

Казахский Университет Путей Сообщения

УДК 629.032

На правах рукописи

НИЯЗОВА ЖАНСАЯ КУАНЫШЕВНА

**Исследование движителей транспортных средств и разработка
рациональной их конструкции на примере инвалидной коляски**

6D071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты
доктор технических наук,
профессор
А. Кайнарбеков

доктор технических наук,
профессор,
А.А. Асанов
(Бишкек)

Республика Казахстан
Алматы 2021

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ОБОЗНАЧЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И О ПРОБЛЕМАХ НАДЗЕМНОГО БЕЗДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	12
1.1 Литературно-патентный обзор.....	12
1.1.1 Обзор по рычажно-шагающим механизмам.....	12
1.1.2 Обзор по шагающим колесам.....	20
1.1.3 Выбор направления поисковой работы.....	26
1.2 Ученые и специалисты о проблемах бездорожного транспорта.....	27
Выводы по первому разделу.....	37
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ И КОЛЕСНО-ШАГАЮЩИХ ДВИЖИТЕЛЕЙ.....	38
2.1 Методика оценки сравнения проходимости колес шагающих машин на примере коляски в условиях бездорожья.....	38
2.2 Устойчивость шагающих колясок.....	43
2.3 Общая методика оценки проходимости.....	46
2.4 Взаимодействия колеса с неровностями дороги.....	52
2.5 Шагающее колесо на спицах.....	54
2.6 Динамический синтез схемы шагающего колеса коляски с упругими спицами.....	57
2.7 Выводы по второму разделу.....	62
3 БЕЗДОРОЖНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО В ВИДЕ КОЛЯСКИ.....	65
3.1 Шагающие грузовые тележки.....	65
3.2 Транспортные средства для передвижения по лестничным маршам и их принцип работы.....	66
3.3 Перспективная конструктивная схема колесно-шагающего двигателя коляски.....	69
3.4 Методика расчетов основных параметров коляски.....	71
3.5 Рекомендации для практического выполнения конструкции инвалидной коляски.....	74
3.6 Инвалидная коляска с ручным управлением.....	76
3.7 Техническое предложение на разработку конструкции коляски....	78
3.8 Устройство и методика расчета основных параметров коляски.....	78
Выводы по третьему разделу.....	80
4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКИ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПО ЛЕСТНИЧНЫМ МАРШАМ	82
4.1 Технические предложения на разработку конструкций двигателя инвалидной коляски.....	82

4.2	Проверка достоверности расчетов в лабораторных установках....	86
4.3	Технические условия для разработки конструкции шагающего колеса с упругими спицами.....	89
4.4	Сравнительные технико-экономические показатели.....	92
4.5	Выводы по четвертому разделу.....	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....		100
ПРИЛОЖЕНИЕ 1: Акт о внедрении А.....		103
	Акт о внедрении Б.....,	104
	Акт о внедрении В.....	105

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

Транспорт Республики Казахстан: статистический отчет.

Технические условия погрузки и крепления грузов.

Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС).

ГОСТ 21393-75. Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы измерений.

ГОСТ 27782-88. Машиностроения материалоемкость изделий. Определения и термины.

ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения.

ГОСТ 26955-86. Мобильная техника для сельского хозяйства. Нормативы движителей для воздействия на почву.

ГОСТ 7.32-2001. Структура и правила оформления отчета о научно-исследовательской работе. (изменения от 2006 г.).

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Наибольший угол подъёма – на котором машина может работать без опрокидывания, называется предельным углом наклона α_{np} .

Колесо шагающее – новая конструкция колеса оснащенное спицами взамен диска с ободом.

Бедренное и голенное звенья – расчлененные элементы спицы, которые призваны устранять вертикальное колебание ступицы при движении с помощью спиц.

Шаг шагающего колеса – расстояние между опорными точками расположенных рядом двух спиц.

Грузоподъемность – наибольшая масса груза, на которую рассчитана его конструкция.

Конструкция – взаимное расположение частей сооружения, объекта, устройства, машины, прибора и др.

Мощность – работа, производимая за единицу времени.

Перевозки – пространственное перемещение на транспорте пассажиров и/или грузов (грузовые, контейнерные, пакетные, пассажирские и др.).

Технические условия – комплекс технических требований к изготовлению, контролю, испытаниям, хранению, транспортировке изделия и его составных частей, соблюдение которых позволяет получить изделие заданного качества.

Тормоз – это устройство, с помощью которого создается сопротивление движению, необходимое для остановки или регулирования скорости.

Устойчивость – способность конструкции или сооружения сохранять заданное состояние равновесия, стабильность под воздействием приложенных нагрузок.

Устройство – конструктивно законченная (завершенная) техническая система, имеющая определенное назначение.

Колёсный движитель – тип движителя, разновидностью которого является гребное колесо, состоящее из ряда лопастей, размещённых по окружности и шарнирно связанных с эксцентриком при помощи тяг.

Проходимость – способность передвигаться по дорогам низкого качества надземных транспортных средств вне дороги, и преодолевать искусственные и естественные препятствия без привлечения дополнительных средств.

Буксование – проскальзывание ведущих колёс (транспортных средств) при попытке разгона из-за утраты их сцепления с поверхностью дороги. При пробуксовке колёса «вращаются, скользят, но не двигаясь с места», и поступательное перемещение транспортного оказывается меньше, чем в отсутствии проскальзывания, или отсутствует вообще.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ОДА	– опорно-двигательный аппарат
ШК	– шагающее колесо
m	– масса колеса
j	– ускорение
j_k	– момент инерции колеса
ППВ	– потеря проходимости за счет вибраций
ППК	– потеря проходимости за счет колебаний
T	– период периодической функции
$f(t)$	– неслучайная, периодическая функция
$S(\omega)$	– функция спектральной плотности
s_D	– действительная длина пути по неровному профилю
s_T	– эталонная длина пути без рельефа (гладкого грунта)
h	– величина вертикальной деформации.
p_{yd}	– удельное сопротивление грунта
n_D	– действительное число оборотов колеса при прохождении эталонного отрезка пути по грунту
n_T	– теоретическое число оборотов колеса при прохождении эталонного отрезка без скольжения
f	– коэффициент трения обода колеса о рассматриваемый грунт
r/G_{yd}	– параметрический множитель
P_K	– окружная крутящая сила
T_0	– первоначальная кинетическая энергия колеса.
T_1	– кинетическая энергия колеса в конце первого этапа
V_0, V_1	– скорость центра колеса в начале и в конце первого этапа
ω_0, ω_1	– угловая скорость вращения колеса в начале и в конце удара
M	– масса движителя, приходящаяся на одну ось
m	– масса колеса
$J-mr^2$	– момент инерции колеса
H	– высота профиля шины
p_0	– составляющая давления в контакте от жесткости (упругости)
k_1	– коэффициент, учитывающий искажение формы деформированного профиля из-за неодинаковой толщины протектора
k_n	– коэффициент насыщенности протектора
E_p	– модуль деформации резины
S	– длина шага
$R (м)$	– длина спицы
$G (Н)$	– вес, падающий на ось колеса
60°	– угол между спицами
H	– высота просвета (высота от поверхность дороги до центра ступицы)
δ	– максимальная величина отклонения от прямолинейной траектории центра ступицы
h	– высота падения пятки наступающей спицы

r	– радиус колеса в м ($0,5\text{ м}$)
$t_{\text{шр}}=t_{\text{кр}}$	– длина шагов в шагающем и колесном режимах
G	– вес, падающий на одиночное колесо ($G=2000\text{ Н}$)
S	– длина пройденный пути за один оборот колеса
$2\pi r$	– длина обода колеса
$L_{\text{раб}}$	– рабочая длина пружины
d	– диаметр проволоки и материала пружины

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В данной работе изложены результаты многолетних целенаправленных исследований проблемы повышения проходимости наземных транспортных средств в условиях бездорожья.

Транспортные средства сегодня используются для выполнения самых различных видов работ, связанных с жизнедеятельностью человека. Это магистральные перевозки людей и грузов, внутрипроизводственные и внутригородские перевозки, карьерные перевозки, перевозки различных сельскохозяйственных грузов, а также транспортные средства используются для выполнения нестандартных видов работ, связанных с чрезвычайными ситуациями, спецработами в оборонной промышленности и в условиях геолога разведывательных работ. Кроме того, транспортные средства используются для перевозки бытовых грузов, детей и инвалидов по лестничным маршам жилых зданий.

Во всех указанных случаях используются транспортные средства, оснащенные круглыми колесами. Разумеется, во всех случаях колесо не может вести себя одинаково. В одних случаях со своей задачей оно справляется хорошо, в другом случае справляется с трудом, а в третьем случае вовсе не справляется.

Важное значение имеет создание новой конструкции шагающего движителя для инвалидной коляски, в который остро нуждаются люди с ограниченной возможностью для передвижения по лестничным маршам и другими препятствиями.

Сегодня нужно искать что-то новое или отыскать его модернизации для различных ситуаций нашей сегодняшней жизни.

В работе [1] говорится, что в результате многолетних анализов и исследований получены данные о путях модернизации пневмоколеса для различных условий дороги. В частности, для транспортных средств, предназначенных для работы в условиях бездорожья. В патентном фонде также имеются работы по созданию модификации пневмоколеса для повышения проходимости транспортных средств для различных случаев бездорожья.

Проблема проходимости транспортных средств анализируется в работах [2-4] где подтверждается необходимость модификации пневмоколеса. Модернизация пневмоколеса с целью уменьшения энергозатрат на передвижение транспортных средств как по асфальтированной дороге, так и по бездорожью и одновременного повышения их проходимости является насущной потребностью сегодняшнего дня.

В данное время выше названные трудности пока еще не решены. В работах ученых, материалах научной литературы и в Республиканском патентном фонде недостаточном уровне материалы для создания конструкции движителя, который преодолевал сложные препятствия при движениях, например, подъем и опускание по лестничным маршам.

Предлагаемая диссертационная работа предназначена для ученых,

инженер-конструкторам и тем, кто хочет внести свой вклад по созданию и разработке инвалидной коляски, в связи с этим **тема диссертационной работы является актуальной.**

Цель работы – разработка новой кинематико-конструктивную схему шагающего движителя, для инвалидной коляски который может передвигаться по лестничным маршам и определение его основных параметров.

Задачи исследования. В связи с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- на основе изучения и анализа проблем проходимости колёсных и колесно шагающих машин разработать новую методику оценки проходимости кинематико-конструктивных различных схем колёс в условиях бездорожья;
- разработать новую кинематико-конструктивную схему колёсно-шагающего устройства для инвалидной коляски;
- разработать методы синтеза и анализа, колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя для коляски, позволяющие определить основные его параметры при конструировании;
- разработать новую конструкцию колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя для инвалидной коляски
- изготовить демонстрационный макет коляски с колёсно-шагающим устройством.

Личный вклад автора:

- получения уравнения для расчёта энергетических характеристик шагающих колёсных движителей, с проведением сравнительной оценки различными параметрами движителей;
- создание и применение методики исследования шагающих движителей в лабораторных условиях с учётом физико-механических свойств опорной поверхности.

Внутреннее единства. Диссертационная работа обладать внутренним единством, все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны, основные научные положения, полученные результаты и рекомендации соответствует поставленным в диссертации целям и задачам.

Предложенные новые решения в теоретическом обосновании взаимодействия лестничного марша с шагающим движителем и в разработка новой конструкции шагающего колеса для передвижения по лестницам аргументированы.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- анализ исследований, о проблемах наземного бездорожного транспорта;
- теоретический анализ проходимости колесных и колесно-шагающих движителей;
- анализ исследований взаимодействия колёсно-шагающих движителей с опорными поверхностями;
- разработано устройство и принцип работы новых движителей для передвижения по лестничным маршам;

– разработано технические условия на разработку конструкции и технико-экономические показатели.

Научная новизна работы. Научной новизной диссертационной работы являются:

– разработка новой кинематико-конструктивной схемы колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя, позволяющего улучшить проходимость инвалидной коляски;

– на основе систематизации принципов структурного образования, колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя разработана научно-обоснованная методика структурного и метрического синтеза рациональных конструкций опорно-двигательного аппарата шагающих машин;

– разработка методики количественной оценки проходимости колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя для различных конструкций;

– разработка методики сравнительного анализа, колёсно-шагающего и колесного шагающего движителя для инвалидной коляски.

Достоверность научных результатов достигается корректным использованием на основе математического моделирования основных положений теории машин и механизмов и экспериментальными исследованиями опытно-экспериментальных образцов инвалидной коляски с шагающими движителями и практически проверены на действующем макете.

Методы исследований. Использованы методы классической механики системы твердых тел и теории механизмов и машин, а также использованы методы кинематического и динамического анализа движителей надземных транспортных средств.

Практическая значимость. Результаты теоретических исследований сведены в алгоритмическом виде в общую методику определения основных параметров колёсно-шагающего движителя для инвалидной коляски при проектировании его конструкции.

Для более наглядного представления конструкций предлагаемого колесно-шагающего движителя изготовлен действующий макет конструктивного приближения в виде коляски, способной передвигаться по лестничным маршам зданий с маневрированием на лестничных площадках как ручным, так и электрическим приводом.

Все эти материалы могут быть использованы при создании новых шагающих движителей для инвалидной коляски для решения производственно-социологических проблем.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждались и докладывались на

– международной научно-практической конференции «Conduct of Modern Science-2018» (Шеффилд, 2018 – 30 ноября – 7 декабря);

– международной научно-практической конференции «Vedecky Prumysl Evropskeho Kontinentu-2018» (Прага, 2018 – 22-30 ноября);

– международной научно-практической конференции «DNY VEDY-2019 (Прага, 2019 – 22-31 марта);

– научных семинарах кафедры «Транспортная техника, машиностроение и стандартизация» Казахского университета путей сообщения и рекомендованы для выпуска учебного пособия обучающимся по образовательной программе «Транспортная техника и технологии» и преподавателей ВУЗа.

Публикации. По результатам исследования опубликованы 19 научных статей, при этом 10 статей в журналах, рекомендованных уполномоченным органом, 3 в материалах Международной конференций, 4 статьи в журналах базы данных Скопус(Scopus), 2 в других научных изданиях.

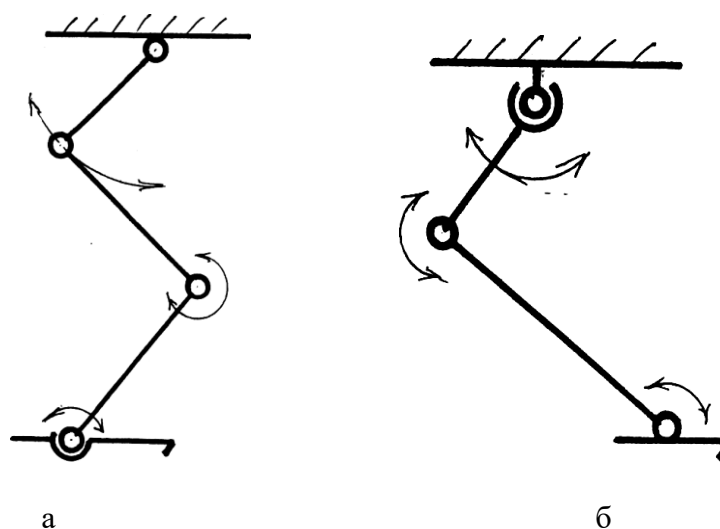
Структура и объём диссертации. Диссертация работа включает в себя титульный лист, содержание, нормативные ссылки, определения, обозначения и сокращения, введение, четыре раздела, заключение, список использованных источников 37 наименований, приложение, содержит 105 страницы, 44 рисунка, 4 таблицы.

1 АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И О ПРОБЛЕМАХ НАДЗЕМНОГО БЕЗДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

1.1 Литературно-патентный обзор

1.1.1 Обзор по рычажно-шагающим механизмам

В патентных фондах развитых стран мира имеются много изобретений, которые прямо или косвенно связаны с созданием шагающих транспортных средств. Многие из них выполнены из рычажных механизмов. Рычажные устройства в одних случаях использованы как антропоморфные механизмы для выполнения основной синергии движения опорно-двигательных аппаратов транспортных средств [1, с. 17; 4, с. 45] или роботов, у которых все сочленения управляются как скелеты живых организмов в природе (рисунок 1.1).



а – рычажный механизм; б – опорно-двигательный аппарат

Рисунок 1.1 – Антропоморфные механизмы

Другие выполнены из рычажных механизмов с одной степенью подвижности для осуществления движений опорно-двигательных органов машины в пространственных и плоских исполнениях, показанных на рисунке 1.2. По принципу работы схем этих механизмов передаточные звенья совершают возвратные движения, поэтому они при больших скоростях подвергаются действию неуравновешенных сил инерции [1, с. 23; 4, с. 33; 5]. Следовательно, как правило, они работают в тихоходном режиме, т.е. не развивают большую скорость.

Кроме того, ввиду особенностей анатомии этих механизмов, вторым недостатком является большое передаточное число механизма. Отношение длины рабочего хода исполнительного звена за один шаг механизма, как правило, как обычно от 3 до 6. Следовательно, передача движения от привода к опорным ногам происходит с увеличением, т.е. во столько же раз увеличивается сопротивление, передаваемое от ног к приводам.

