

УДК 629.113

**Э. К. Гутиев, канд. техн. наук, Г. И. Мамити, д-р техн. наук,  
С. Х. Плиев, канд. техн. наук, А. С. Мельников, канд. техн. наук**

## **СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОЛЕСНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Предложена конструкция бортовой передачи, позволяющая существенно повысить проходимость колесной машины с шарнирно сочлененной рамой. Показаны возможности движения разработанной машины по косогору, продольному склону, преодоления различных препятствий, включая камни, высокие ступеньки, ямы, рвы и др. Машина может двигаться как в колесном, так и в шагающем режиме. Приведены расчетные схемы горного вездехода на поперечном склоне, в режиме шагания на плоскости, при движении по пересеченной местности.

Одним из существующих резервов увеличения площади сельхозугодий являются горные склоновые земли. Успешное освоение склонов невозможно без системы специально приспособленных для этого мобильных машин. Основой такой системы является горный трактор – мобильная энергетическая единица, позволяющая механизировать производственные процессы в горном земледелии.

В создании машин, конструкция которых разработана специально для горных условий, наметились два основных направления. Первое – это низкоклиренсные тракторы с широкой колеей, с четырьмя ведущими управляемыми колесами одинакового размера. Они обладают хорошей маневренностью, управляемостью, высокими тягово-динамическими качествами. Однако при работе на склоне остов такого трактора отклонен от вертикали, что вызывает ряд нежелательных явлений, принципиально неустранимых при таком варианте конструкции.

Более перспективны в этом отношении тракторы, автоматически сохраняющие вертикальность остова на склоне. Такие машины представляют собой второе направление развития горной мобильной техники. Но и у них есть недостатки, препятствующие их широкому распространению.

Из изложенного вытекает необходимость создания горного вездехода высокой проходимости, сочетающего в себе

преимущества машин обоих вышеуказанных типов, но лишенного их недостатков [1].

Вместе с тем наименее затратным считаем придание существующим мобильным машинам новых свойств, улучшающих их эксплуатационные качества в горных условиях, путем адаптации к ним специальных бортовых систем с колесными двигателями.

Создание подобного рода конструкций, позволяющих менять тип двигателя (колесный на гусеничный), известно давно. В частности, полугусеничные автомобили широко использовались во время Второй мировой войны. Однако сложность ходовой части по сравнению с колесным приводом и недостаточная проходимость и маневренность по сравнению с чисто гусеничным приводом привели к прекращению их выпуска. Затем предпринимались неоднократные попытки оснастить четырьмя короткими гусеничными двигателями серийные полноприводные автомобили. Некоторых успехов достигла фирма «Качберстон», в середине 60-х гг. разработавшая гусеничный комплект для автомобиля «Лэнд Ровер». Однако для установки комплекта требовалось 10 нормочасов, и в крупную серию конструкция не пошла. Позже, в середине 90-х гг., на рынок вышла фирма «Матрак», сумевшая создать серию легко устанавливаемых гусеничных систем прак-

тически для любой легкой полноприводной техники. Цена комплекта «Матрак» для отечественного автомобиля «Нива» – около 8000 долл. США [2].

Однако все эти приспособления предназначены для повышения проходимости мобильных машин в равнинных местностях.

Чтобы успешно работать в горных условиях, мобильная машина должна обладать рядом специфических качеств. Вместе с тем расширение возможностей оборачивается усложнением конструкции. Особые трудности вызывает совмещение всех необходимых качеств в одной машине. Поэтому задача конструкторов здесь заключается в разработке варианта, сочетающего в себе широкие функциональные возможности при относительной

простоте конструкции [1].

Нами разработана конструктивная схема мобильной машины с бортовыми поворотными передачами, которая имеет восемь колес (по два на бортовую передачу). Она может сохранять вертикальность остова как на поперечном (рис. 1, а), так и на продольном склоне (рис. 1, б); преодолевать различные препятствия, например, типа «ступенька» (рис. 1, в), причем двигаться как в колесном, так и в шагающем режиме; конструкция может использоваться в качестве портальной машины (рис. 1, г); с опорой на все восемь колес тягосцепные качества конструкции приближаются к качествам гусеничных машин, в том числе и для преодоления с ходу различных ям и рвов (рис. 1, д).

