

## Экспериментальные исследования многоосной колесной машины

# 12, декабрь 2010

авторы: Гончаров К. О., Макаров В. С., Беляков В. В.

УДК 629.113

ГОУ ВПО Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е.Алексеева

### Введение

Около 90% территории России на длительный срок устойчиво покрывается снегом, на Европейском и Сибирском Севере снежный покров лежит семь месяцев, а на Крайнем Севере – 8-9 месяцев. В ряде районов среднемноголетняя максимальная высота снежного покрова достигает 1,2 м. Такая длительность, устойчивость и весьма большая глубина залегания снежного покрова является существенной особенностью климата нашей страны и оказывает большое влияние на ее экономику и образ жизни населения [1].

В условиях мощного снежного покрова проходимость и маневренность обычных колесных машин (типа  $4 \times 2$ ) является недостаточной. Поэтому актуальной задачей является разработка полноприводных автомобилей с колесными формулами  $4 \times 4$ ,  $6 \times 6$  и  $8 \times 8$ , которые способны обеспечить значительно более высокие показатели проходимости по сравнению классическими  $4 \times 2$  автомобилями.

Для исследования колесных машин и движителей при их взаимодействии с полотном пути в Нижегородской научной школе в ОНИЛВМ НГТУ создан ходовой полноразмерный макет полноприводного автомобиля ГПИ-3901.

В первом разделе работы приведено краткое описание указанного макета. Во втором разделе приводятся результаты экспериментального исследования силы сопротивления движению макета в зависимости от радиуса его поворота. В заключении сформулированы основные результаты работы.

### **1. Описание макета полноприводного автомобиля ГПИ-3901**

Макет (рисунок 1) представляет собой полноприводное колесное шасси, предназначенное для исследований проходимости и управляемости колесных машин с бортовым способом поворота [2, 3].



Рисунок 1 - Ходовой полноразмерных макет колесного шасси – ГПИ-3901

Макет ГПИ-3901 имеет регулируемую ходовую часть, позволяющую в широких пределах изменять, как колесную формулу машины (возможны

формулы  $4 \times 4$ ,  $6 \times 6$  и  $8 \times 8$ ), так и отношение  $L/B_M$  базы  $L$  к ширине колеи  $B_M$ . Возможные значения этого отношения приведены в таблице 1.

Краткая техническая характеристика полноразмерного ходового исследовательского макета колесного шасси с бортовым поворотом ГПИ-3901 приведена в приложении А.

Таблица 1 - Возможные значения колесной формулы и коэффициента базы полноразмерного ходового макета ГПИ-3901

Ширина колеи $B_M$ , мм	Колесная формула									
	8x8		6x6						4x4	
	База $L$ , мм									
	4350	3800	4350	3965	3471	3000	2900	2543	4350	3800
	Отношение $L/B_M$									
2550	1,70	1,49	1,70	1,55	1,36	1,18	1,13	0,99	1,70	1,49
2710	1,60	1,40	1,60	1,46	1,28	1,11	1,07	0,94	1,60	1,40
2940	1,47	1,28	1,47	1,34	1,18	1,02	0,98	0,86	1,47	1,28

Для обеспечения исследовательских испытаний на макете ГПИ-3901 установлены следующие приборы и оборудование:

- мерные колеса с датчиками оборотов и потенциометрическими датчиками углов их установки;
- тензометрический динамометр ДОР-10Т;
- тензометрические карданные валы привода различных бортов;
- датчики оборотов карданных валов;
- тензометрические пальцы с датчиками замера усилий в подвесках колес;
- электрические часы МЧ-62 для синхронизации записи процессов;
- тензометрические пальцы на осях подвесок колес;
- три осциллографа К-12-22;
- восемь коммутирующих устройств со стабилизаторами напряжения

для питания датчиков;

- пульт управления осциллографами с отметчиком явлений.