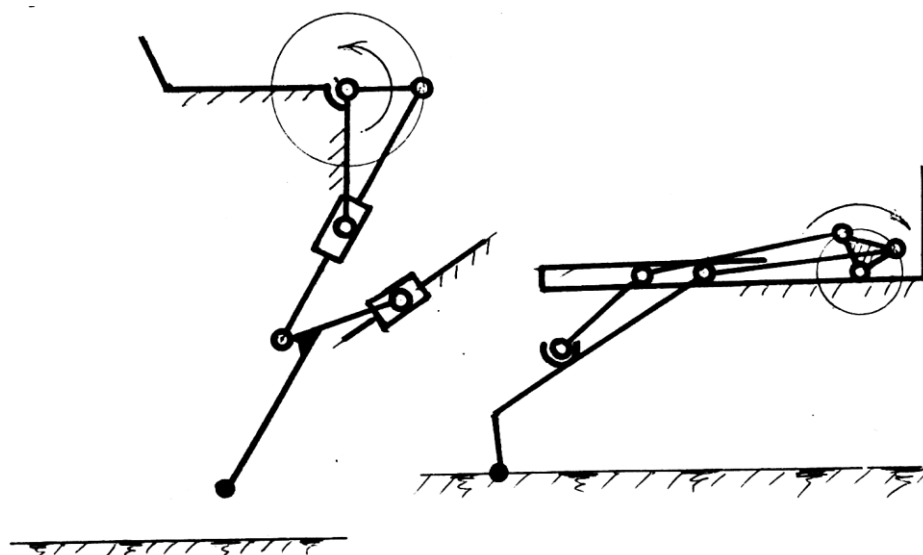


Рисунок 1.2 – Одноподвижные механизмы

Стало быть, грузоподъемность рычажных опорно-двигательных аппаратов низкая. Эти недостатки указывают на низкую энергоемкость механизмов, а т.к. они связаны с их анатомией то устранить их невозможно. Произведение приведенной силы сопротивления и скорости движения вала привода равняется необходимой мощности двигателя транспортных средств:

$$\bar{V} \cdot \bar{P}_c = \bar{N}$$

Мощность N определяемая этой формулой является основной характеристикой механизма опорно-двигательных аппаратов.

Ниже приведены рычажные шагающие устройства, рекомендованные для транспортных средств из патентного фонда:

(PN) RU 02009937 C1 19940330.

(ND) MIMOSA RFD 1994_95.

(AN) 5003649/11 19910701.

(ICAI) B62D 57/032 (2006.01).

(PA) Богатырев Виктор Сергеевич.

Нечай-Ницевич Владимир Иванович.

(INV) Богатырев Виктор Сергеевич.

Нечай-Ницевич Владимир Иванович.

(PE) Богатырев Виктор Сергеевич.

Нечай-Ницевич Владимир Иванович.

(TI) ШАГАЮЩЕЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

(ABR) Изобретение входит к надземным транспортным средствам с шагающими движителями. Шагающее транспортное средство. (19) RU (11) 2009937 C1 1994 Шагающее транспортное средство В.С. Богатырева, В.И. Нечайничева содержит корпус, по бортам которого на приводных осях установлены кулачки, контактирующие с вертикальными направляющими, кулачки, контактирующие с нижней горизонтальной направляющей, и кулачки,

контактирующие с верхней горизонтальной направляющей. Расстояние между рабочими поверхностями каждой пары противоположных кулачков выполнено одинаково. Все направляющие жестко прикреплены к опоре:

(PN) RU 02094285 C1 19971027.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 95114142/11 19950809.

(ICAI) B62D 57/02 (2006.01).

B62M 27/02 (2006.01).

(PA) Митрофанов Александр Андреевич.

Темичев Евгений Петрович.

(INV) Митрофанов Александр Андреевич.

Темичев Евгений Петрович.

(PE) Митрофанов Александр Андреевич.

Темичев Евгений Петрович.

(TI) СНЕГОХОДНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

(ABR) Использование: изобретение относится к транспортным средствам, предназначенным для движения по заснеженным поверхностям. Сущность изобретения: изобретено снегоходное транспортное средство, у которого часть лыж установлена на раме неподвижно, а часть на каретках, перемещающихся в продольных направляющих, выполненных на боковых сторонах рамы, механизм привода перемещения кареток выполнен в виде эксцентрикового механизма преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное:

(PN) RU 02095269 C1 19971110.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 93036201/11 19930713.

(ICAI) B62D 57/032 (2006.01).

(PA) Червяков Борис Константинович.

(INV) Червяков Борис Константинович.

(PE) Червяков Борис Константинович.

(TI) ШАГАЮЩИЙ ДВИЖИТЕЛЬ.

(ABR) Использование: изобретение относится к шагающим транспортным средствам и, в частности, к их опорам, выполненным в виде бедра и сочлененной с ним голени. Сущность: заключается в том, что бедро, глень и стопа шагающей опоры выполнены в виде шарнирных четырехзвенников, связанных между собой через общие звенья, а опора снабжена механизмом регулирования положения стопы в процессе движения:

(PN) RU 94009236 A1 19960827.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94009236/11 19940318.

(ICAI) B62D 57/032 (1995.01).

(PA) Государственный проектный институт «Союзпроектверфь».

(INV) Фавстов Л.Я., Шишкин Н.М., Чеклецов Н.А.

(TI) СПОСОБ БЕЗРЕЛЬСОВОЙ ШАГОВОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(ABR) Способ включает продольное рабочее перемещение груза на поднятой основной опоре при опирании на вспомогательную опору, опускание основной опоры и подъем вспомогательной опоры, затем холостое перемещение вспомогательной опоры, а перед изменением направления перемещения груза, согласно изобретению, производят холостое перемещение вспомогательной опоры или рабочее перемещение основной опоры до совмещения их вертикальных осей. Дальнейшее перемещение груза производят в той же последовательности. Устройство для осуществления предлагаемого способа содержит основную опору с гидродомкратом, охватывающую вспомогательную опору, установленную с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости, и включающие механизмы перемещения и подъема. Согласно изобретению, вспомогательная опора оснащена катками, установленными в направляющих, смонтированных в рамке, имеющей также катки, установленные перпендикулярно каткам вспомогательной опоры в направляющих, закрепленных на основной опоре. Механизм перемещения основной и вспомогательной опор устройства выполнен в виде размещенных во вспомогательной опоре горизонтальных гидроцилиндров числом не менее четырех, расположенных попарно и перпендикулярно друг другу с возможностью контакта с основной опорой. Основным техническим результатом при осуществлении изобретения заключается в исключении операции поворота ненагруженной вспомогательной опоры при изменении направления перемещения груза, что обеспечивает сокращение времени перемещения груза:

(PN) RU 94022032 A1 19961220.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94022032/11 19940616.

(ICAI)B62D 57/02 (1995.01).

(PA) Петров А.А., Коровицын Л.Ф., Орлов А.А., Петрова Л.В.

(INV) Петров А.А., Коровицын Л.Ф., Орлов А.А., Петрова Л.В.

(TI) ШАГАЮЩИЙ ВЕЗДЕХОД.

(ABR) Изобретение в состав к хорошо проходимым шагающим надземным транспортным средствам, работы и для передвижения на непроходимых местах. Каждый грунтозацеп шагающего вездехода жестко закреплен на передних концах двух рычагов, шарнирно соединенных с соответствующей лыжей, при этом один из которых имеет свободный качающийся конец с прикрепленной к нему с возможностью перемещения в вертикальной плоскости подпружиненной балкой. В плоскости разъема балки выполнен продольный прямоугольный паз, внутри которого установлен ролик с возможностью свободного вращения на приводном валу.

(71) Заявитель(и): Институт проблем механики РАН

(72) Автор(ы): Градецкий В.Г., Калинин С.В., Шокин А.И., Соловьев И.Л., Кравчук Л.Н., Самохвалов Г.В.

(73) Патентообладатель(и) Институт проблем механики РАН

(54) ШАГАЮЩИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ МЕХАНИЗМ

Шагающий транспортный механизм, содержащий несколько размещенных в одной плоскости звеньев, соединенных между собой с помощью узлов поворота с осями вращения, перпендикулярными этой плоскости, причем концевые звенья снабжены опорами со средствами их фиксации относительно поверхности перемещения, отличающийся тем, что опоры снабжены узлами поворота, обеспечивающими их поворот относительно собственной оси:

(PN) RU94Q1476ZA1 19960710.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94014767/11 19940420.

(MC_N) B62B- 5/02.

(PA) Богатых С.А.

(IN) Богатых С.А.

(TI) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПО ЛЕСТНИЦАМ.

(ABR) Изобретение относится к транспортным средствам, к транспортному устройству для передвижения по лестницам и может быть преимущественно использовано для оснащения ручных тележек, детских и инвалидных колясок, а также в любой другой области, где необходимо перемещаться по лестницам. Целью изобретения является облегчение перемещения транспортных средств по лестнице. Это достигается тем, что вместо полоза используется автономная основа, к которой крепятся ролики и бесконечный ремень. К каркасу шасси транспортного средства шарнирно крепятся верхние концы двух стержней, а их нижние концы шарнирно крепятся к автономной основе. При помощи защелки, жестко присоединенной к каркасу шасси транспортного средства, эти стержни вместе с автономной основой могут фиксироваться в рабочем положении. Использование данного устройства позволяет человеку облегчить процесс передвижения транспортного средства по лестницам

(PN) RU 02092367 C1 19971010.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 96107642/11 19960418.

(MCN) B62D-57/02.

B62D-57/032.

(PA) Институт проблем механики РАН.

(IN) Климов Д.М., Градецкий В.Г., Кравчук Л.Н., Вешников В.Б., Калиниченко С.В., Яковлев С.Ф.

(PE) Институт проблем механики РАН.

(TI) ШАГАЮЩИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ МЕХАНИЗМ.

(ABR) Использование: устройство относится к транспортам и может применен для проведения работ на сооружениях с произвольно ориентированными поверхностями и конструктивными элементами. Сущность: шагающий транспортный механизм содержит две голени с захватами и два бедра, связанные между собой поворотными узлами, при этом голени

соединены с захватами с помощью шарниров, и оси вращения поворотных узлов бедро-бедро параллельны опорной поверхности, а бедро-голень перпендикулярны опорной поверхности:

(PN) RU 02095269 C1 19971110.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 93036201/11 19930713.

(MCN) B62D-57/032.

(PA) Червяков Борис Константинович.

(IN) Червяков Борис Константинович.

(PE) Червяков Борис Константинович.

(77) ШАГАЮЩИЙ ДВИЖИТЕЛЬ.

(ABR) Использование: изобретение относится к шагающим транспортным средствам и, в частности, к их опорам, выполненным в виде бедра и сочлененной с ним голени. Сущность: заключается в том, что бедро, голень и стопа шагающей опоры выполнены в виде шарнирных четырехзвенников, связанных между собой через общие звенья, а опора снабжена механизмом регулирования положения стопы в процессе движения:

(PN) RU 02050298 C1 19951220.

(ND) MIMOSA RFD 1994_95.

(AN) 4918809/11 19910108.

(MC_N) B62D-57/032.

(PA) Ковальков Павел Романович.

(IN) Ковальков Павел Романович.

(PE) Ковальков Павел Романович.

(71) ШАГАЮЩЕЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

(ABR) Изобретение относится к транспортным средствам с шагающими движителями. Средство включает корпус на шагающих опорах, образованных из трех последовательно расположенных частей, крайние из которых подвижны в вертикальной плоскости, шарнирно связаны между собой непосредственно на шатунных шейках коленчатых валов, причем эти шейки сдвинуты по фазе на угол до 60°:

(PN) RU 02049696 C1 19951210.

(ND) MIMOSA RFD 1994_95.

(AN) 4928938/11 19910423.

(MC_N) B62D-57/032.

(PA) Ковальков Павел Романович.

(IN) Ковальков Павел Романович.

(PE) Ковальков Павел Романович.

(77) ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО НА ШАГАЮЩЕМ ДВИЖИТЕЛЕ.

(ABR) Изобретение относится к транспортным средствам с шагающими движителями. Средство содержит опоры из трех последовательно расположенных частей, крайние из которых подвижны в вертикальной плоскости, шарнирно связаны между собой непосредственно на шатунных шейках коленчатых валов:

(PN) RU 02042559 C1 19950827.

(ND) MIMOSA RFD 1994_95.

(AN) 5034757/11 19920309.

(MC^N) B62D-57/032.

(PA) Институт проблем механики РАН.

(IN) Градецкий В.Г., Рачков М.Ю., Семенов Е.А.

(PE) Институт проблем механики РАН.

(TI) ШАГАЮЩИЙ МЕХАНИЗМ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.

(ABR) Использование: касается разработка шагающих устройств и используется для контроля вертикальных разъемов и бочках и других конструкций. Работа изобретения: платформа перемещается путем синхронного перемещения пневмоцилиндров при фиксированных захватах и поднятых захватах. Для перемещения платформы в сторону фиксируются штоки пневмоцилиндров и задействуются пневмоцилиндры путем перемещения штоков относительно неподвижно зафиксированных корпусов пневмоцилиндров захватами при поднятых захватах:

(PN) RU 94022032 A1 19961220.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94022032/11 19940616.

(MC_N) B62D- 57/02.

(PA) Петров А.А., Коровицын Л.Ф., Орлов А.А., Петрова Л.В.

(TI) ШАГАЮЩИЙ ВЕЗДЕХОД.

(ABR) Изобретение входит к хорошо проходимым шагающим надземным транспортным машинам, предназначенный для передвижения и работы на бездорожных условиях. Каждый грунтозацеп шагающего вездехода жестко закреплен на передних концах двух рычагов, шарнирно соединенных с соответствующей лыжей, один из них имеет свободный качающийся конец с прикрепленной к нему с возможностью перемещения в вертикальной плоскости подпружиненной балкой. В плоскости разъема балки выполнен продольный прямоугольный паз, внутри которого установлен ролик с возможностью свободного вращения на приводном валу:

(PN) RU 94028394 A1 19960610.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94028394/03 19940726.

(MC_N) E21C-50/00.

(PA) Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет).

(IN) Маховиков Б.С., Тимофеев И.П., Асатур К.Г., Незаметдинов А.Б.

(77) ШАГАЮЩАЯ УСТАНОВКА С СИСТЕМОЙ ФИКСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ВСЕХ ЕЕ ОПОРАХ.

(ABR) Изобретение относится к горнорудному предприятию и предназначено для разведки и добычи полезных ископаемых с морского дна. Известны добычные шагающие устройства для подводной разработки полезных ископаемых, недостатком которых является отсутствие систем фиксирующих

устройств на опорах. Целью изобретения является получение установки с системой фиксирующих устройств, позволяющих сохранять горизонтальное положение фермы шагающей установки на неровном дне. Поставленная задача достигается путем шагающей установки, содержащая рабочий орган, ферму, тяговую тележку с возможностью продольного возвратно-поступательного движения, два опорных стола с вертикальными и горизонтальными шарнирами, механизмы поворота, тяговую лебедку, поплавков и плав средство, дополнительно каждый опорный стол имеет гидросистему с тремя уровнями давления, состоящую из силовых цилиндров (направляющих опор), насоса с предохранительным клапаном, управляемого извне золотникового распределителя, срабатывающего при высоком давлении, обратного клапана на низкое давление на входном штуцере у каждого цилиндра, а также подпорного управляемого клапана для сброса давления, установленного на выходе из каждого цилиндра, из герметичного сливного бака и дросселя на сливе:

(PN) RU 94033543 A1 19960727.

(ND) MIMOSA RFD 1996.

(AN) 94033543/03 19940913.

(MC_N) E02F-5/10 E02F-9/22.

(PA) Институт проблем транспорта энергоресурсов.

(IN) Одинцов Л.А., Самматов Р.Л., Кульгильдин С.Г.

(TI) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПО НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДА.

(ABR) Изобретение относится к транспортным системам шагающего типа, в качестве монорельса, у которых используется трубопровод. Изобретение позволяет кинематически совместить привод клещевых захватов и привод осевого перемещения тележек в одной из двух силовом цилиндре одностороннего перемещения, а привод противоположного перемещения в другом силовом цилиндре, при этом каждый из цилиндров соединен с соответствующей парой клещевых захватов тележек через парные тяги противоположной присоединительной формы. Это позволило упростить управление и конструкцию устройства в целом и решить проблему само выхода устройства на оптимальный режим работы для каждого конкретных условий работы, например, чем больше сопротивление перемещению устройства, тем больше само прижатие клещевых захватов к трубопроводу или наоборот:

(PN) RU 95109114A1 19970127.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 95109114/12 19950530.

(MC^N) A63H-17/00.

A63H-11/18.

A63H-11/20.

(PA) Студенов В.В.

(IN) Студенов В.В., Студенова С.М., Семянников И.М.

(TI) ИГРУШЕЧНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

(ABR) Изобретение относится к игрушечным транспортным средствам с шагающим двигателем. Цель изобретения – обеспечение плавности хода и упрощение конструкции привода. Изобретения является в качестве привода шагающего двигателя игрушечного транспортного средства механизм содержит зубчатую пару шестерня – замкнутая рейка, рейка имеет прямолинейный и радиальные участки и может быть, как внутреннего, так и наружного зацепления и имеет разную форму в плане. Для перемещения игрушки вращающий момент от двигателя передают шестерне, которая, перекачиваясь внутри замкнутой рейки, заставляет прикрепленную к ней опору совершать движение по траектории, задаваемой контуром зубчатого зацепления рейки – треугольную, прямоугольную и другую. При наличии двух пар опор, левая и правая половины, работающие в противофазе, обеспечивают корпусу плавное прямолинейное перемещение. При затормаживании или реверсе левой, или правой пары игрушка совершает поворот.

1.1.2 Обзор по шагающим колесам

Шагающее колесо – это то же самое пневмоколесо со снятым ободом (рисунок 1.3), но с несколькими спицами, равномерно размещенными вокруг центра ступицы. Недостаток обода современного пневмоколеса выявлен при езде по бездорожью. Столкновение обода о неровности дороги поглощает много энергии и создает дискомфорт езды. Шагающее на спицах колесо требует корректировки хода, т.е. требует обеспечения прямолинейности движения центра ступицы [4, с. 32; 5, с. 51]. Причем, для сохранения всех достоинств пневмоколеса, шагающее колесо должно быть простым в конструктивном плане, т.е. состоять из одной неподвижной системы деталей или из двух подвижно-сочлененных элементов в виде «бедро и голень». Это основная задача модернизации современного пневмоколеса. Достоинствами колеса с круглым ободом являются простота конструкции, динамическая уравновешенность сил инерции, оно легко катится в силу отсутствия устойчивых положений. При перекачивании по ровной асфальтированной дороге центр ступицы перемещается по прямой линии параллельно опорной поверхности. Поэтому направление вектора скорости $\bar{V}_0$ перпендикулярно к направлению вектора силы веса $\bar{G}$. Это значит, что колесо не поднимает вес груза, падающего на колесо, а испытывает только силу трения $\bar{F}_{тр}$, зависящей от веса.

$$F_{тр} = N \cdot f_k$$

где $N = G$ – нормальная реакция опорной поверхности;

$f_k = 0,05$ – коэффициент трения качения.