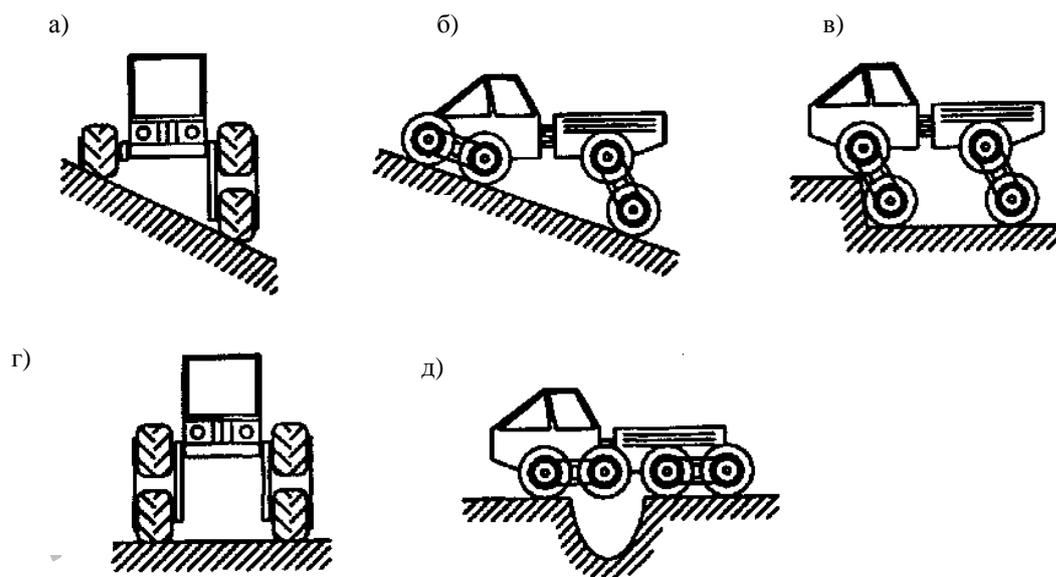


Рис. 1. Возможности движения мобильной машины с бортовыми поворотными передачами

Бортовой узел конструкции включает в себя цепную передачу (рис. 2). Одна из звездочек расположена на ведущем мосту, другая – на конце поворотного плеча бортовой передачи. В конструкцию бортовой передачи входят два колеса, расположенные соосно звездочкам цепной передачи и кинематически связанные с ними. При этом

трансмиссия машины практически не усложняется, а ее функциональные возможности выходят на качественно новый уровень [1].

Для привода поворотного механизма использована червячная передача. В таком варианте плечо бортового узла может совершать полный оборот как в прямом, так и в обратном направ-

лении, причем неограниченное количество раз. Кроме того, свойства червячной передачи позволяют не только плавно перемещать колесо, но и фиксировать его при необходимости в любом положении. К тому же фиксация под нагрузкой червячным механизмом, в отличие от гидроцилиндра, обеспечивается сколь угодно долго и при выключенном двигателе, и при износе де-

талей передачи.

В свою очередь, привод червячной передачи осуществляется гидромотором (непосредственно или через редуктор). Использование гидромотора для вращения червяка позволяет эффективно управлять бортовым узлом, а в гидросистеме такой машины можно использовать существующие автоматы стабилизации остова.

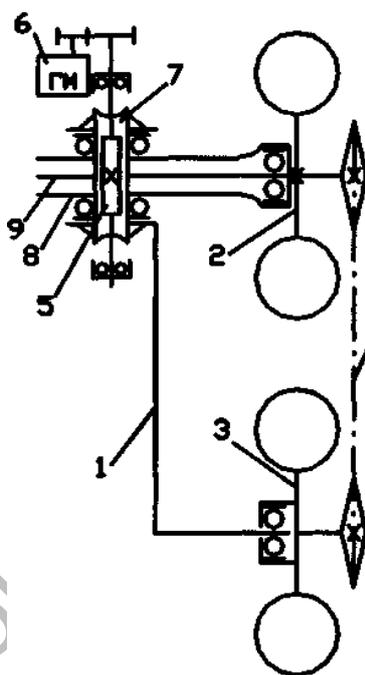


Рис. 2. Кинематическая схема разработанной бортовой поворотной передачи: 1 – поворотное плечо; 2, 3 – колеса; 4 – цепная передача; 5 – червяк; 6 – гидромотор; 7 – червячное колесо; 8 – кожух ведущего моста; 9 – полуось