На рисунке 2 представлены фрагменты круглогодичных испытаний ходового макета ГПИ-3901 в условиях полигона, расположенного в пойме реки Волги. Рисунок 2а иллюстрирует движение макета по заснеженной целине; рисунок 2б – методику исследования его маневровых свойств; рисунок 2в – схему замера тяговых усилий, развиваемых макетом; рисунок 2г – изучение деформации снежного покрова под движителем.



*а*



*б*



*в*



*г*

Рисунок 2 - Фрагменты испытаний ГПИ-3901 в условиях полигона

## **2. Исследование силы сопротивления движению**

Для исследования силы сопротивления движению макета при различных радиусах поворота используются данные полученные

с тензометрических карданных валов привода различных бортов шасси. Сумма моментов на этих валах  $\sum M_{\text{к}}$  с учетом потерь в карданных шарнирах и колесных редукторах  $\eta$ , а также динамических радиусов колес  $r_{\text{д}}$  дает значение силы сопротивления движению

$$F_f = \sum M_{\text{к}} \eta r_{\text{д}}^{-1}.$$

Определение радиуса поворота  $R_{\text{пов}}$  происходило по схеме, представленной на рисунке 3. За радиус поворота принимается половина диаметра  $d$  окружности, описываемой на плоскости дороги центром отпечатков шин крайних колес забегающего борта машины.

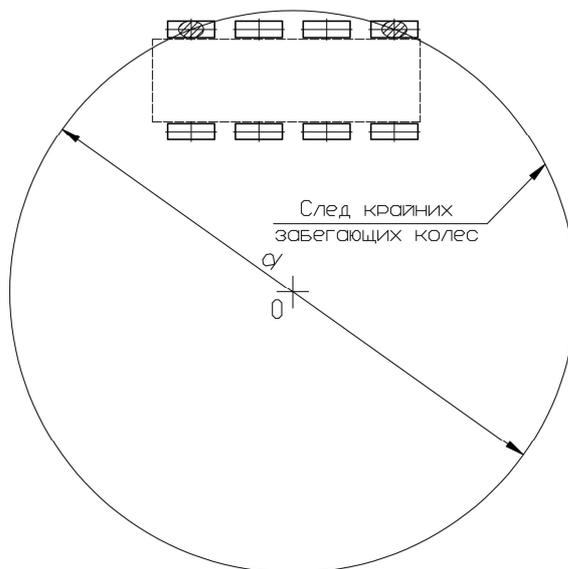


Рисунок 3 - Определение радиуса поворота макета

Некоторые результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 4 (черные кружки). Сплошной линией на рисунке показан результат аппроксимации полученных данных по методу наименьших квадратов. Приведенные результаты получены для следующих условий испытания:

- варианта макета с колесной формулой  $8 \times 8$ ;
- отношение  $L/B_M = 1,491,49$ ;

- плотность снега  $\rho=0,3 \text{ г/см}^3$ ;
- коэффициент начальной жесткости снега  $\gamma=100 \text{ кПа/м}$ ;
- коэффициент, характеризующий связность снега  $c=5,0 \text{ кПа}$ ;
- коэффициент, характеризующий внутреннее трение в снеге  $\text{tg}\varphi=0,36$ ;
- средняя глубина снега  $H_{\text{г(ср)}}=350 \text{ мм}$ .