Приведенная к центру ступицы сила сопротивления:

$$P_c = N f_k = G f_k$$

что составляет всего 5% от нагрузки G . Это позволяет при прочих равных условиях, увеличить грузоподъемность транспортного средства.

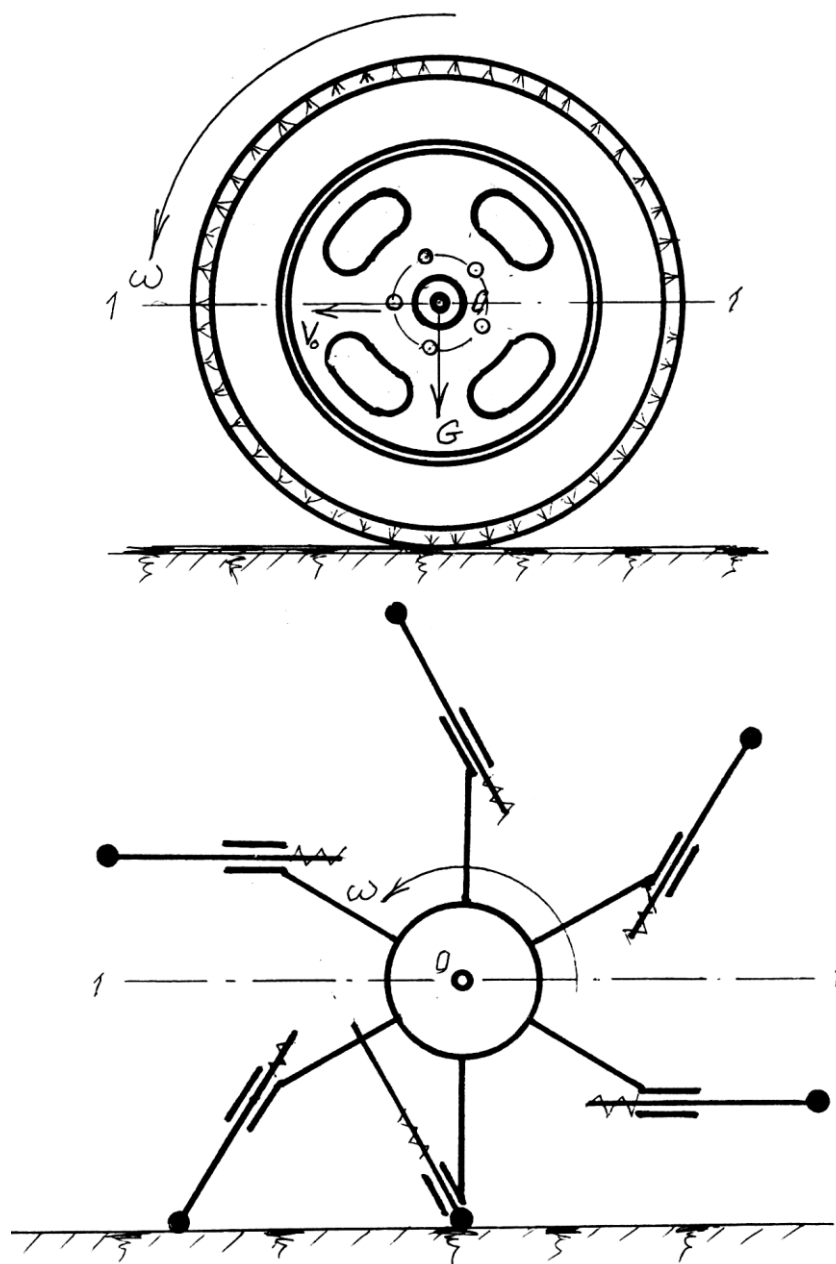


Рисунок 1.3 – Шагающее колесо

Шагающее колесо должно сохранять все указанные преимущества колес с ободом, а также превзойти его по степени проходимости в условиях бездорожья. Схема шагающего колеса представлена на рисунке 1.3 как колесо со спицами, сочлененными опорными штангами.

В классе В62D-57/028 патентного фонда работ, посвященных колесно-шагающим и шагающим механизмам оказались не много. Рассмотрим их содержание.

А.С. 800008, 1981 год. Авторы изобретения И.Ф. Кожукало, А.Л. Кемурджиан и др. Сологуб предлагают устройство (рисунок 1.4), содержащее опорные колеса 1, установленные на корпусе 2 посредством

механизмов шагания 3. Каждое колесо 1 имеет тяговый двигатель, а механизмы шагания 3 имеют средства блокировки.

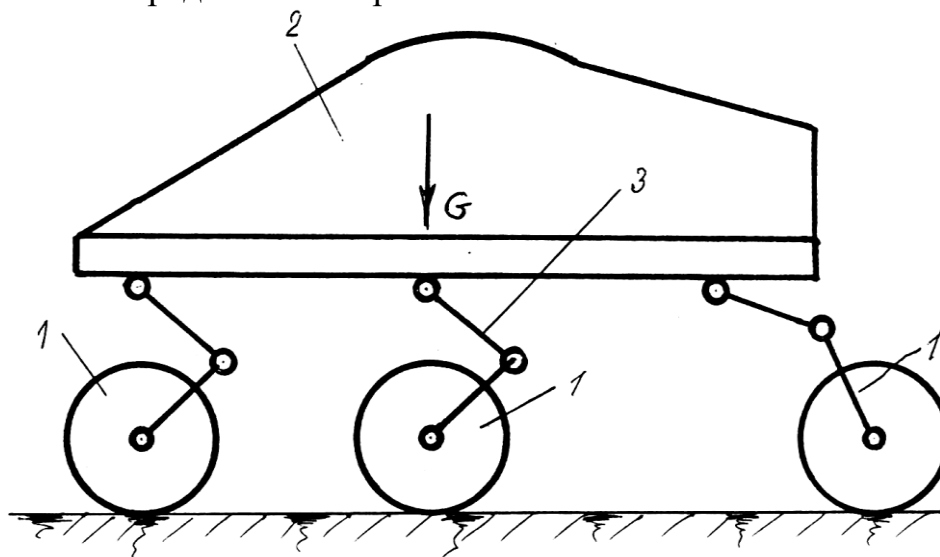


Рисунок 1.4 – Колесно-шагающий движитель

В шагающем режиме режимы вращения колеса 1 при возвратно-поступательном перемещении относительно корпуса осуществляются в определенной последовательности. Колеса свободно перекатываются по грунту вперед на величину установленного шага, потом перемещают корпус 2, относительно грунта, на такую же величину.

К моменту перехода на колесный режим передвижения колеса 1 могут занимать произвольные положения. Рис. 4.5 Предлагаемый способ осуществляется следующим образом: Перед переходом на колесный режим колесо 1, посредством механизмов шагания 3, перемещается в крайнее заднее положение относительно направления движения, и только потом блокируются все механизмы шагания 3 и включаются колесные тяговые двигатели. Применение предложенного способа передвижения уменьшает до 20% перегрузки задних колес и увеличивает на 10% тягово-сцепные характеристики, что повышает проходимость в колесном режиме. Тихоходный и энергоемкий шагающий режим используется только в сложных условиях.

Предлагаемый способ не предусматривает повышение проходимости колеса и неприменим для условия бездорожья, а всего лишь увеличивает сцепные характеристики колеса.

(19) RU (П) 2038248 C1 1995 г.

КОЛЕСНО-ШАГАЮЩИЙ ДВИЖИТЕЛЬ

Движитель В.Г. Анопченко относится к движителям инвалидов и грузовых колясок для передвижения по ступенькам лестниц (рисунок 1.5).

Предлагаемое шагающее колесо транспортного средства действительно является модернизацией обычного колеса и повышает проходимость. Недостатками являются сложность конструкции и динамическая неуравновешенность деталей, которые при больших оборотах ступицы создадут неуравновешенные силы инерции. Самый главный недостаток – это не

прямолинейность траектории центра ступицы, что создает дискомфорт езды. Поэтому автор предлагает данное устройство в качестве движителя грузовой или инвалидной тихоходной коляски.

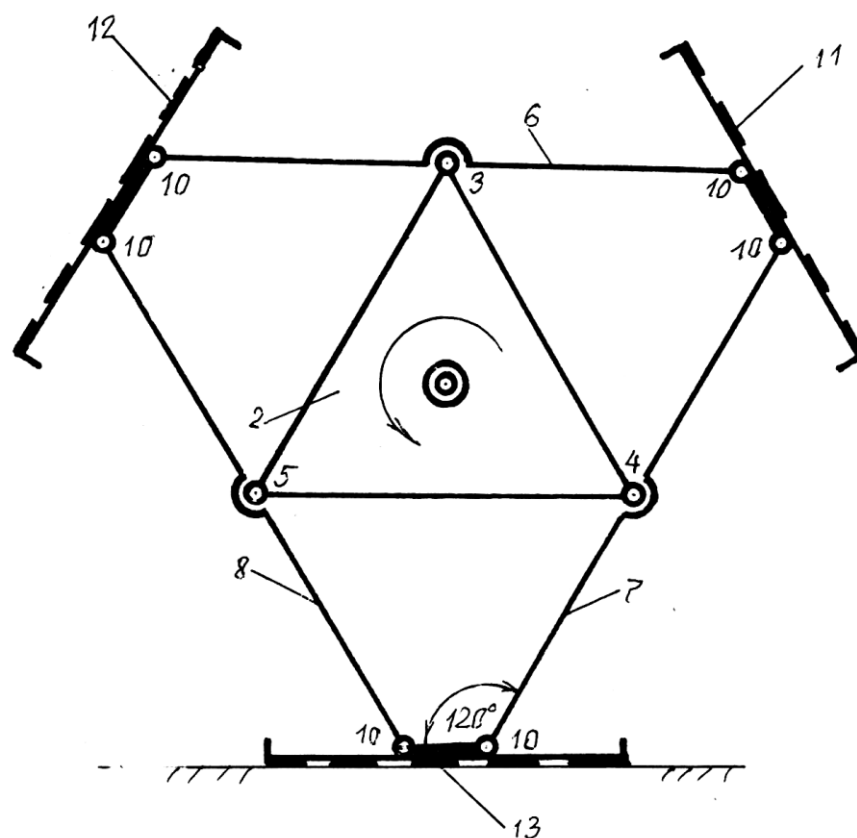


Рисунок 1.5 – Колесно-шагающий движитель

(19) RU (II) 2044672 1995 г.

ШАГАЮЩЕЕ КОЛЕСО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Шагающее колесо А.Н. Попова, А.Е. Русаковского и И.А. Цаплева (рисунок 1.6) содержит поворотный корпус 1, связанный с приводом вращения (валом) 4.

Недостатками являются, во-первых, крайне сложная конструкция, которая не соответствует основному требованию к шагающему колесу.

Во-вторых, тихоходность принципа действия, а также динамическая неуравновешенность движущихся масс.

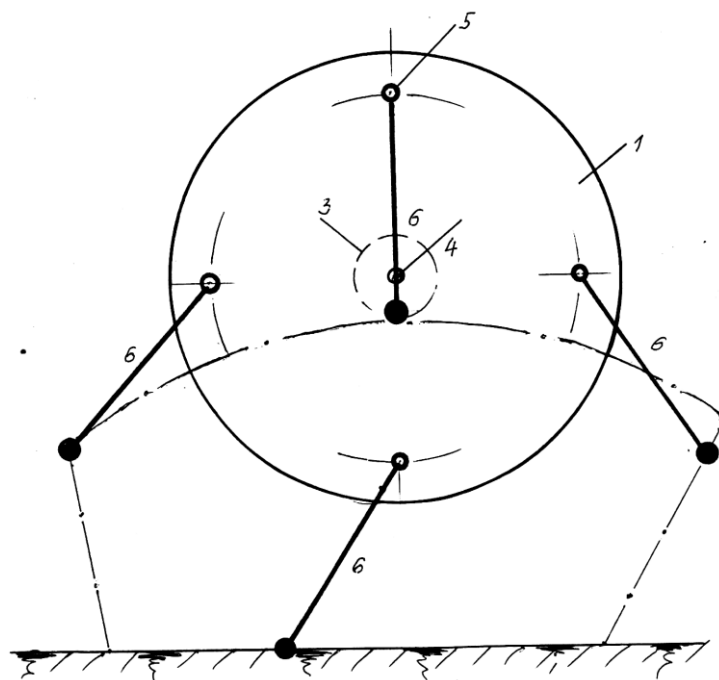


Рисунок 1.6 – Шагающее колесо

(19) Япония (IP) В, № 63-1225, 1988 г.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Устройство К.К. Тосиби, Ниппон Гэнсирекудзиге К.К. состоит из трехспицевых шагающих колес с выдвижными штоками в качестве опорных органов. Колесные спицы вращаются как колесо, а выдвижные опоры регулируют уровень платформы относительно грунта.

Недостатками являются сложность конструкции и, соответственно, тихходность устройства, которое работает по заданной программе. Управляемое программное устройство всех колес создает сложность эксплуатации транспортного средства в условиях бездорожья.

Известны также следующие сведения:

(PN) RU 01545451 C 19941215.

(ND) MIMOSA RFD 1994^95.

(AN) 4399848/11 19880329.

(ICAI) B60B 19/00 (2006.01).

B60B 25/00 (2006.01).

(PA) Северный научно-исследовательский институт промышленности.

(INV) Ильин В.Л., Хабаров П.А.

(PE) Северный научно-исследовательский институт промышленности.

(TI) КОЛЕСО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.

(ABR) Изобретение относится к транспортному машиностроению, в частности к движителям транспортных средств на пневматических камерных шинах низкого давления. Цель изобретения – повышение проходимости по грунтам с низкой несущей способностью путем регулирования площади контакта шины с грунтом. Колесо транспортного средства содержит ступицу, два диска, периферийная часть которых снабжена дискретно расположенными

опорными элементами для камерной шины. Опорные элементы закреплены на диске, а элементы – на диске, который может поворачиваться относительно своей оси, при этом элементы сближаются, а шина получает дополнительный прогиб, увеличивающий площадь ее контакта с грунтом.

(PN) RU 02090373 C1 19970920.

(ND) MIMOSA RFD 1997.

(AN) 93034796/11 19920727.

(PR) JP 199636/1991 19910808.

(D86) JP 92/00952 (27.07.92).

(ICAI) B60B 19/00 (2006.01).

B60C 7/00 (2006.01).

B60C 7/08 (2006.01).

B60C 7/10 (2006.01).

(PA) Хомма Сайенс Корпорейшн (JP).

(INV) Акира ХоММа.

Сусуму ХоММа (JP).

Хироси СаТо (JP).

Хисао Хнрон (JP).

(PE) Хомма Сайенс Корпорейшн (JP).

(TI) КОЛЕСО, СНАБЖЕННОЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ КОЛЕСАМИ.

(ABR) Изобретение относится к колесам транспортных средств.

Сущность: колесо, снабженное вспомогательными колесами, в котором на круглом ободе размещено множество вспомогательных колес, поддерживаемых с возможностью вращения вокруг оси, проходящей в направлении, тангенциальном к круглому ободу колеса, и образующих шину. Вращение шины и вращение вспомогательных колес объединяют, чтобы заставить колесо двигаться в произвольном направлении:

(PN) RU 02284921 C1 20061010.

(ND) MIMOSA RBI 2006/28D.

MIMOSA RFD 2006.

(AN) 2005109030/11 20050329.

(D24) 20050329.

(ICAI) B60B 21/00 (2006.01).

B60B 3/00 (2006.01).

B60B 19/06 (2006.01).

F16F 15/36 (2006.01).

G01M 1/36 (2006.01).

(ADDR) 399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина.

(INV) Сливинский Евгений Васильевич (RU).

Зайцев Андрей Анатольевич (RU).

Новосёлов Валерий Владимирович (RU).

(PE) Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (RU).

(TI) КОЛЕСО АВТОМОБИЛЯ.

(ABR) Изобретение относится к области безрельсовых транспортных средств. Колесо автомобиля состоит из диска, обода с бортовыми закраинами и шин. На бортовой закраине закреплено кольцо и между ним и закраиной расположены тела качения сферической формы. В результате автоматически устраняется неуравновешенность автомобильных колес:

(PN)RU 02410295 C2 20110127.

(ND) MIMOSA XRBI 2011/03.

MIMOSA XRFD 2011/01.

(AN) 2010106526/11 20100224.

(D43) 2010052715.

(D24)20100224.

(ICAI) B64G 1/16 (2006.01).

B60B 19/00 (2006.01).

(ADDR) 188992, Ленинградская обл., г. Светогорск, ул. Красноармейская, 20, кв.33, А.М. Гультияеву.

(INV) Гультияев Александр Михайлович (RU).

(PE) Гультияев Александр Михайлович (RU).

(TI) КОЛЕСО ПЛАНЕТОХОДА.

(ABR) Изобретение относится к космонавтике и служит для передвижения планетохода. Колесо имеет ступицу с отверстиями вдоль ее оси, в которые вставлены шпильки, на концах сбоку которых прикреплены подвижные лопасти треугольного вида. Технический результат – увеличение диапазона использования колеса.

1.1.3 Выбор направления поисковой работы

Из сравнения двух обобщенных групп механизмов опорно-двигательных аппаратов транспортных средств, рассмотренных в предыдущих разделах, можно сделать вывод, что многие из них сложны по конструкции и не отвечают основным требованиям работы в сложных дорожных условиях.

Опорно-двигательные элементы автотранспортных средств должны отвечать жестким конструктивным требованиям [6-8]. Особенно в условиях Казахстана, где автотранспорт используется на обширных территориях отгонного животноводства, в геологоразведке, охране границ, добыче недр, освоения целинных земель и т.д. В этих исключительно тяжелых условиях бездорожья возникает необходимость предъявлять особые требования надежности, проходимости и комфортабельности ходовой части автомобилей.