По своим функциональным возможностям мобильная машина с бортовыми поворотными передачами является универсальным горным вездеходом. Представленная конструкция имеет еще одно преимущество. Как видно из рисунков, с бортового узла можно снять оба колеса с цепной передачей и установить вместо них гусеничную цепь со звездочками. Получится мобильная машина на гусеничном ходу. Таким образом, горный вездеход позволяет использовать на нем тот тип движителя, который лучше подходит к условиям эксплуатации в данный момент. Это каче-

ство делает машину еще более универсальной.

Горный вездеход с бортовыми поворотными передачами имеет ряд конструктивных особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании. Шарнирно сочлененная рама и наличие четырех подвижных узлов обуславливают взаимозависимости геометрических параметров, которых нет у других машин. Авторами были исследованы эти взаимосвязи, что позволило выработать конкретные рекомендации для специалистов, занимающихся разработкой горных вездеходов с борто-

выми поворотными передачами [3].

Например, максимальный угол склона, на котором вездеход сохраняет вертикальность остова (рис. 3), зависит от соотношения ширины колеи мобильной машины  $B$  и длины плеча бортовой передачи  $l$  (расстояния между центрами ее колес). Зависимость при этом достаточно простая:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{l}{B}.$$

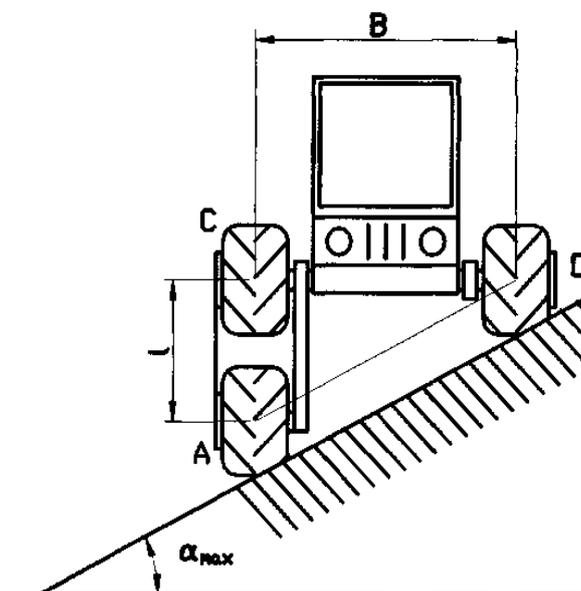


Рис. 3. Расчетная схема горного вездехода на поперечном склоне

Дело в том, что на значения угла  $\alpha_{\max}$  можно влиять изменением длины плеча бортовой передачи. При этом чем больше значение, тем больше реактивный изгибающий момент, действующий на бортовой узел (передачу). При слишком большой длине плеча бортовой передачи детали будут излишне массивными, чтобы обеспечить необходимую прочность. Поэтому горный вездеход необходимо проектировать таким образом, чтобы он сохранял вертикальность остова только на склонах, доступных ему по условиям сцепления шин с опорной поверхностью.

Однако максимальный угол склона ограничивается еще и по условиям сцепления шин с опорной поверхностью:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \varphi_{\text{сц}}.$$

При проектировании необходимо объединить обе зависимости, чтобы обеспечить функциональность машины и избежать ее чрезмерной металлоемкости.

Способность перемещать колеса относительно корпуса позволяет горному вездеходу использовать разнообразные способы движения. Так как в ряде случаев корпус машины поднимается над опорной поверхностью, то для сохранения ее устойчивости необходимо соответствующим образом подобрать параметры конструкции.

На рис. 4 изображен горный вездеход в режиме «шагания». На схеме обозначены:  $L$  – база мобильной машины;  $a$  и  $b$  – расстояния от центра масс до передней и задней осей соответственно;  $l$  – длина поворотного плеча бортовой передачи;  $G$  – сила тяжести;  $Z_1$  и  $Z_2$  –

вертикальные составляющие реакций опорной поверхности.

