыт эксплуатации прицепных транспортных средств (автопоездов) и данные известных исследований [3] показывает, что часто поперечная горизонтальная устойчивость движения может нарушаться с повышением скорости.. На определенных скоростях движения обычно превышающих 45-

50 км/ч при строго прямолинейном движении автомобиля-тягача возникают поперечные колебания прицепа в горизонтальной плоскости. Эти колебания могут вызывать нарушение устойчивости движения и нести катастрофические последствия (например, занос прицепа), что может привести к аварии на дороге. Показателем устойчивого движения прицепов является критическая скорость за пределами которой поперечные колебания носят незатухающий характер.

Для приближенного определения критической скорости при оценке устойчивости движения двухосных прицепов доктором техн. Наук Закиным Я. Х. [3] предложена формула:

$$v_{кр} = 1,2 \sqrt{\frac{K_2 * L_2}{M_{п}}} Q \quad (6)$$

где K_2 – коэффициент сопротивления боковому уводу шин задних колес прицепа, Н/рад;

L_2 – база прицепа, м;

$M_{п}$ – масса прицепа, кг;

Q – безразмерный коэффициент, учитывающий конструктивные и геометрические параметры прицепа. Для типичных двухосных прицепов он определяется по формуле:

$$Q = \frac{4\rho^2(1+\lambda)(4+\rho)}{(2-\frac{1}{i})[\rho^2(2+\lambda)(8\lambda-\rho^2)+16\lambda]} \quad (7)$$

где: $\lambda = \frac{L_2}{L_1}$; $\rho = \frac{L_2}{r_i}$;

L_1 – длина дышла, м;

i – передаточное число рулевого привода поворотного устройства;

r_i – радиус инерции прицепа, м.

Определим радиус инерции буксируемого автомобиля, представив его, как параллелепипед:

$$r_i = 0,2882 \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad (8)$$

где: A_n – ширина прицепа, м;

B_n – длина прицепа, м

Допуская, что буксируемый автомобиль методом частичной погрузки на подкатной тележке представляет собой двухосный прицеп, воспользовавшись данными зависимостями определим критическую скорость прямолинейного движения для некоторых буксируемых автомобилей.

Таблица 3 - Критическая скорость прямолинейного движения.

Буксируемый автомобиль (Модель)	Kia Rio:	Лада Приора	NIVA Chevrolet:	УАЗ Патриот:	Volkswagen Polo	Ford Focus
Критическая скорость прямолинейного устойчивого движения, км/ч	53	54	49	51	52	50

Выводы. Конструкция одноколесной подкатной тележки для буксировки автомобиля позволяет существенно уменьшить ее габаритную ширину в сравнении с двухколесными тележками, так как ее ходовое колесо расположено в межколесном пространстве буксируемого автомобиля.

Скорректированы формулы расчета угла опрокидывания трехколесного транспортного средства на косогоре и критической скорости по опрокидыванию на повороте.

Расчетные углы опрокидывания по разным моделям автомобилей буксируемых с помощью одноколесной подкатной тележки на косогоре составили 27-32град., что сопоставимо с допустимыми статическими углами бокового опрокидывания по ГОСТ Р 52281- 2004 - Прицепы и полуприцепы автомобильные.

Расчетные значения критических значений скоростей по опрокидыванию на повороте и по устойчивости прямолинейного движения буксируемых автомобилей с использованием одноколесной подкатной тележки показывают, что значения скоростей находятся за пределами допустимой скорости при буксировке транспортных средств.

Литература.

1. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. М.: Транспорт, 1967.
2. Иванов В.В. и др. Основы теории автомобиля и трактора. –Учебн. Пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб.и доп. М., «Высшая школа» 1977.
3. Строганов Ю.Н., Попова А.И. Подкатная тележка для буксировки автомобиля методом частичной погрузки. Патент РФ № 174781,2017.