В основном это следующие требования:

1. Простота конструкции (основное требование надежности).
2. Высокая степень проходимости в условиях бездорожья.
3. Большая грузоподъемность.
4. Высокая транспортная скорость.
5. Динамическая уравновешенность.
6. Высокая степень комфортности езды.
7. Оптимизация энергоемкости ($P \cdot V = N$).

Из общего сравнения двух представителей механизмов опорно-двигательных элементов, известных из литературно-патентного фонда, предпочтение отдается шагающему колесу.

Здесь могут быть возражения, что природа не ошибается, выбрав шагающие опоры, в то время как колесо придумал человек [8, с. 115]. Это так! Мы всегда ищем что-то новое из существующих в природе аналогов. Анатомическое строение живых органов животных, насекомых, а также человека созданы великим творцом-природой без ошибок, исключительно из условий совместного сосуществования. Опорно-двигательные механизмы живых существ созданы с такой целью, чтобы одни могли догнать других или одни могли убежать от других. Причем движение осуществляется исключительно из условия энергосбережения. В природе существуют ограничения скорости и силы, произведение которых является мощностью. Все это связано с выживаемостью видов и естественным отбором живых существ.

Мы ставим совсем другие цели. Наш лозунг брать больше груза, везти как можно дальше и как можно быстрее, т.е. больше грузы и вези на высоких скоростях, а энергию мы создадим ($V \cdot G = N$).

Кроме всего сказанного, коллектив авторов книги ведут исследования по проблемам повышения проходимости автотранспортных средств в условиях бездорожья, поэтому у них более узкая область исследования по сравнению с приведенными выше материалами патентного фонда. Исходя из требований, выдвинутых авторами к ходовой части транспортных средств, предпочтение отдается шагающему колесу.

В условиях, когда транспортное средство движется по ровной поверхности, у специалистов нет претензий к пневмоколесу, но исследование работы пневмоколеса в условиях бездорожья показывает на необходимость его модернизации, сохраняя при этом все его достоинства. Это и привело авторов к созданию шагающего колеса.

Таким образом, авторами работы отданы предпочтения колесному движителю, точнее шагающему колесу.

1.2 Ученые и специалисты о проблемах бездорожного транспорта

Много вопросов и различных проблем по передвижению транспортных средств по бездорожью затронуты в работе [3, с. 33; 4, с. 65; 8, с. 27]. Какова область применения шагающего транспорта? Прежде всего – это пионерный транспорт для освоения новых районов. Бездорожный транспорт необходим когда нет связи между населенными пунктами, а также для оказания медицинской и иной помощи, в аварийных ситуациях и при катастрофах, ЧС.

И еще бездорожный транспорт нужен там, где транспортные потоки не планируются, сопоставимый с периодом окупаемости дороги, хотя грузопоток при этом может достигать значительных величин. Такая ситуация часто встречается при строительстве удаленных гидроэлектростанций, нефтяных и газовых промыслов, строительстве предприятий, ведущих добычу драгоценных металлов, алмазов, и т.п. Очевидно, что для выполнения этих

задач можно обойтись средствами бездорожного транспорта сравнительно небольшой грузоподъемности, но обладающими достаточной автономностью и самой высокой проходимостью по мягким грунтам и по пересеченной местности.

При взаимодействии машин с грунтом можно допускать его необратимые изменения, характер транспортных задач не требует многократных проходов по одному и тому же следу. Машин второй группы желательны с большой грузоподъемностью и возможность многократного прохода по маршруту без разрушений грунтов. Требования несколько ограничены тем, что придется и выбрать маршрут с минимальным сопротивлением движению. Широкие и далеко идущие мероприятия, проводимые в нашей стране в области при освоении земель сельского хозяйства, медленные темпы строительства новых дорог где повышен значение проблемы перевозки грузов по бездорожью. При этом решение проблем бездорожного транспорта(вездехода) ни в коем случае не должно сравниваться увеличению темпов и масштабов дорожного строительства. Строительный дорожный транспорт имеет свою область задач, не решаемых никаким другим видом транспорта.

Поэтому исследования в области бездорожного транспорта, и особенно его теоретической части, почти не освещены в отечественной литературе, многие вопросы в данной работе рассматриваются в порядке их постановки, выявления принципиальных основных и исходных позиций.

Решение проблем и исследование бездорожного транспорта с научной и технической точек зрения лежит главным образом в области исследования взаимодействия движителей с грунтовой поверхностью. Доказательству положения и будет посвящено дальнейшее описание. Транспортные машины используются в определенных стандартных условиях. Машины традиционных схем уже практически достигли верхнего предела веса и размеров. Если это правило не может быть соблюдено, транспортирование, либо прекращается вовсе, либо стандартные условия воссоздаются постройкой дороги.

Большие коэффициенты запаса, которые перекрывали ненадежность расчетов по формуле среднего удельного давления на грунт, уже не могли дать столь же положительных результатов, как было для не больших машин. Условимся в данной работе считать грунтом – образование на поверхности земли, по которому движется бездорожный транспорт. Это определение отличается от принятого в механике грунтов, геологии и других науках, однако, на наш взгляд, оно более всего подходит для теории бездорожного транспорта, так как охватывает всю совокупность сред, с которыми имеет дело бездорожный транспорт (пески и снега, скалы и льды, болота и глины, ручьи и бечевники).

Обычные транспортные машины используются в определенных стандартных условиях. Машины традиционных схем уже практически достигли верхнего предела веса и размеров. Если это правило не может быть соблюдено, транспортирование, либо прекращается вовсе, либо стандартные условия строятся дороги. Большие коэффициенты запаса, которые перекрывали

ненадежность расчетов по формуле среднего удельного давления на грунт, уже не могли дать столь же положительных результатов, как было для малых машин. Изучение существующих в природе способов передвижения поможет разобраться в некоторых проблемах проходимости машин. Работе отмечается что «проходимость» животных в самых неблагоприятных условиях местности в большинстве случаев превосходит проходимость многих современных машин.

Авторы отмечали и предлагали необычайную эффективность конского или воловьего копыта на мягком грунте, оленьего копыта по болоту, верблюжьего – по песку, утверждая, что это объясняется использованием прочностных свойств грунта и инстинктивной установкой самого копыта под углом, соответствующим плоскости главных напряжений в данном грунте. Например, росомаха, по способности преодолевать рыхлый снег не имеет себе равных.

Росомаха, по способности преодолевать рыхлый снег не имеет себе равных. Широкие, опушенные не смачивающимися волосами лапы(колеса) росомехи – ее «лыжи», позволяют снизить весовую нагрузку на 1 см подошвы до 22 г.

Эта цифра – наименьшая для всех хищников весом более килограмма. Если природа вслепую, действуя методом «проб и ошибок», смогла создать животных, способных передвигаться по бездорожью, то последовательная логическая работа ученых, безусловно, позволит создать машины, хорошо приспособленные к условиям бездорожья. Охотники образно говорят, что росомаха «лепит» свои следы, никогда не углубляясь в толщу снега.

Тогда мы рассматриваем возможность оптимистического подхода данной перспективам решения поставленной задачи. Конечно скорость, развиваемая животными по труднопроходимой местности, выше скорости машин. В открытой печати не раз указывалось, что гепард по степи обгоняет машину, развивая скорость 80 км/ч. Краб если его принять в масштабе 1:10 модель ходящей машины, бежит со скоростью до 40 км/ч. Будем надеяться, скоро будущем появятся научные разработки, анализирующие обстоятельства и позволяющие сделать необходимые для такой техники выводы.

Как все механизмы, движитель оценивается КПД. Потери мощности могут возникать как в самом движителе (трение в шарнирах траков), так и в среде, с которой движитель взаимодействует, деформируя или разрушая ее (буксование, колееобразование).

Современная наука пока еще не дала рекомендаций по универсальному, пригодному для любых грунтовых условий движителю. Зачастую с упорством доказывают преимущества того или иного вида движителя – колеса, гусеницы, шнеков, воздушной подушки. Поэтому техника вынуждена применять для каждой среды свой тип движителя, пользоваться узкоспециализированными конструкциями. Чем проще, однороднее, стабильнее: по своим показателям среда, тем проще и сам движитель, тем больше его коэффициент полезного действия.

Двигатель бездорожного транспортного средства вынужден работать, в широком диапазоне меняющихся среды. То зима, то слякоть, то ровный асфальт, то колдобины, то песок, то остроконечные как лезвия камни. Условия его работы нельзя сравнить с условиями какого-либо устройства, транспортного средства. Поэтому одной из важнейших задач, сопоставимой по сложности разве только с общей компоновкой машины, для исследователей и конструкторов является именно тип и устройство двигателя. Далее рассмотрим некоторые типы двигателей с точки зрения их применимости для бездорожных транспортных средств.

Колесницы хеттов, изготавливавшиеся из дерева, перевозили трех человек и весили при этом всего 5-10 кг. Вначале колеса делали из дерева, затем из дерева с металлической обшивкой, а потом и целиком из бронзы. Сохранившиеся бронзовые колеса имеют круглые спицы и обод с глубокой выемкой; в этой выемке с помощью заклепок закрепляли деревянные сегменты. В колеса одевали специальные шины, обеспечивающей износостойкость колеса. У Гомера имеются упоминания о колесах, скрепленных большим количеством гвоздей, головки которых покрывали обод. Таким образом, уже в древности обода колес снабжали эластичными вставными элементами, которые покрывались износостойким материалом. Создатель «само беглой коляски». Колесные шины сначала изготавливали из бронзы, а затем – из железа. Л.Л. Шамшуренков придумывающий первый паровую тележку Н.Ж. Кюньо, первые изобретатели автомобиля, заменили лошадь в повозках паровыми двигателями, при этом возложили на колесо помимо опорной функции, которую оно выполняло в повозке, еще и тяговую. Потребовалась модернизация колеса и их новый вид. Достаточно лишь напомнить, что именно колесо – единственный из агрегатов, машины, который мы вынуждены всегда возить с собой в качестве, запасного. Сама интенсивность работ косвенным образом свидетельствует о том, что желаемых показателей ни по эффективности, ни по надежности колеса пока еще не получено.

Взглянем еще раз на колеса современных транспорта. Большинство из них унаследовало от повозки четыре колеса. Почему именно четыре колеса, а не три или пять?

Четырехколесная схема потребовала введения между ведущими колесами специального механизма – дифференциала, который позволяет колесам совершать на поворотах различное число оборотов.

Каждый транспортник знает о необходимости постоянного контроля за развалом и схождение угла установки передних колес. Почему именно четыре колеса, а не три или пять?

Четырехколесная схема потребовала введения между ведущими колесами специального механизма – дифференциала, который позволяет колесам совершать на поворотах различное число оборотов. Передача передним колесам машины от оглобелей повозки функций управления поворотом потребовала целого ряда ухищрений. Каждый транспортник знает о необходимости постоянного контроля за углами установки передних колес.

Пневматические шины значительно увеличило плавность хода. Изобретение шин с регулируемым давлением несколько улучшило до 16% длины окружности уже работают. Однако шины имеют при минимальном давлении крайне ограниченную величину пробега. Произошло это не потому, что оно эффективно, а потому, что было относительно легко придумать и построить дорожное покрытие. Несмотря на свои недостатки, шинные колеса стало универсальным средством передвижения для созданных человеком машин. Дороги строились давно, однако реальные возможности для бездорожных перевозок только начали возникать позже. Так как инженерная мысль о создании бездорожных транспортных средства в первую очередь застряло именно на привычном колесе.

Колеса разных диаметров, не дав ожидаемых результатов в проходимости, вызвали ряд конструктивных и эксплуатационных трудностей. Для маневрирования машин с колесами приходилось либо сильно сузить раму, либо прибегнуть к сочлененной схеме. Замена колеса большого диаметра стала проблемой: понадобились дополнительные специальные приспособления. Достаточно напомнить, «Мамонт», о котором упоминалось выше, был брошен в тайге в ходе испытаний, потому что заменить покрывку оказалось невозможно.

Для улучшения проходимости колесных машин стали применять не четыре колеса, а шесть, восемь и даже десять колес, причем все они были ведущими. Машины многоколесные с полным приводом резко усложнила трансмиссию, ухудшила показатели транспорта в целом. Кроме обычной коробки передач, пришлось устанавливать несколько раздаточных коробок и межосевых дифференциалов, соединяя их большим количеством карданных валов. В результате собственный вес таких транспортов в 1,5-2 раза превысил их полезную грузоподъемность, а потери мощности в трансмиссии при движении по труднодоступным дорогам в ряде случаев превышали половину мощности двигателя.

Немало разработок и исследование возникающего в много приводных машинах явления циркуляции мощности и на отыскание средств борьбы с этим явлением. Принципиальная невозможность создания колесных транспортных средств с достаточным для бездорожья отношением суммарной длины опорных поверхностей - колес к длине машины уже указывалась ранее.

В результате все больше конструкторов стало понимать, что для движения по дорогам полно приводные машины не нужны, а для бездорожья проходимость их недостаточна.

Полно приводные колесные машины, имея проходимость лучшую, чем обычные, утвердятся для перевозок по плохим грунтовым дорогам в тех случаях, когда повышенные расходы на приобретение и эксплуатацию таких машин будут оправданы целью и масштабом перевозок.

Исходя из принципа разработки и конструирования средств бездорожного транспорта «от грунта – вверх», что большинство ведущих колес многоосного машин идет по грунту, который уже деформирован проходом предыдущего

колеса. Поэтому взаимодействие колеса с дорогой было бы обеспечено если каждое колесо имело свои размеры и конфигурацию поверхности контакта с грунтом, соответствующие состоянию грунта под данным колесом. Степень различия в параметрах поверхности контакта определяется свойствами грунта и, должна быть переменной. Расчет производится на средние условия, поэтому неизбежны значительные потери мощности на разрушение грунта и ухудшение проходимости. Еще есть другой выход: каждое из колес деформирует грунт в пределах упругих деформаций если скорость движения автомобиля такова, что до подхода следующего колеса деформированный грунт успевает восстановиться, тогда проходимость существенно улучшится. Это наблюдается у колесных машин небольшим весом.

Много сил приложено конструкторами-разработчиками для совершенствования шины, которая взаимодействует с дорогой, – ее протектора. Тем не менее, шины остаются одним из самых дорогих агрегатов машин: стоимость их (за срок службы автомобиля) для некоторых марок превышает стоимость самого автомобиля. Достигнутые результаты значительно повысили сцепление колеса с дорогой, долговечность шин возросла.

Стремление улучшить сцепление колеса с грунтом привело к созданию самых разнообразных рисунков протектора шин. В результате трудно себе представить что-либо более похожее на фрезу для разработки грунта, чем шины машин повышенной проходимости. В настоящее время появились информация о применении для движения различных машин по бездорожью некруглых колес, основным достоинством которых является повышенное отношение длины поверхности контакта с грунтом ко всему периметру колеса и, следовательно, лучшие тяговые качества. Поэтому так опасно – буксование на плохих дорогах: стоит только колесу начать проворачиваться на месте, как образуется глубокая колея, фрезерованная в грунте протектором, и машины уже приходится вытаскивать с помощью лебедки или буксира. Некруглые колеса можно считать переходными от обычных колес к гусеницам.

Одна из подобных попыток - создание аппаратов на воздушной подушке (АВП). Появление такого типа движителя, сопровождалось в зарубежной печати большой шумихой. К настоящему времени, когда первые восторги улеглись, можно дать АВП более или менее объективную оценку.

На первый взгляд характеристики АВП представляются идеальными. В самом деле, практически вся площадь проекции машины на грунт опорная.

Управление машинами на воздушной подушке очень сложно. При больших скоростях движения достаточно зацепиться за куст, чтобы серьезно повредить машину; малейший ветер сбивает ее с курса, с косогоров машина оползает, а при парении над канавами подушка «выскакивает» из-под машины.

Все перечисленные и некоторые другие недостатки заставляют с большой осторожностью относиться к перспективам применения АВП в качестве средства бездорожного транспорта, оставляя за ними ту область транспортной работы, где они хорошо себя зарекомендовали - перевозки над водой.

Природа потрудились над шагающими «механизмами». Инженеры долго думали применять такой способ передвижения в технике, но теперь стали присматриваться к нему. Исследования движений ног животного показали, что при нормальной скорости ходьбы нога работает экономично, но при беге, с увеличением скорости, необходимая для передвижения мощность быстро возрастает и вскоре достигает неприемлемых величин. Удивительная приспособляемость шагающей машины к условиям рельефа и необычайная проходимость не могут быть повторены ни одним другим механизмом.

Тем самым, работы по созданию шагающих движителей машин за последние годы получили развитие. По следующим направлениям: разработка шагающих машин, и создание машин с не обычными движителями, в которых применяются те или иные элементы шагания и механизмы.

Шагающая (стопа) «нога» представляет собой довольно сложный механизм, поэтому одной из первых забот наших конструкторов было обоснование минимально возможного количества ног. Известно, что у большинства животных четыре ноги. При таком количестве ног можно иметь устойчивую опору на трех ногах и поднимать четвертую для шагания. Две ноги, как у человека или птиц, потребовали бы сложного механизма для соблюдения устойчивости при шагании. Поэтому и была выбрана «четырехногая» схема.

Разрабатываются конструкции шагающих машин с рычажными пантографическими механизмами, в которых все силы инерции и моменты при условии согласованного по фазе движения ног уравновешены. Каждый из нас, обладая развитым мозгом – самой совершенной вычислительной машиной – довольно длительное время учился шагать. Немало вопросов предстоит решить и конструкторам шагающих машин, прежде чем они научат ходьбе свое (машины)детище. Должна ли машина с гидравлическим механизмом «шагать впрыскаду»? Поворот можно осуществить ускорением движения ног на одной из сторон, но при этом как тормозить машину? Какой тип подвески для таких машин целесообразно применить?

Машина должна «чувствовать» неровности, применяться к ней и обеспечивать возможность движения на больших скоростях с достаточным комфортом. Если будут установлены такие дополнительные «чувствующие» устройства, то появится возможность осуществить автоматизированное управление машиной. Тогда ограничится ли роль оператора управлением длиной шага и высотой подъема ног или перед ним станут еще какие-нибудь вопросы? Ограничится ли роль водителя управлением длиной шага и высотой подъема ног или перед ним станут еще какие-нибудь вопросы? Это только часть проблем, ждущих своего решения.