Очевидно, что для сохранения устойчивости необходимо соблюсти условие  $a > 1$ . В противном случае машина опрокинется. Соответственно для движения в обратном направлении – условие сохранения устойчивости  $b > 1$ . В общем случае для сохранения устойчивости вездехода с бортовыми поворотными передачами в режиме «шагания» определяющими факторами являются

длина базы  $L$ , длина поворотного плеча  $l$  и координаты расположения центра масс машины. Для схемы на рис. 4 можно записать

$$L = 2l + \Delta L,$$

где  $\Delta L$  – приращение длины базы, необходимое для обеспечения равновесия.

При этом обязательным условием является расположение центра масс машины внутри отрезка  $\Delta L$ .

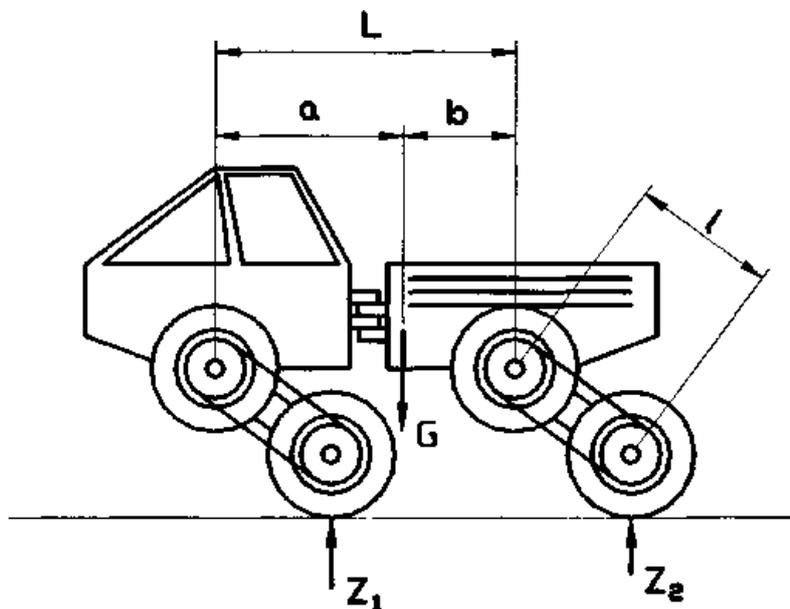


Рис. 4. Горный вездеход в режиме «шагания»

Для рассматриваемой конструкции вариантом, обеспечивающим лучшую устойчивость, является случай, когда центр масс находится строго посередине базы  $L$ , т. е. когда  $a = b = L/2$ . Однако в реальных условиях добиться этого трудно. Компонировка машины и процесс ее эксплуатации приводят к смещению центра масс либо вперед, либо назад по ходу движения. Для компенсации этих отклонений необходимо увеличить расстояние  $\Delta L$ . Конкретное значение этой величины определяется с учетом общей массы машины, ее компоновки, особенности условий, в которых она будет эксплуатироваться.

При движении горного вездехода по

пересеченной местности для сохранения вертикального положения его остова плечи бортовых передач поворачиваются на определенные углы. Эти углы зависят от крутизны склона и ориентации на нем мобильной машины. Нами установлены существующие зависимости для указанных углов.

Сначала был рассмотрен частный случай – горный вездеход расположен строго поперек склона, а плечи верхних по склону бортовых передач горизонтальны (рис. 5).

Для наглядности отображения углов схема была максимально упрощена (рис. 6).