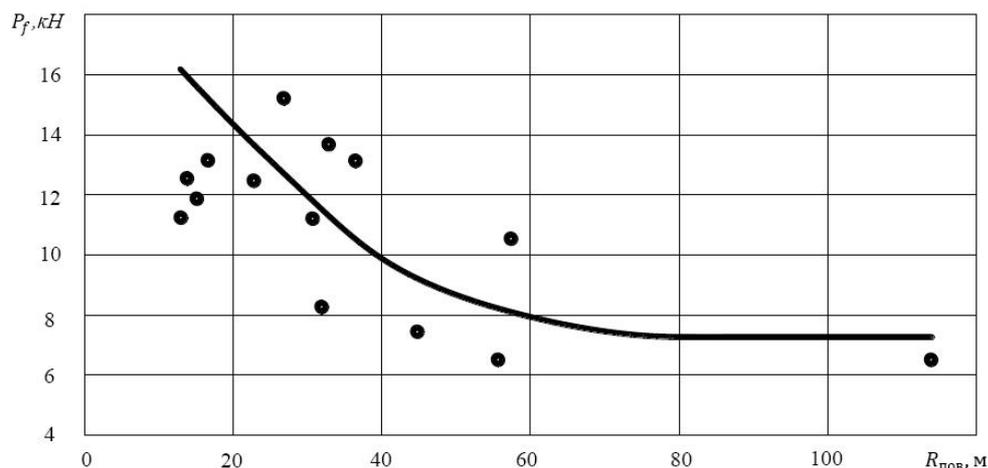


Рис. 4. Зависимость силы сопротивления движению машины ГПИ-3901

### Выводы

Анализ данных, представленных на рисунке 4 показывает, что при уменьшении радиуса поворота при движении колесной машины по снегу сопротивление движению может вырасти более чем в два раза. Данное явление связано с тем, что при повороте происходит уширение колеи и, как следствие, рост сопротивления движению от смятия снежного покрова [3, 4]. Действительно, чем меньше радиус поворота, тем интенсивнее происходит нагребание снега боковыми поверхностями колес, т.е. наблюдается значительный рост экскавационно-бульдозерного сопротивления с боковых сторон колес. Кроме того, при бортовом способе поворота увеличивается буксование забегающего борта машины, что приводит к росту экскавационно-бульдозерного сопротивления в продольном направлении движению.

Таким образом, при движении по снежной целине целесообразно совершать маневры с большими радиусами поворота. В противном случае при достаточно стабильном прямолинейном движении может машина может потерять проходимость при резком повороте.

#### **Список литературы:**

1. Донато И.О. Проходимость колесных машин по снегу. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 321 с.
2. Вездеходные транспортно-технологические машины // Под редакцией В. В. Белякова и А. П. Куляшова. – Н. Новгород.: ТАЛАМ, 2004. – 960 с.
3. Беляков В.В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных средств: Дисс. ...докт. техн. наук: 05.05.03. НГТУ, Н.Новгород, 1999. – 485 с.
4. Гончаров К.О, Макаров В.С., Беляков В.В. Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению. [Электронный ресурс] // Электрон. журн. «Наука и образование: электронное научно-техническое издание», 2010 выпуск 6 – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/145884.html>, свободный.
5. Макаров В.С., Гончаров К.О., Блохин А.Н., Беляков В.В. Влияние бульдозерных эффектов возникающих при криволинейном движении колесных машин на нагруженность элементов трансмиссии. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. №9, 2008.

## Приложение А

### Технические характеристики макета ГПИ-3901

Наименование параметра	Значения параметров и размеров
Тип машины	Колесная полноприводная с бортовым способом поворота
Колесная формула	Изменяемая: 8x8; 6x6; 4x4
Масса в снаряженном состоянии, кг	7900±100 (на колесах с шинами И-112, в варианте 8x8)
Число мест для сидения	Четыре
Масса полезной нагрузки, кг	500
Снаряженная масса, кг	8400±100
Возможная грузоподъемность, кг	1000±100
Полная масса, кг	До 9500±100
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	(6300×2920×2550)
Ширина колеи, мм	2550
Величина базы, мм	3800 – 350 (колесная формула 8x8) 2540 – 4350 (колесная формула 6x6) 1250 – 4350 (колесная формула 4x4)
Дорожный просвет, мм	450
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	63 (17,4)
Давление в шинах, кг/см <sup>3</sup>	0,5 - 2,5
Давление в пневмосистеме машины, кг/см <sup>3</sup>	7,0 - 8,0