Влияние транспортных средств на социальную, экономическую и другие области жизни людей исследовалось неоднократно. Однако исследования процесса воздействия машины в целом и ее систем на физическую среду, в которой она эксплуатируется, и путей воздействия среды на машину через физические принципы, необходимые для рационального проектирования и

эксплуатации машины, никогда еще не производились в полном объеме и достаточно широком масштабе. Необходима общая теоретическая разработка методов передвижения, особенно в условиях бездорожья, с тем чтобы перспективная техническая политика создания единой транспортной системы могла получить лучшее количественное, научное обоснование, чем это возможно теперь.

Выяснилось, что опыт, накопленный в конструировании автомобилей или тракторов, оказался недостаточным для решения специальных проблем бездорожного транспорта. Тем не менее, с общего молчаливого согласия было принято, что теми же силами и средствами, хорошо зарекомендовавшими себя при конструировании обычных машин, можно решить любую специальную конструктивную проблему создания машины, которая будет работать на любой местности. Результаты оказались разочаровывающими. Конструктивные схемы автомобилей практически не изменялись за последнее 50 лет.

Силы конструкторов – автомобилистов были сосредоточены на совершенствовании отдельных агрегатов – двигателей, трансмиссий, подвески, на совершенствовании внешних форм. Поэтому мало надежд на то, что развитие автомобилей будет прямо способствовать созданию машин для бездорожья.

В сохранившей свое значение и по сей день в работе В.Ф. Бабкова «Проходимость колесных машин по грунту» очень четко изложено содержание проблемы проходимости и ее современное состояние. Начало научных работ в области изучения процесса взаимодействия колеса с грунтом относится к концу XVIII – началу XIX столетия. В 1796 г. академик Санкт-Петербургской Академии наук Н.И. Фусс получал премию на международном конкурсе, объявленном Датским обществом наук, по разработке теории колес образования. Как видим, задача была сформулирована настолько четко, что не потеряла своей актуальности и до сего дня, хотя прошло почти два столетия.

Итак, установление первых зависимостей между сопротивлением движению и геометрическими элементами ходовых частей при движении по грунту относится к началу XIX век. С тех пор, исследования проходимости по грунту прошел ряд этапов, связанных с изменением возникавших задач, совершенствованием техники и развитием научной базы в результате изучения механических свойств грунтов.

Позднее выдвигалось требование, чтобы давление шин на грунт было бы не больше, чем давление на грунт людей и животных, т.е. 0,5-1,5 кг/см².

Высокая проходимость отечественной наземной техники в значительной мере явилась результатом теоретических исследований, начатых еще в предвоенные годы академиком Е.А. Чудаковым, Д.П. Великановым, профессорами В.Ф. Бабковым, Г.В. Зимелевым и многими другими. Достаточно вспомнить знаменитый Каракумский автопробег, в ходе которого автомобили отечественного производства показали высокую проходимость по пескам.

В 1961 г. в Турине состоялась первая международная конференция по проходимости (по теории системы «грунт-машина»). По решению конференции

был создан постоянно действующий Международный комитет по проблеме «грунт-машина». Область деятельности комитета была сформулирована как приобретение и усовершенствование знаний по механике систем «грунт-машина» и почвообрабатывающим машинам в различных грунтовых условиях. Образование Комитета послужило началом оформления в качестве самостоятельной науки теории механики системы «грунт-машина». У нас эту науку принято называть теорией бездорожного транспорта.

Ближе всего теория бездорожного транспорта примыкает к механике грунтов. Теория бездорожного транспорта основывается на материалах и методах теории автомобилей и гусеничных машин. Последние достижения этих наук, в особенности тех их ветвей, которые занимаются исследованием транспортных средств высокой проходимости, выявлением величины и характера нагрузок, оказываемых транспортом на грунты, позволяют получать необходимые исходные данные для исследования основного для теории бездорожного транспорта вопроса о взаимодействии движителя с грунтом.

Теория бездорожного транспорта еще не сформировалась окончательно как отдельная наука. Так, как и перечень ее связей с другими науками не может претендовать на полноту и завершенность, а характер связей – на точность. Получение необходимых исходных данных для разработки и конструирования бездорожных надземных транспортных средств, заданных грузоподъемности, проходимости и скорости движения должно быть первейшей задачей новой науки. Сведения о грунтах недостаточно, результаты испытаний машин на них оказываются настолько спорными, что сравнительные испытания приходится проводить на дорогах с твердым покрытием, а в таких условиях практически все машины застыли на десятки лет, что в свою очередь, повлекло за собой застой в их тяговых качествах, в проходимости

Колесно-шагающий движитель основан на принципе устранения или смягчение удара обода колеса о неровности опорной поверхности. Точка контакта колеса при езде всегда расположена сзади по отношению к передней части его обода. Поскольку от тяговых качеств машины зависит ее проходимость, преимущества, обусловленные совершенствованием двигателей и трансмиссий, лучшими сортами топлива и масел, пока не разработана рациональная конструкция ходовой части машины – движителя и подвески.

Колесно-шагающий движитель основан на принципе устранения удара обода колеса о неровности опорной поверхности. Точка контакта колеса при езде всегда расположена сзади по отношению к передней части его обода. Точка контакта колеса с грунтом при езде всегда расположена сзади. Поэтому точка выступа опорной поверхности встречает обод колеса первой и происходит удар. Это создает дополнительное сопротивление движению колеса. Только после удара колесо начнет перекашиваться, поднимать вес машины относительно точки b выступа опорной поверхности.

Этот процесс, на первый взгляд мало заметный и неучтенный, поглощает немало энергии и нарушает равномерность движения. Исключение из конструкции колеса обода приводит к колесно-шагающему устройству.

Колесно – шагающее устройство конструктивно просто - состоит из одного звена, резко повышает проходимость, но при этом появляются другие неприятности. Это – вертикальное колебание ступицы даже при езде по ровной поверхности дороги и ударное приземление спицы

Для устранения этих недостатков в работе исследовалось шагающее колесо со стопой, где использован голеностопный эффект конечности человека.

Механизм шагающего колеса заключается в том, что к ступице колеса жестко закреплены трубчатые спицы, вдоль которых одним концом передвигаются выдвижные штанги, связанные двумя опорными башмаками, другие концы которых шарнирно связаны с трубчатыми спицами с помощью стержня, образуя два идентичных четырехзвенных механизма. Причем эти механизмы воспринимают нагрузку поочередно. Если приземляется задним башмаком, то передний башмак и соответственно передний четырехзвенник работает вхолостую. Совместные и поочередные работы этих механизмов при вращении ступицы колеса обеспечивают близкой к прямолинейности движения центра ступицы.

Хотя устранены указанные недостатки первого шагающего колеса, конструкция изрядно усложняется [1, с. 27; 4, с. 71; 8, с. 55]. Поэтому такое шагающее колесо рекомендовано для тихоходных транспортных средств.

Выводы по первому разделу

Предложен самый простой по конструкции шагающий движитель для коляски предназначенный для перемещения по лестничным маршам. Опорный механизм в виде крестовины, сочленен несколькими колесно-шагающими, является известным устройством. Это устройство использовано дополнительно для сохранения устойчивости коляски.

Также рассматривается вторая модификация шагающего колеса, где спица расчленена на две части. Вторая часть шарнирно связано с первой жесткой частью шарнирно, а задний конец ее с помощью пружины связано со ступицей. Таким образом, за счет деформации пружины общая длина ступицы укорачивается по мере увеличения проекции силы веса и тем самым вертикальное колебание уменьшается. Как подробное исследование динамической модели показывает, что вертикальное колебание ступицы полностью не устраняется. Кроме того, расчлененная ступица с пружиной оказалось склонной к резонансному движению по мере увеличения угловой скорости колеса.

При строительстве гражданских объектов, дорог, при выполнении работ в условиях чрезвычайных ситуации, при добыче недр, а также при выполнении сельскохозяйственных работ транспортным средством приходится преодолевать различные препятствия на своем пути, например, каменные завалы, лестничные препятствия, песок, болота, камни, снег, лед и др.

Решение этой проблемы сегодня сводится только лишь к модернизации колес транспортных средств. Повседневные наблюдения показывают, что традиционное пневмоколесо в условиях бездорожья теряет все свои преимущества, только по причине сталкивания своим ободом каждое

выступающее препятствие дороги и теряет набранную кинетическую энергию. Создается дискомфорт в экипажной части, в результате, вибрационного движение рамы, которое пагубно действует на все узлы и агрегаты. Эти обстоятельства предсказывают перейти к колесу без обода уже с дальнейших модернизаций колеса. Такие шагающее колесо, передвигающееся на нескольких спицах, и резко повышает свою проходимость при езде по повторяющимся выступам дороги и снижает частоты вибрации. Поэтому, это колесо имеет крайне простую конструкцию. Чтобы простейшее шагающее колесо стало универсальным опорно-двигательным устройством транспортных средств, нужно устранить вертикальные колебания ступицы и ударное приземление спиц при движении.

Такие шагающие колеса, будут передвигаться по асфальтированной дороге также как пневмоколесо, а по бездорожью превзойдут его. Это достигается путем установки на спицах подрессоренной пятки и жесткой дугообразной ступни.

Такие шагающие колеса, будут передвигаться по асфальтированной дороге также как пневмоколесо, а по бездорожью превзойдут его.

В указанных исследованиях проведены сравнительные расчеты работы пневмоколеса и различных видов колесно-шагающих движителей. И внедрены в учебный процесс в Казахском университете путей сообщения (Приложение А).

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ И КОЛЕСНО-ШАГАЮЩИХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

2.1 Методика оценки сравнения проходимости колес шагающих машин на примере коляски в условиях бездорожья

Проблемам проходимости колёсных машин посвящены исследования многих авторов в различных областях применения движителей. Но до сих пор не разработано методика оценки проходимости машин в условиях бездорожья. Поэтому возникла необходимость введения новых обобщающих критериев проходимости колеса независимо от того, к какому виду транспорта оно относится [3, с. 71].

В этой работе сделана, первая попытка дать количественную и качественную оценку этому понятию. Для этого анализируются различные виды возможных препятствий, связанных с состоянием и рельефом грунта. Перемещаясь в условиях бездорожья, каждое колесо движителя преодолевает препятствие. Взаимное влияние колёс между собой в начале анализа не учитывается. Поэтому предлагаемая методика сводится к исследованию движения только одного колеса.

Под проходимостью транспортных машин понимается их способность преодолевать препятствия в сложных условиях бездорожья. Это будет зависеть от характера препятствий и взаимодействия колеса с грунтом. Машины в различной степени связана с потерей определённой скорости и энергии [18]. Уменьшение проходимости шагающей машины в различной степени связана с потерей скорости и энергии, и зависит от характера препятствий и взаимодействия колеса с грунтом. Поэтому оценочные показатели проходимости должны характеризовать как постоянные свойства грунта, так и конструктивную способность машины двигаться в худших дорожных условиях.

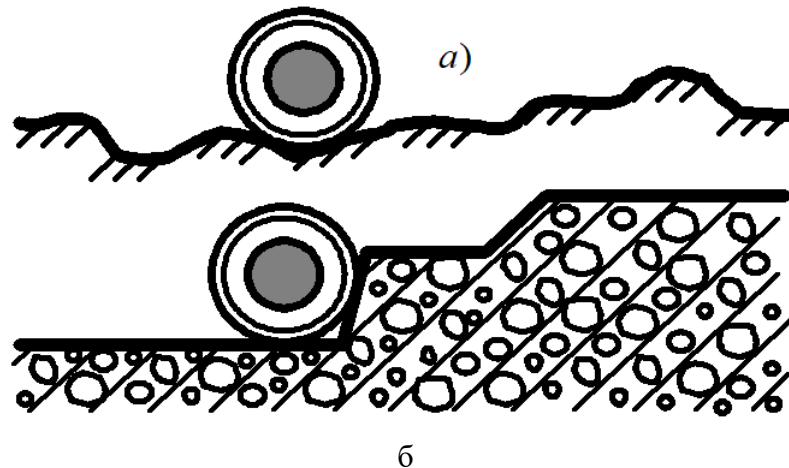
Снижение проходимости коляски в различной степени связана с потерей определённой скорости и энергии. Это будет зависеть от характера препятствий и взаимодействия колеса с грунтом. Следовательно, оценочные показатели проходимости должны характеризовать как постоянные свойства грунта, так и конструктивную способность коляски двигаться в ухудшенных дорожных условиях.

Предлагается [3, с. 46] разделить сопротивляемость грунтов передвижению колеса на следующие виды:

- профильная сопротивляемость грунта;
- весовая сопротивляемость грунта;
- фрикционная сопротивляемость грунта;
- наклонная сопротивляемость грунта.

Сопротивляемость характеризуется степенью неровности профиля грунта (рисунок 2.1). К таким грунтам относятся каменистый грунт, просёлочные дороги, пашня, стерня и т.д. Чтобы учесть степень сложности неровного профиля грунта, его длину сравнивают с длиной идеально гладкого

грунта, которая является проекцией длины неровного профиля на горизонтальную прямую.



а – проселочные дороги, стерня; б – каменистые, скальные грунты

Рисунок 2.1 – Неровности профиля грунта дороги

Предлагается ввести безразмерный коэффициент рельефности грунта:

$$k_p = \frac{s_D}{s_T},$$

где s_D – действительная длина пути по неровному профилю;

s_T – эталонная длина пути без рельефа (гладкого грунта).

Очевидно, что s_D всегда больше s_T и коэффициент рельефности грунта больше единицы.

Чем больше коэффициент рельефности грунта, тем сложнее профиль грунта, следовательно, ниже проходимость машины. Поэтому коэффициент проходимости колеса:

$$k_{\Pi} = \frac{1}{k_p} = \frac{s_T}{s_D},$$

причем $k_{\Pi} < 1$.

Разделив на время получим:

$$k_{\Pi} = \frac{v_T}{v_D},$$

где v_T , v_D – соответственно теоретическая и действительная скорости колеса.

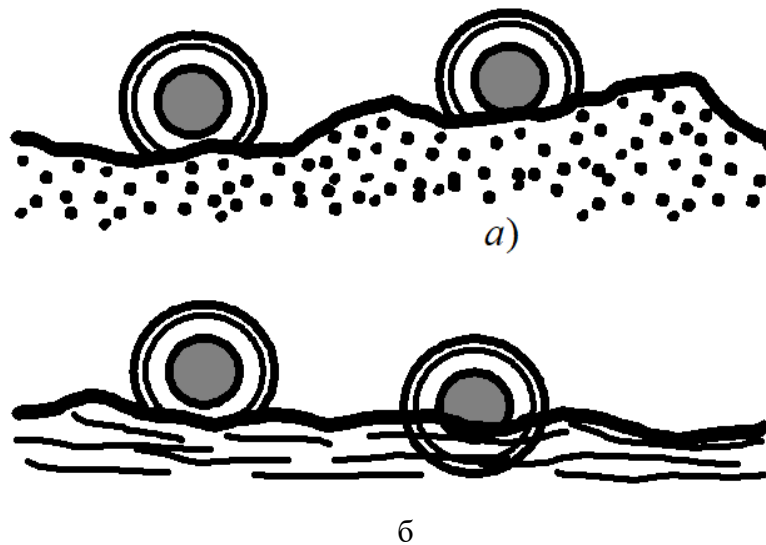
Учитывая, что кинетические энергии:

$$T_T = \frac{m v_T^2}{2} \quad \text{и} \quad T_D = \frac{m v_D^2}{2},$$

получим:

$$k_{\Pi} = \sqrt{\frac{T_T}{T_D}}$$

Мягкие грунты с рыхлые внутренним трением, такие как песок, снег, болото и т.п. Поэтому колесо тонет, образуя глубокую колею (рисунок 2.2).



а – песок, снег; б – болото

Рисунок 2.2 – Рыхлые грунты с малым внутренним трением.

Для характеристики этих грунтов вводится коэффициент весовой податливости грунта:

$$h_G = \frac{h}{p_{y\partial}},$$

где h – величина вертикальной деформации грунта;

$p_{y\partial}$ – удельное сопротивление грунта нормальному давлению колеса.

Имеет размерностью h_G будет в (см³/Н).

Чем меньше удельное сопротивление грунта, тем больше коэффициент податливости и больше высота колеи. Следовательно, проходимость колеса обратно пропорциональна коэффициенту податливости. Величину коэффициента проходимости получим, умножив h_G на параметры колеса:

$$k_{\Pi} = \frac{1}{h_G} \cdot \frac{r}{G_{y\partial}} = \frac{r}{h} \frac{p_{y\partial}}{G_{y\partial}},$$

где $p_{y\partial} = G_{y\partial}$, то $k_{\Pi} = \frac{r}{h}$;

r – радиус колеса;

$G_{y\partial}$ – удельный вес колеса.

Фрикционная сопротивляемость грунта характеризуется коэффициентом трения грунта.

В отличие от профильной проходимости рельеф грунта может быть ровным, но сила трения настолько мала, что происходит буксование колеса (лед, снег, болото и т.д., рисунок 2.3).

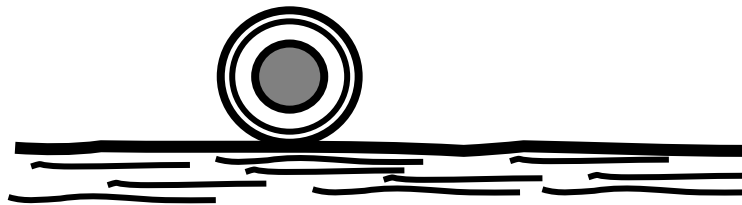


Рисунок 2.3 – Грунты с малым коэффициентом трения

Вводится коэффициент фрикционной сопротивляемости грунта

$$k_{\Phi} = \frac{n_D}{n_T} = \frac{1}{f},$$

где n_D – действительное число оборотов колеса при прохождении эталонного отрезка пути по грунту;

n_T – теоретическое число оборотов колеса при прохождении эталонного отрезка без скольжения;

f – коэффициент трения обода колеса о рассматриваемый грунт.