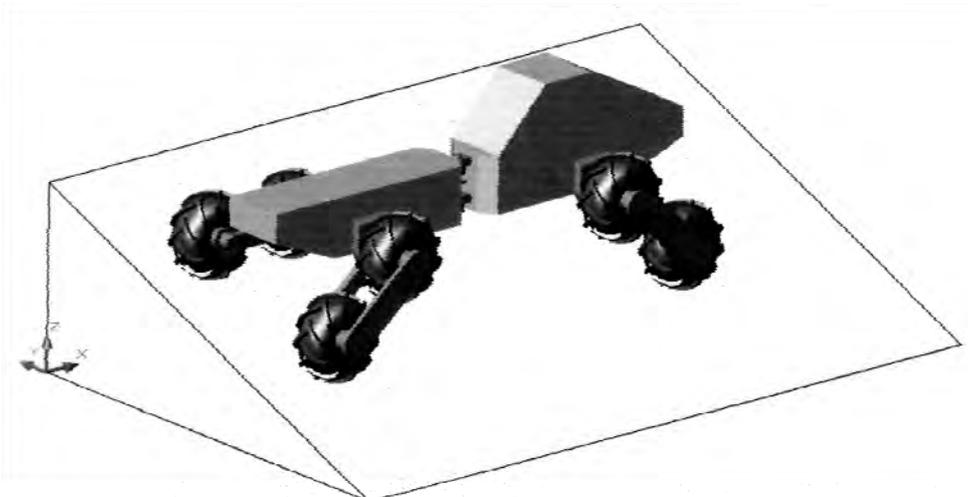


Рис. 5. Горный вездеход на поперечном склоне

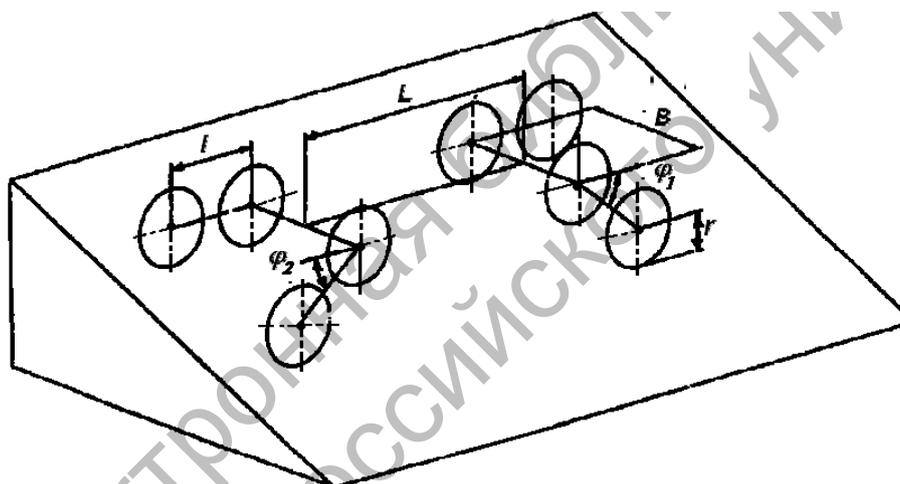


Рис. 6. Расчетная схема горного вездехода на поперечном склоне

Так как расположение полурам конструкции симметрично, а их соответствующие размеры одинаковы, то в данном случае достаточно рассмотреть одну из них. На рис. 7 показана полурама горного вездехода на склоне, поверхность которого условно показана плоскостью  $Q$ , составляющей с горизонтальной плоскостью  $b$  угол  $\alpha$ . Путем несложных геометрических построений и математических преобразований можно определить угол  $\varphi_1$ , на который необходимо повернуть поворотное плечо нижней по склону бортовой передачи, чтобы остов вездехода сохранил вертикальность:

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{B \operatorname{tg} \alpha}{l}.$$

Угол  $\varphi_2$  для верхней по склону бортовой передачи равен нулю, т. к. ее поворотное плечо (отрезок CD) расположено горизонтально.

В общем случае горный вездеход произвольно ориентирован на склоне крутизной  $\alpha$  (рис. 8). Пусть угол между горизонтальными проекциями оси ведущего моста машины и направления склона составляет  $\beta$ . Тогда для определения углов поворота плеч бортовых

передач необходимо найти дополнительные углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Для этого можно

воспользоваться соответствующей схемой (рис. 9).