Чем меньше f - коэффициент трения обода колеса о рассматриваемый грунт, тем сложнее грунт.

Коэффициент сопротивляемости грунта больше единицы. Коэффициент проходимости колеса:

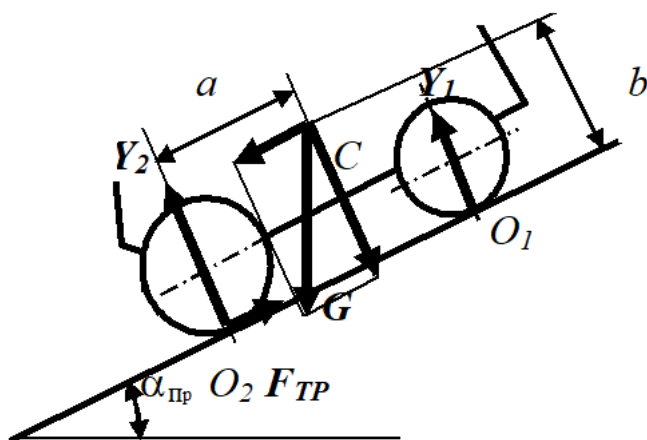
$$k_{\Pi} = \frac{1}{k_{\Phi}}$$

или $k_{\Pi} = f.$

Таким образом, проходимость колеса увеличится с увеличением коэффициента трения. Для этого надо либо изменить материал обода колеса, либо увеличить величину нормального давления колеса на грунт.

Наклонная сопротивляемость грунта характеризует проходимость машины на склонах без опрокидывания.

Различают в транспорте продольную и поперечную устойчивость машины. Максимальный угол подъема, на котором транспортное средство может работать без опрокидывания, называется предельным углом наклона α_{np} (рисунок 2.4). Опрокидывание транспортного средства наступает, когда передние колёса полностью разгружаются и действующая на них нормальная реакция $Y_n=0$. Вся весовая нагрузка воспринимается задними колёсами, где действует нормальная реакция дороги $Y_k = \cos \alpha_{np}$:



На рисунке 2.4 – Схема сил к определению продольной устойчивости машины

Из условия равновесия машины относительно возможной оси опрокидывания O_2 имеем:

$$G \cos \alpha_{np} \cdot a - G \sin \alpha_{np} \cdot b = 0,$$

где a, b – центра тяжести с координатами коляски;

G – вес коляски.

Отсюда:

$$\operatorname{tg} \alpha_{np} = \frac{a}{b}.$$

Пренебрегая момент сопротивления на качение задних колёс M_{fk} , при предельном угле подъема коляски вектор силы тяжести проходит через точку O_2 .

Предельный угол подъема для колёсных движителей обычно $\alpha_{np} \approx (35^\circ - 40^\circ)$. Примерно в этих же пределах находится рассматриваемый угол для шагающей коляски.

Допустимым углом поперечного уклона, при котором коляска не опрокидывается и не сползает, называется угол β_{np} . На рисунке 2.5 показаны силы, действующие на коляску, стоящую на предельном поперечном уклоне.

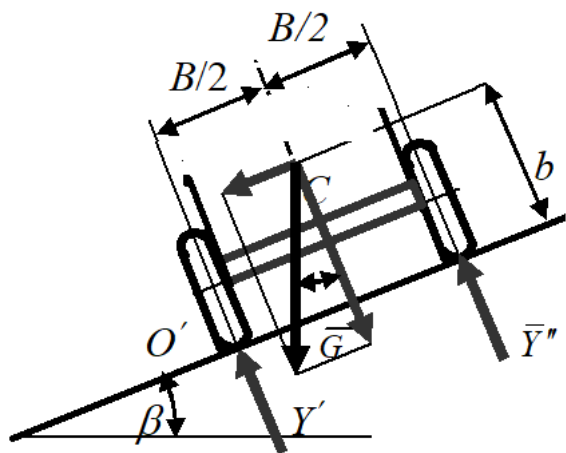


Рисунок 2.5 – Схема сил к определению поперечной устойчивости

Уравнение моментов относительно O' имеет вид:

$$G \sin \beta_{np} \cdot b - 0.5BG \cos \beta_{np} = 0,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \beta_{np} = \frac{B}{2b}.$$

2.2 Устойчивость шагающих колясок

Бездорожное транспортное средство в виде коляски рассчитывают на продольную и поперечную устойчивость. Исходными данными для расчета являются масса всей коляски с инвалидом и основных элементов и агрегатов, координаты центров масс, колея, база, радиус поворота, коэффициент продольного и поперечного сцепления колес с основанием [9]. Поперечная устойчивость это один из важных качеств данной коляски, поперечная устойчивость характеризуется показателями: v_z - максимальная критическая скорость начала заноса коляски при движении по окружности, м/с; v_o - максимальная критическая скорость начала опрокидывания коляски при движении по окружности, м/с; β_z - максимальный критический угол косогора, определяющий начало поперечного скольжения колес, при движении поперек наклонной плоскости; β_o - максимальный критический угол косогора, определяющий начало опрокидывания коляски поперек движения.

Параметры для определения критических значений v_o , v_z , β_z и β_o являются: радиус $r_{\min}$ поворота продольного движения коляски; b – колея; $\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент поперечного сцепления колес при движении по сухой

поверхности; координаты l_i , h_i центра тяжести основных элементов и подсистем коляски. суммы моментов сил из уравнения инерции относительно линии опрокидывания при криволинейном движении коляски по дуге радиусом $r_{\min}$:

$$\sum M_i h_i = m_{\Sigma} h_{ц.т.}$$

определяют вертикальную координату $h_{ц.т.}$ расположения центра тяжести коляски:

$$h_{ц.т.} = \sum M_i h_i / m_{\Sigma}$$

где m_{Σ} – суммарная масса коляски,

$m_{\Sigma} = \sum m_i$ (m_i – масса отдельных элементов).

Максимально допустимую скорость движения определяют из следующего условия предотвращения опрокидывания:

$$M_{уд} > M_{опр}$$

где $M_{уд}$ – момент, удерживающий коляску от опрокидывания,

$$M_{уд} = M_{\Sigma} g B / 2;$$

$M_{опр}$ – момент опрокидывания под действием центробежной силы инерции.

$$m_{\Sigma} v_0^2 h_{ц.т.} / R_{\min}$$

По условию опрокидывания определяют значение критической скорости:

$$v_0 = \sqrt{g \cdot B R_{\min} / (2 h_{ц.т.})}.$$

По условию заноса определяют критическую скорость из неравенства:

$$P_{сц} \geq P_{ц}$$

где $P_{сц}$ – сила инерции при боковом скольжении колес;

$P_{ц}$ – центробежная сила инерции.

Выполняя условия,

$$v_0 \leq g \varphi_{сц} R_{\min}$$

Критический угол поперечного наклона дороги по условию скольжения коляски определяют из неравенства:

$$P_{\text{сц.укл}} \geq P_{\text{кас}},$$

где $P_{\text{сц.укл}}$ – сила сцепления коляски на уклоне:

$$P_{\text{сц.укл}} = G_{\Sigma} \cos \beta_3 \varphi_{\text{сц}}$$

$$(G_{\Sigma} = m_{\Sigma}g)$$

где $P_{\text{кас}}$ – касательная составляющая силы тяжести, сдвигающая коляску;

$$P_{\text{кас}} = G_{\Sigma} \sin \beta_3.$$

Из этого условия определяют:

$$\beta_3 \leq \arctg \varphi_{\text{сц}}$$

По условию опрокидывания также определяют критический угол поперечного уклона дороги β_0 из неравенства:

$$M_{\text{уд}} > M_{\text{опр}}$$

где $M_{\text{уд}}$ – момент, удерживающий коляску от опрокидывания:

$$M_{\text{уд}} = G_{\Sigma} \cos \beta_0 (B/2)$$

где $M_{\text{опр}}$ – момент опрокидывания:

$$M_{\text{опр}} = G_{\Sigma} \sin \beta_0 h_{\text{ц.т}}$$

Исходя из этого условия:

$$\beta_0 \leq \arctg [B/(2h_{\text{ц.т}})]$$

Надо учесть, что боковые уклоны, откосы не безопасны для перемещения коляски, где они в полнее могут упасть на бок. Например, установлены предельные уклоны, преодолеваемые коляски: при подъеме (8° – 13°), при спуске (15° – 22°), боковой уклон (5° – 7°).

Неровности, кочки, ямы, как правило, уменьшают размер преодолеваемого уклона.

2.3 Общая методика оценки проходимости

Целью предлагаемой методики является количественная оценка проходимости обычного колеса (колеса с ободом) и колесно–шагающего устройства (колеса без обода).

Изложенная методика оценки проходимости обычного и колесно–шагающего устройства являются сравнительной. Для получения количественной оценки необходимо рассмотреть подробно процесс преодоления колесом отдельного препятствия [10].

Процесс перекатывания колеса через препятствие высотой h исследуем в три этапа и рассмотрим каждый этап в отдельности.

Первый этап преодоления препятствия.

На этом этапе удар обода колеса о препятствие, при этом происходит смятие или деформация поверхности (рисунок 2.6) грунта. Грунт уплотняется и возникает сила упругого сопротивления грунта $P_{уп}$.

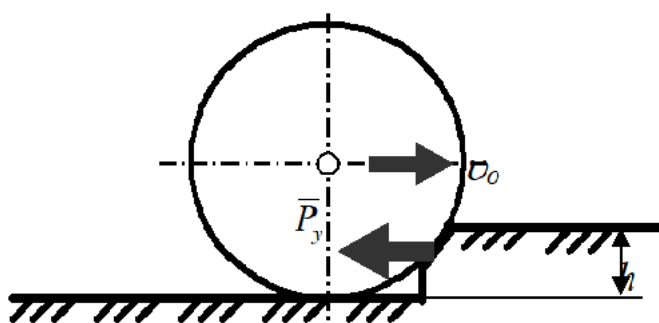


Рисунок 2.6 – Первый этап преодоления препятствия колесом

Кинетическая энергия колеса уменьшается на величину энергии, затраченной на уплотнение грунта. Первоначальная скорость поступательного движения колеса также снижается. Изменение кинетической энергии происходит за счёт работы силы упругости при линейной деформации грунта ε .

В соответствии известной теореме об изменении кинетической энергии запишем:

$$T_1 - T_0 = -P_y \varepsilon, \quad (2.1)$$

где T_0 – первоначальная кинетическая энергия колеса;

T_1 – кинетическая энергия колеса в конце первого этапа.

Так как колесо совершает плоскопараллельное движение, то кинетическая энергия в начале удара о препятствие равна:

$$T_0 = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{J\omega_0^2}{2}.$$

а кинетическая энергия в конце удара:

$$T_1 = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{J\omega_1^2}{2},$$

где v_0 и v_1 – скорость центра колеса в начале и конце первого этапа;

ω_0 и ω_1 – угловая скорость вращения колеса в начале и в конце удара;

M – масса движителя, приходящаяся на одну ось;

m – масса колеса;

$J = m\rho^2$ – момент инерции колеса;

ρ – радиус инерции колеса.

Если радиус колеса равен r , то:

$$v_0 = \omega_0 \cdot r, \quad v_1 = \omega_1 \cdot r.$$

Тогда выражения кинетических энергий примут вид:

$$T_0 = \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_0^2}{2}, \quad T_1 = \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_1^2}{2}.$$

Подставив эти формулы получим:

$$\left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_1^2}{2} - \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_0^2}{2} = -P_y \varepsilon.$$

Отсюда скорость v_1 колеса в конце первого этапа:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2P_y \varepsilon / \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right)}.$$

Из формулы следует, что первоначальная скорость колеса v_0 уменьшается до v_1 .

Кинетическая энергия колеса в конце первого этапа снижается до значения:

$$T_1 = T_0 - P_y \varepsilon. \quad (2.2)$$

Второй этап преодоления препятствия

Второй этап преодоления препятствия. На втором этапе происходит уплотнение грунта до тех пор, пока сила трения (сцепления) не достигнет

значения, необходимого для того, чтобы колесо перекатывалось по поверхности препятствия (рисунок 2.7).

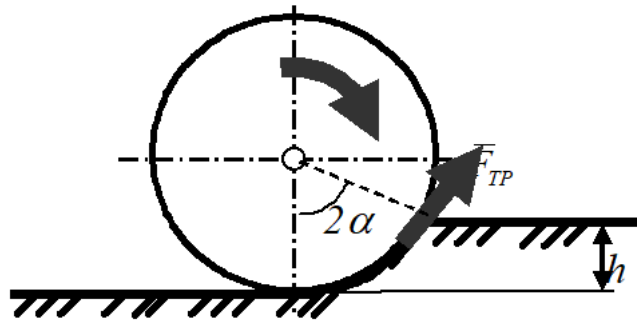


Рисунок 2.7 – Второй преодоления препятствия колесом

Изменение кинетической энергии будет происходить за счёт работы, затраченной на преодоление силы трения. Сила трения определяется по формуле:

$$F_{mp} = f \cdot N = f \cdot G \cos \alpha,$$

где f – коэффициент трения;

N – нормальная реакция грунта;

G – сила тяжести, приходящаяся на одно колесо.

Согласно рисунку 2.7:

$$\cos 2\alpha = \frac{r - h}{r},$$

Отсюда:

$$\alpha = \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{r - h}{r} \right).$$

На этом этапе изменение кинетической энергии равно, формула (2.3):

$$T_2 - T_1 = -F_{mp} \cdot r. \quad (2.3)$$

Значение T_1 определяется формулой (2.2).

$$T_2 = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{J\omega_2^2}{2},$$

в конце второго этапа кинетическая энергия где v_2 и ω_2 – скорость и угловая скорость колеса.

С учётом выражений T_1 и T_2 формула (5) будет иметь вид:

$$\left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_2^2}{2} - \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_1^2}{2} = -F_{mp} \cdot r,$$

где $v_1 = \omega_1 r$;

$v_2 = \omega_2 r$.

Отсюда скорость центра колеса в конце второго этапа уменьшится до величины:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2F_{mp} \cdot r / \left(M - m \frac{\rho^2}{r^2} \right)}.$$

Кинетическая энергия в конце второго этапа стала равной:

$$T_2 = T_1 - F_{mp} \cdot r. \quad (2.4)$$

Третий этап происходит синхронно одновременно со вторым. При этом колесо поворачивается относительно точки D, поднимая при этом собственный вес на высоту h (рисунок 2.8).

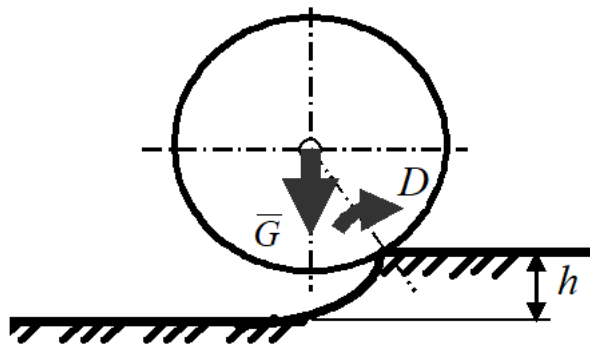


Рисунок 2.8 – Третий этап преодоления препятствия колесом

Изменение кинетической энергии на этом этапе будет происходить за счёт работы, затраченной на подъём веса, т.е.:

$$T_3 - T_2 = -Gh. \quad (2.5)$$

Кинетическая энергия в конце третьего этапа:

$$T_3 = \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_3^2}{2}.$$

Подставив T_2 и T_3 в формулу (2.5) получим:

$$\left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_3^2}{2} - \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right) \frac{v_2^2}{2} = -Gh,$$

откуда скорость колеса в конце третьего этапа равна:

$$v_3 = \sqrt{v_2^2 - 2Gh / \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right)}.$$

Окончательно, кинетическая энергия колеса после преодоления препятствия высотой h будет иметь вид:

$$T_3 = T_2 - Gh.$$

Таким образом, потеря энергии колесом T равна разности первоначальной и конечной кинетических энергий:

$$T = T_0 - T_3$$

или

$$T = T_0 - P_y \cdot \varepsilon - F \cdot r - G \cdot h \quad (2.6)$$

Скорость колеса после преодоления препятствия равна:

$$v_k = \sqrt{v_0^2 - \frac{P_y \varepsilon + F_{mp} r + Gh}{M + m \rho^2 / r^2}}. \quad (2.7)$$

Энергию и скорость теряет колесо при преодолении только одного препятствия. Для колесно-шагающего устройства, преодолевающего аналогичное препятствие, из трёх этапов остаётся только последний.

Задавшись числом препятствий на единице длины пути можно судить не только о проходимости колеса, но и о необходимой мощности двигателя. Следовательно, оно тратит энергию только на подъём собственного веса, что значительно снижает энергозатраты на преодоление выступа дороги.

Кинетическая энергия и скорость колесно-шагающего устройства определяются по формулам (2.8):

$$T_u = T_o - Gh, \quad v_u = \sqrt{v_o^2 - 2Gh / \left(M + m \frac{\rho^2}{r^2} \right)}. \quad (2.8)$$

Рассмотрим применение изложенной методики расчёта затрат энергии колеса на следующих примерах [10, s. 73]. Потери энергии рассчитывались для различных колес: колесного движителя дорожно-строительных машин, железнодорожного колеса и колесно-шагающего устройства. Для колеса радиуса $r=0,6$ м задавались следующие значения: $\rho=0,4$ м, $f=0,3$, высота h менялась от величины $h=0,1r$ до $h=r$. Сила упругости рассчитывалась с учётом того, что давление грунта равно 1000 Н/см^2 , на один квадратный сантиметр площади пятна контакта поверхностей колеса и грунта равна 225 см^2 . Тогда $P_y=1000 \cdot 225=225 \ 000 \text{ Н}$. Величина линейной деформации $\varepsilon=0.01 \text{ м}$. Первоначальная скорость центра колеса изменялась от 5 до 30 м/с.