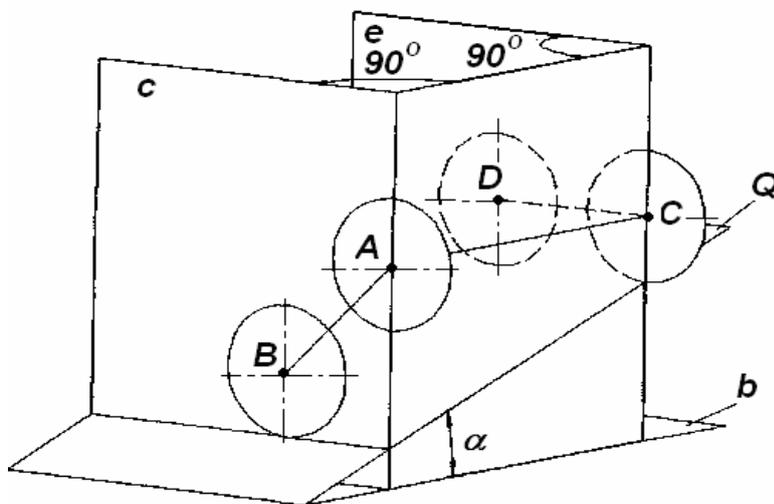


Рис. 7. Одна из полурам вездехода на поперечном склоне

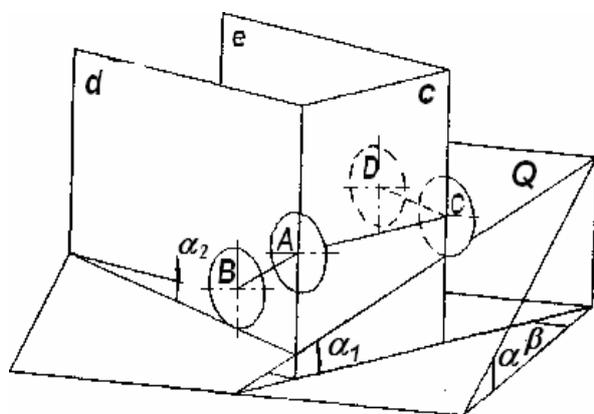


Рис. 8. Полурама горного вездехода

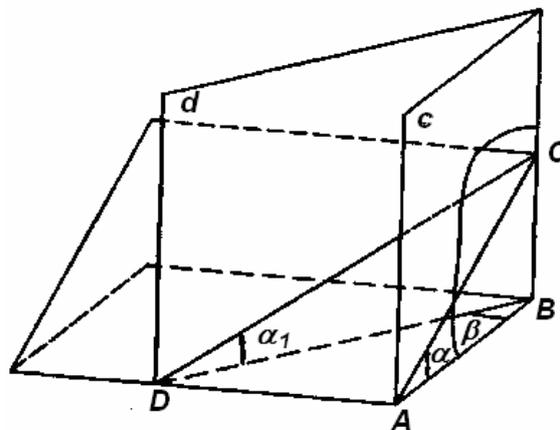


Рис. 9. Схема к определению углов на косогоре  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha \cos \beta;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha \cos \left( \beta - \frac{\pi}{2} \right) = \operatorname{tg} \alpha \sin \beta.$$

Зная углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , можно определить углы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ :

$$\varphi_1 = \arcsin \left( \frac{B}{l} \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \alpha_2 \right) - \alpha_1;$$

$$\varphi_2 = \alpha_2.$$

В рассмотренных примерах полурамы конструкции были расположены вдоль одной прямой. Однако определение углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  для каждой из них отдельно позволяет свести более сложные

случаи, в том числе поворот горного вездехода на склоне, к рассмотренным выше простым вариантам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гутиев, Э. К.** Увеличение проходимости вездехода применением бортовой поворотной пере-

дачи : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М. : 2005. – 17 с.

2. **Савилов, Е. В.** Гусеница вместо колеса / Е. В. Савилов // Журнал автомобильных инженеров. – 2006. – № 1. – С. 12–13.

3. **Мамити, Г. И.** Бортовая поворотная передача АТС с колесным шагающим движителем / Г. И. Мамити, Э. К. Гутиев // Автомобильная промышленность. – 2001. – № 9. – С. 18–19.

Горский государственный аграрный университет  
Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 02.02.2009

**E. K. Gutiev, G. I. Mamiti,  
S. H. Pliev, A. S. Melnikov  
Special wheeled machines for  
development mountain areas**

Construction of a hub drive which allows substantially increase cross-country ability of wheeled vehicles with an articulated frame is given in the article. Possibilities of motion of the developed machine on a hillside, longitudinal slope, passing stones, high stages, pits and ditches are shown in the paper. The machine can move both in the wheeled and in stepping mode. The calculation charts of mountain cross – country vehicle on a transversal slope in the mode of stepping on a plane and motion on a cross – country are given in the article.