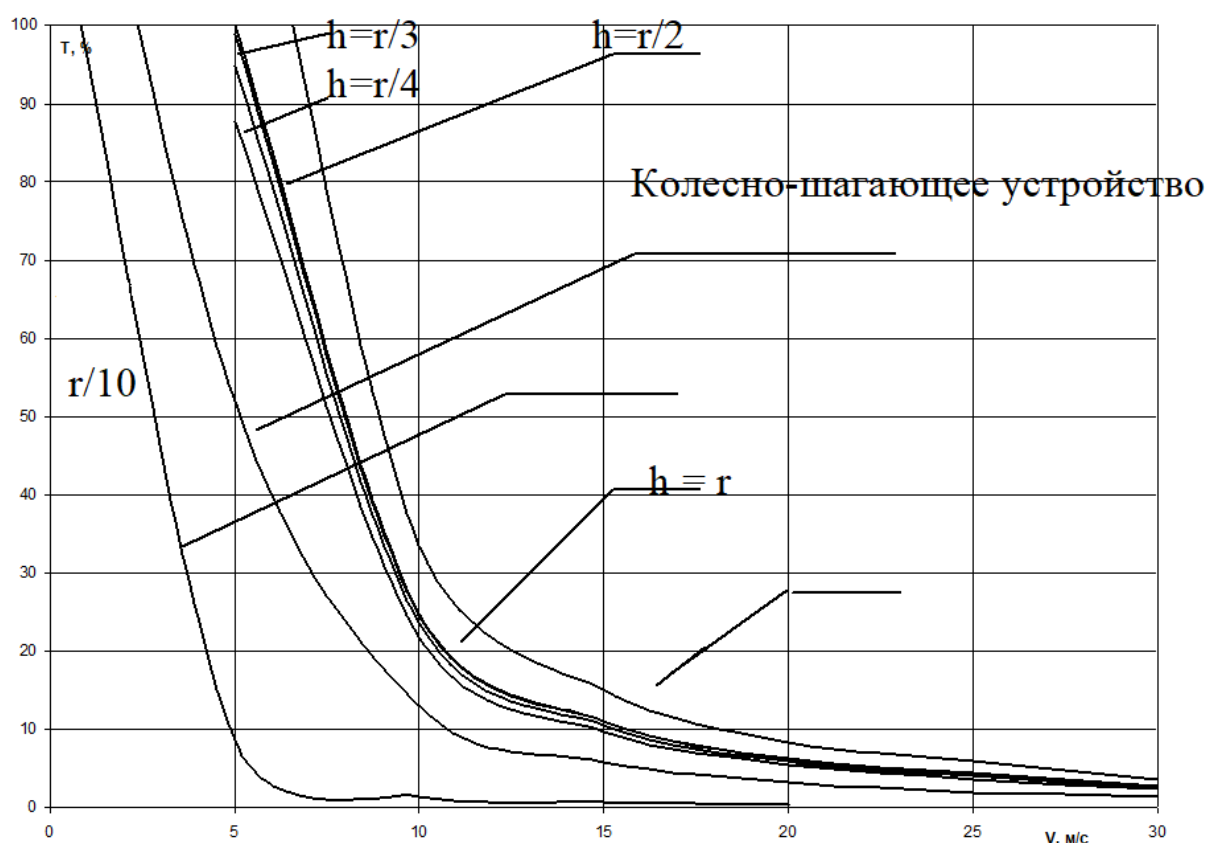


Рисунок 2.9 – График энергозатрат колеса на преодоление препятствий

На рисунке 2.9 показан график изменения потерь кинетической энергии T в зависимости от скорости $T(v_0)$ в % для различных значений высоты препятствия.

Из рисунка 2.9 (графика) видно, что при скорости, близкой к 5 м/с, энергия колеса почти полностью теряется, а при скорости (15-20) м/с затраты энергии падают до 10-5%. Таким образом, с увеличением скорости, затраты первоначальной энергии уменьшаются, т.е. препятствие преодолевается инерцией движителя. Верхняя кривая соответствует большим затратам энергии, при $h=r$ (предел проходимости).

Железнодорожное колесо, с диаметром $D=950$ мм, следующие численные значения: $\rho=0.43$, $h=5$ мм, $f=0.02$, $M=15000$ кг, $m=1000$ кг, $c = 2000 \cdot 10^6$ Н/м – коэффициент упругости рельса, величина деформации $\varepsilon=0.003$ м. На графике колесу (железнодорожному) соответствует нижняя кривая. В виду небольшой высоты стыка рельсов ($h=5$ мм) затраты энергии меньше, причем T (%) резко падает от 100% до 50% при малых скоростях от 3.6 м/с до 5 м/с. Для колесно-шагающего устройства затраты энергии рассматривалась только на третьем этапе, а параметры колеса задавались, как и для колесного движителя. Из рисунка 2.9 (графиков) энергозатраты колесно-шагающего устройства более чем в 2 раза меньше, чем у обычного колеса.

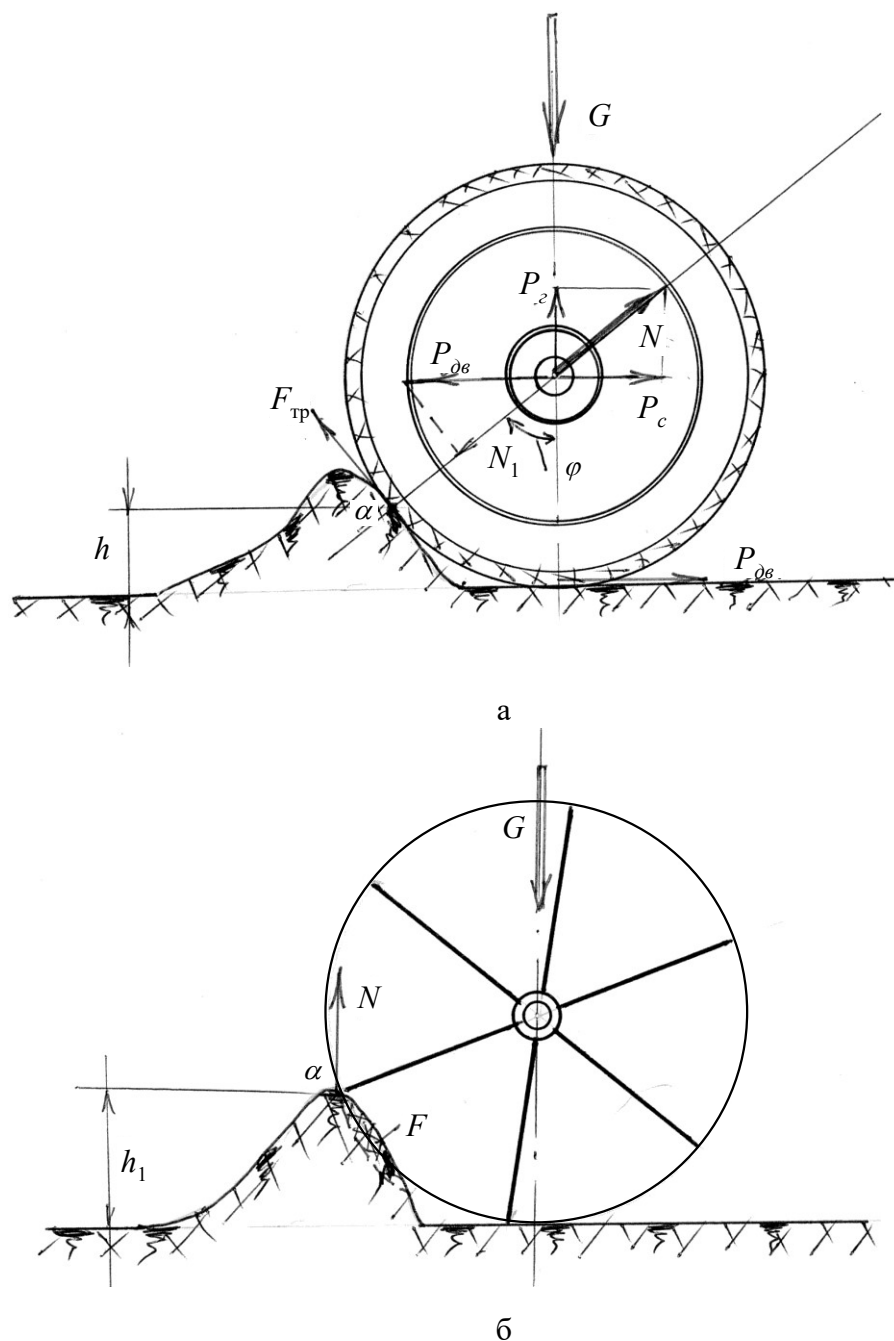
2.4 Взаимодействия колеса с неровностями дороги

Колеса с ободом (рисунок 2.10а) при сталкивании с выступающими неровностями дороги испытывает сложный процесс взаимодействия, сопровождающийся постоянным буксованием и вертикальным галопированием.

В точке «а» первоначального сталкивания с препятствием колесо испытывает силу взаимодействия со стороны препятствия N , которую воспринимают по нормам к кривизне обода [9, с. 35]. Далее это сила стремится совершать работу по направлениям степени свободы колеса. Колесо может двигаться назад и вверх, поэтому сила N раскладывается на две составляющие силы P_c и P_r . Если в этот момент сила P_r больше силы G , то колесо относительно точки «а» вращается и преодолевает препятствия ценой (опрокидывание) галопирования. Процесс повторяется: движущая сила опять прижимает колесо к поверхности препятствия с максимальной силой – и этот процесс возобновляется до тех, пока размер силы трения не будет достаточной для удержания колеса в точке «а» при действии внешнего момента $M = G \cdot r \sin \varphi$, который осуществляет подъем колеса, нагруженное весом G относительно точки «а». Если разность $P_{dv} - P_c < 0$, то происходит откалывание колеса назад.

Если разность $P_{dv} - P_c < 0$, то происходит откалывание колеса назад. Это происходит при значении угла φ , соответствующего пределу проходимости колеса. Установлено, этот предел наступает при высоте выступа « h », равной:

$$h = 2/3 \cdot r$$



а – колеса с ободом; б – колеса без обода

Рисунок 2.10 – Взаимодействие колеса с препятствием

Иная картина наблюдается при столкновении шагающего колеса с препятствием дороги (рисунок 2.10б). Поскольку спицы на неровности дороги наступают сверху, то направление силы нормальной реакции практически направлено вертикально вверх [10, с. 76]. Конец спицы в точке контакта «а» удерживается за счет силы объемного сопротивления, определяющегося коэффициентом сдвига грунта определенного объема (на рисунке показан штриховкой).

Величина этой объемной силы для твердого грунта достаточно велика, и поэтому буксование практически исключается. Колесо поднимается на

препятствие, поднимая вес G относительно точки контакта «а». Предел проходимости наступает при $h_1 \geq r$.

Если учесть, что шагающее колесо сталкивается не всеми препятствиями на пути, как это происходит с колесом с ободом, а их частью, то очевидно, что при езде в условиях бездорожья, энергозатраты на передвижение для шагающего колеса будут на порядок ниже чем для пневмоколес.

2.5 Шагающее колесо на спицах

Колесно-шагающий движитель основан на принципе устранения удара обода колеса о неровности опорной поверхности [4, с. 31]. На рисунке 2.11 показано обычное колесо транспортных средств. Точка контакта a колеса при езде всегда расположена сзади по отношению к передней части его обода. Поэтому точка b выступа опорной поверхности встречает обод колеса первой и происходит удар.

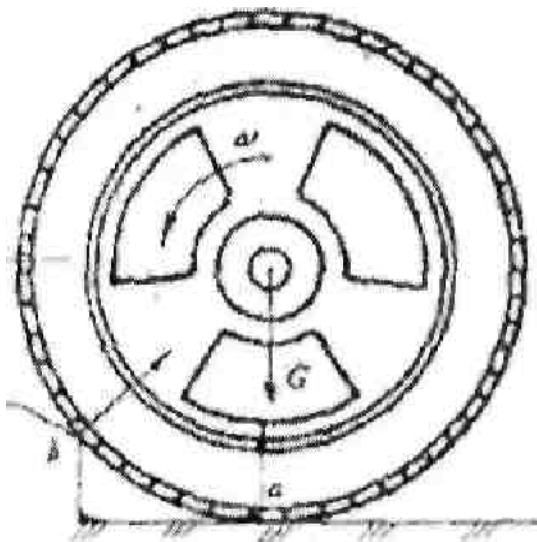


Рисунок 2.11 – Удар обода о препятствие

Это создает дополнительное сопротивление движению колеса. Только после удара колесо начнет перекатываться, поднимать вес машины относительно точки b выступа опорной поверхности. Этот процесс, на первый взгляд мало заметный и неучтенный, поглощает немало энергии и нарушает равномерность движения.

Удары колесной пары о стыки соединения рельсов железнодорожного транспорта создают целую серию неприятностей, связанных с разрушением и износом пути и являются источником механических и звуковых колебаний [11].

Исключение из конструкции колеса обода, приводит в (рисунок 2.12) колесно-шагающему устройству.

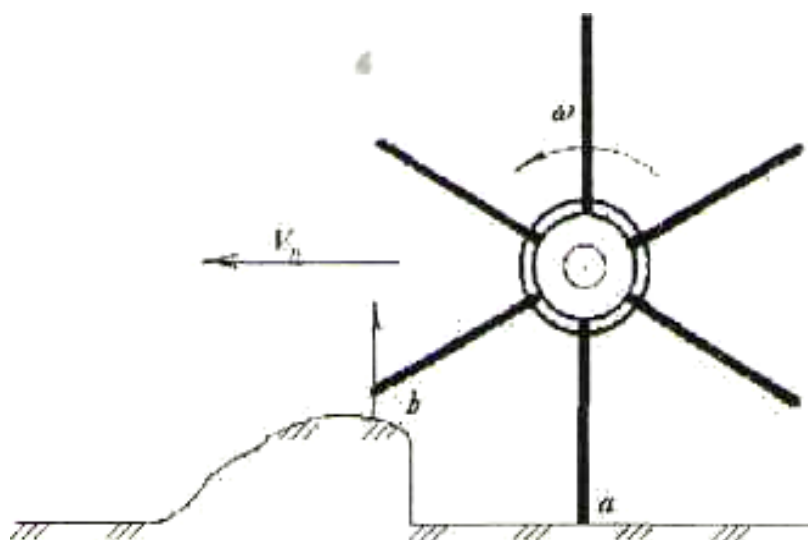


Рисунок 2.12 – Колесо без обода

Колесно-шагающее устройство конструктивно прост – состоит из одного звена, резко повышает проходимость, но, при этом, появляются другие неприятности. Это- вертикальное колебание ступицы даже при езды по ровной поверхности дороги и ударное приземление спицы.

Для устранения этих недостатков в работе [8, с. 44; 12] исследовалось шагающее колесо со стопой, где использован голено-стопный эффект конечности человека (рисунок 2.13).

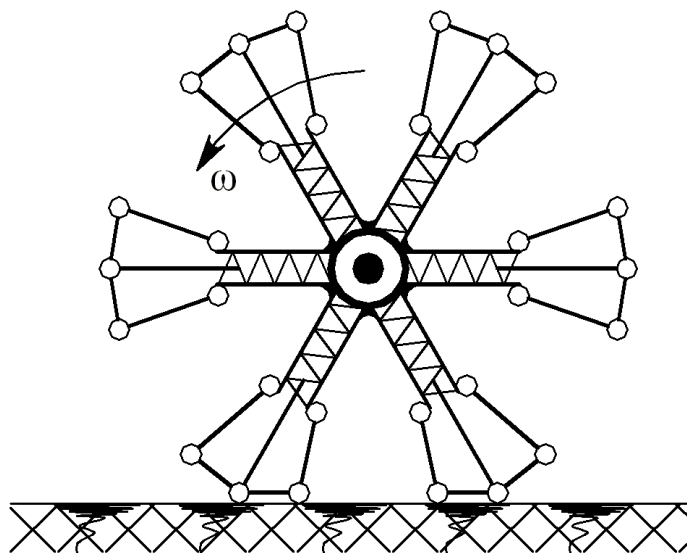


Рисунок 2.13 – Шагающее колесо со стопой

К ступице колеса жестко закреплены трубчатые спицы, вдоль которых одним концом передвигаются выдвижные штанги, связанные двумя опорными башмаками, другие концы которых шарнирно связаны с трубчатыми спицами с помощью стержня, образуя два единичных четырехзвенных механизмов. Причем эти механизмы воспринимают нагрузку поочередно. Если приземляется задним башмаком, то передний башмак и соответственно

передний четырехзвенник работает в холостую. Совместные и поочередные работы этих механизмов при вращении ступицы колеса обеспечивают прямолинейности движения центра ступицы.

Хотя устранены указанные недостатки первого шагающего колеса, конструкция изрядно усложнилась. Поэтому такое шагающее колесо рекомендовано для тихоходных транспортных средств.

В работе [12, с. 56] предложен шагающий движитель коляски, установленный шагающим колесом, предназначенным для перемещения по лестничным маршам (рисунок 2.14). Упирающее устройство виде крестовы, сочлененной разными колесами, является давно известным устройством, он также служит для перемещения по лестницам. Устройство используется для сохранения дополнительной устойчивости коляски.

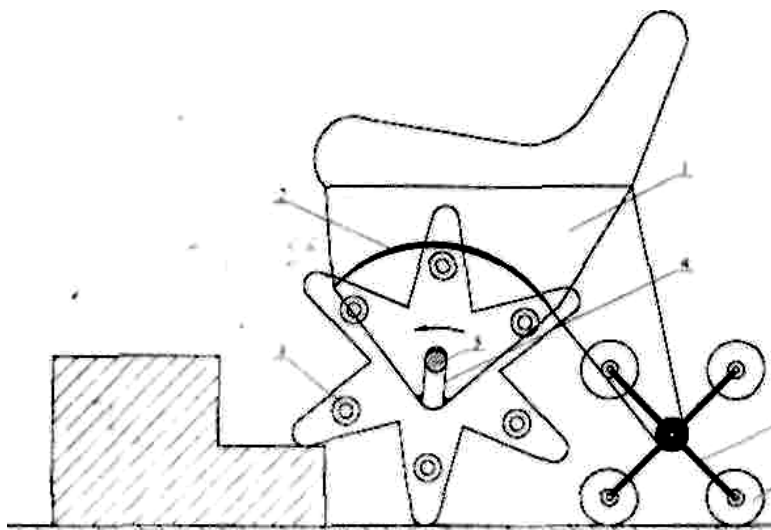


Рисунок 2.14 – Колесно-шагающий движитель коляски

Колесно-шагающий движитель устроен из рамы 1, кулачковые направляющие 2, и направляющий сквозной 4, сделанный вдоль вертикальной оси симметрии кулачкового направлявшего шагающего колеса, жестко выполненный со своей ступицей 5 и имеющий роликовые опоры 3 в каждой отдельной спице. Вертикальные колебания ступицы устранены за счет вогнутой направляющей рамы. А ударное приземления спицы неустроено.

В работе [8, с. 42] также рассматривается вторая модификация шагающего колеса (рисунок 2.15), где спица расчленена на две части. Вторая часть шарнирно связана с первой жесткой частью шарнирно, а задний конец ее с помощью пружины связан со ступицей.

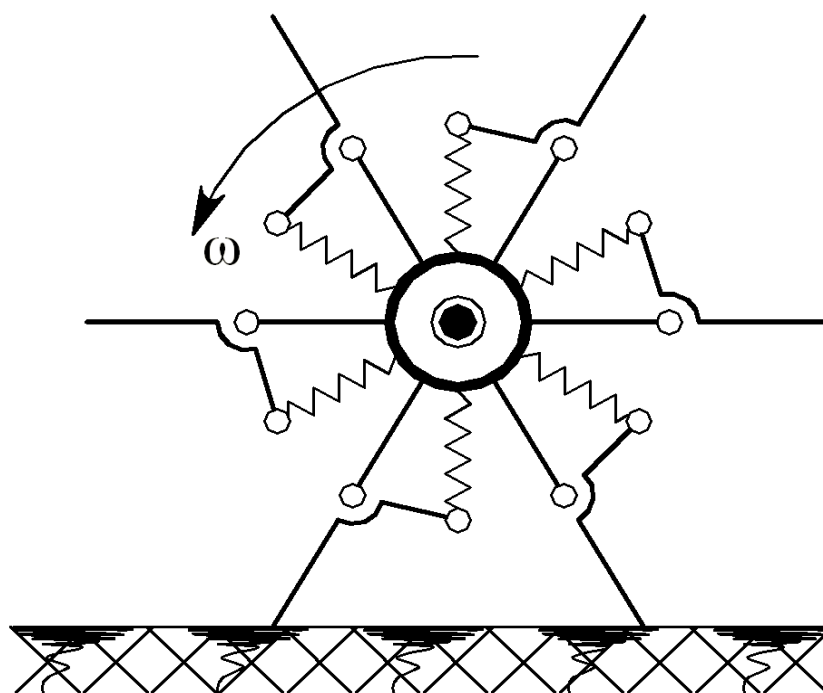


Рисунок 2.15 – Модификация шагающего колеса

Таким образом зачет деформации пружины общая длина ступицы укорачивается по мере увеличения проекции силы веса и тем самым вертикальное колебание уменьшается. Как подробное исследование динамической модели показывает, что вертикальное колебание ступицы полностью не устраняется [13, 14]. Кроме, того расчлененная ступица с пружиной оказалось склонной к резонансному движению по мере увеличения угловой скорости колеса.

2.6 Динамический синтез схемы шагающего колеса коляски с упругими спицами

Конструкция шагающего колеса с упругими спицами работает так, чтобы при приземлении одной спицы, другая поднимается [15]. Таким образом опорная спица, воспринимая проекции силы веса G , падающий на одно колесо, вращается относительно опорной точки O_I (рисунок 2.16). Период одного шага (если шестиспицевое колесо, то угол поворота $\varphi = 60^\circ$). При этом спица, снабженная упругим элементом (в данном случае штанга с пружиной, перемещающаяся вдоль спицы), перемещается на величину упругой части R_y .

В данном случае спица, заменяющая функцию колеса на участке угла поворота спицы 30° , является автономной и консервативной системой, находящейся под действием проекции силы веса G и силы возвратной пружины с жесткостью C . В процессе вращения за счет деформации пружины укорачивается под [16] действием нарастающей проекции силы веса G . Требуется определить значения некоторых параметров, позволяющих приблизить траекторию ступицы к прямой линий OO^I .

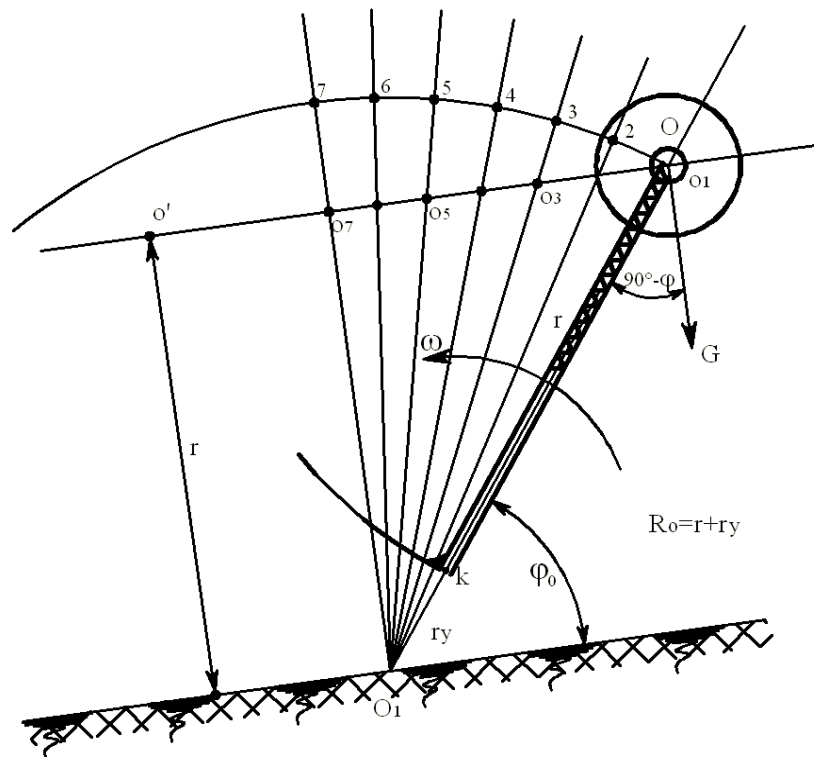


Рисунок 2.16 – Траектория деформации

В данном случае достаточно знать величину деформации пружины под действием указанных сил [17]. Рассматривается перемещение центра ступицы вдоль оси спицы, первоначальная длина которой равна:

$$R_o = r + R_v,$$

где r – (радиус) длина не изменяющей части спицы;

R_v – длина изменяющей (упругой) части спицы.

Угол $\varphi = 60^\circ$ первоначальный угол, показывающий первое положения спицы OO' .

Составим дифференциальное уравнение движения этой системы:

$$J \frac{d\omega}{dt} = -M_c(\varphi) = -R(\varphi) \cdot G \cos \varphi \quad (2.9)$$

$$-C \cdot X + G \sin \varphi = 0 \quad (2.10)$$

$$X = R_0 - R(\varphi) \quad (2.11)$$

Движение центра ступицы (рисунок 2.16) O по инерции определяется под действием момента сопротивления M_c и описывается уравнением (2.9). Момент M_c зависит от веса G и от плеча $R_o \cos \varphi$. Спица упругая ее длина R изменяется

в зависимости от положения спицы, т.е. от угла φ . Количественно это изменение длины $R(\varphi)$ зависит от жесткости пружины и проекции силы веса G . Это изменение описывается уравнением (2.10), где $G \sin \varphi$ проекция силы веса G , направленная вдоль спицы. Эта сила растет по мере вращения спицы относительно опоры O_I до вертикального ее положения. Эту нагрузку воспринимает пружина с жесткостью « C » и деформируется на величину X . Эта система уравновешенных сил, не совершает внешнюю работу, но приводит к изменению длины радиуса спицы $R(\varphi)$. Величина деформации X еще зависит от первоначальной длины R_0 . Эта зависимость описывается уравнением (2.11).

Поэтому значение X из (2.11) подставим на (2.10) и определим:

$$R = R_0 - \frac{G}{C} \sin \varphi \quad (2.12)$$

Это значение, R подставив на (2.9) получим:

$$J_n \frac{d\omega}{dt} = -G \cos \varphi \left(R_0 - \frac{G}{C} \sin \varphi \right)$$

$$J_n \frac{d\omega}{dt} = -G \cdot R_0 \cos \varphi + \frac{G^2}{C} \sin \varphi.$$

Правой и левой части уравнения умножим на $d\varphi$:

$$\omega d\omega = -\frac{G \cdot R_0}{J_n} \cos \varphi d\varphi + \frac{G^2}{C \cdot J_n} \sin \varphi d\varphi$$

Интегрируя, получим:

$$\omega^2 = +\frac{2 \cdot G \cdot R_0}{J_n} \sin \varphi + \frac{2G^2}{C \cdot J_n} \cos \varphi.$$

Из этого уравнения определим, J тогда получим:

$$J_n = \frac{2G \cdot C \cdot R_0 \sin \varphi + 2G^2 \cos \varphi}{C \cdot \omega^2};$$

или

$$J_n = \frac{2G \cdot R_0 \sin \varphi}{\omega^2} + \frac{2G^2}{C \cdot \omega^2} \cos \varphi. \quad (2.13)$$

Итак, мера инертности механизма зависит от:

$$J_n = f(G, \omega, R_0, C, \varphi).$$

При проектировании колеса задаются некоторыми величинами из других соображений [16, с. 83], т.е.:

R_0 – первоначальная длина спицы.

$H = R_0 \cos 30^\circ = 0.86R_0$ – просвет колеса (для шести спицевого колеса).

$X^{\max} = R_0 - H = 0.14R_0$ – максимальная величина деформации пружины соответствующая значению $\varphi = 90^\circ$;

φ_0 – начальный угол приземления спицы, для шести спицевого колеса $\varphi_0 = 60^\circ$.

G – вес транспортного средства, падающий на одно колесо.

ω – угловая скорость вращения ступицы колеса.

Из (2.13) определяется величина вертикального колебания ступицы. Задав лишь величиной жесткости пружины – C , находим:

$$R = R_0 - \frac{G}{C} \sin \varphi$$

где φ – угол изменяется в пределах $\varphi = 60^\circ \div 90^\circ$.

А затем определяется:

$$R \sin \varphi - 0.86R_0 = \pm \Delta$$

где Δ – величина вертикального колебания. Принимается компромиссное решение.

После достижения допустимого значения вертикального колебания ступицы ($\pm \Delta$), из (2.12) определяется момент инерции колеса:

$J = f_1(\varphi)$ После определения значений J , соответствующие значениям φ_i , определяется из (2.13) значения угловой скорости колеса ω_i , соответствующие значениям φ_i :

$$\omega = f_2(\varphi)$$

Из полученных значений ω_i , определяется:

$$\omega^{\max}, \omega_{\min},$$

а затем определяется неравномерность хода колеса:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{cp}}$$

где

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}.$$

Для простоты решения этой задачи желательно пользоваться более удобной моделью, которая решается численными методами.

Как из равенства:

$$X = -\frac{2A_i}{\omega^2 M + C}, \quad (X_0 = 0.14\text{ м})$$

видно, что значения X не зависят от параметров, связанных с радиусом колеса R_0 , кроме X_0 (ход штанги), который равен:

$$X_0 = 0.14R_0$$

Для ряд значений ω определим X из равенства:

$$X = -\frac{2A_i}{\omega^2 M + C} \quad (\text{для } \varphi_1 = 60^\circ)$$

Для указанного значения φ_1 (момент приземления спицы): $X_0 + X = 0$

$$\text{При } \omega_1 = 0 \quad X_1 = -\frac{2 \cdot 1000 \cdot 0.86}{100 + 1000} = -1.56\text{ м}$$

$$\text{При } \omega_2 = 5 \frac{1}{C} \quad X_2 = -\frac{1720}{5^2 \cdot 100 + 1000} = -0.49(\text{м})$$

$$\text{При } \omega_3 = 10 \frac{1}{C} \quad X_3 = -\frac{1720}{100 \cdot 100 + 1000} = -0.156(\text{м})$$

$$\text{При } \omega_4 = 15 \frac{1}{C} \quad X_4 = -\frac{1720}{225 \cdot 100 + 1000} = -0.07(\text{м})$$

$$\text{При } \omega_5 = 20 \frac{1}{C} \quad X_5 = -\frac{1720}{400 \cdot 100 + 1000} = -0.04(\text{м})$$

$$\text{При } \omega_6 = 25 \frac{1}{C} \quad X_6 = -\frac{1720}{625 \cdot 100 + 1000} = -0.02(\text{м})$$

$$\text{При } \omega_7 = 30 \frac{1}{C} \quad X_7 = -\frac{1720}{900 \cdot 100 + 1000} = -0.01(\text{м})$$

$$\text{Тогда: } X_1^1 = X_0 + X_1 = 0.14 - 1.56 = -1.42\text{ м}$$

$$X_2^1 = X_0 + X_2 = 0.14 - 0.49 = -0.35\text{ м}$$

$$X_3^1 = X_0 + X_3 = 0.14 - 0.16 = -0.02\text{ м}$$

$$X_i = 0$$

$$X_4^1 = X_0 + X_4 = 0.14 - 0.07 = 0.07 \text{ м}$$

$$X_5^1 = X_0 + X_5 = 0.14 - 0.04 = 0.1 \text{ м}$$

$$X_6^1 = X_0 + X_6 = 0.14 - 0.02 = 0.12 \text{ м}$$

$$X_7^1 = X_0 + X_7 = 0.14 - 0.01 = 0.13 \text{ м}$$

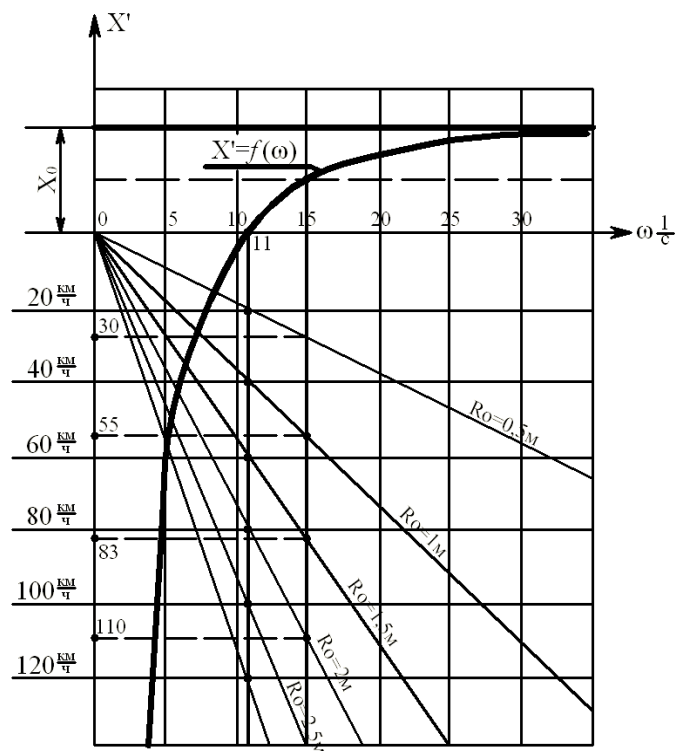


Рисунок 2.17 – График зависимости $X = f(\omega)$

Из рисунка 2.17 (графика) $X' = f(\omega)$ видно, что угловая скорость вращения колеса $\omega/\text{с}$ полностью определяет комфортности езды с шагающими колесами с упругими спицами.

Выводы по второму разделу

В этом разделе сделана, первая попытка дать количественную и качественную оценку этому понятию. Для этого анализируются различные виды возможных препятствий, связанных с состоянием и рельефом грунта. Вводятся критерии проходимости и её пределы.

Перемещаясь в условиях бездорожья, каждое колесо движителя преодолевает препятствие. Поэтому предлагаемая методика сводится к

исследованию движения только одного колеса. Взаимное влияние колёс между собой в начале анализа не учитывается.

Под проходимостью транспортных машин понимается их способность преодолевать препятствия в сложных условиях бездорожья. Снижение проходимости Машины в различной степени связана с потерей определённой скорости и энергии [18]. Это будет зависеть от характера препятствий и взаимодействия колеса с грунтом. Таким образом, оценочные показатели проходимости должны характеризовать как постоянные свойства грунта, так и конструктивную способность машины двигаться в ухудшенных дорожных условиях.

Предлагается разделить сопротивляемость грунтов передвижению колеса на следующие виды:

- профильная сопротивляемость грунта;
- весовая сопротивляемость грунта;
- фрикционная сопротивляемость грунта;
- наклонная сопротивляемость грунта.

Сопротивляемость характеризуется степенью неровности профиля грунта. К ним относятся каменистый грунт, просёлочные дороги, пашня, стерня и т.д. Чтобы учесть степень сложности неровного профиля грунта, его длину сравнивают с длиной идеально гладкого грунта, которая является проекцией длины неровного профиля на горизонтальную прямую. Предлагается ввести безразмерный коэффициент рельефности грунта: b – проселочные дороги, стерня; a – каменистые, скальные грунты.

Предлагается ввести безразмерный коэффициент рельефности грунта.

Изложенная методика оценки проходимости обычного шагающего колеса являются сравнительной. Для получения количественной оценки необходимо рассмотреть подробно процесс преодоления отдельного препятствия колесом.

Процесс перекатывания колеса через препятствия высотой h исследуем в три этапа и рассмотрим каждый этап в отдельности.

При столкновении колеса о препятствие, при этом происходит смятие или деформация поверхности грунта. Грунт уплотняется, и возникает сила упругого сопротивления грунта.

В разделе также рассматривается вторая модификация шагающего колеса, где спица расчленена на две части. Вторая часть шарнирно связано с первой жесткой частью шарнирно, а задний конец ее с помощью пружины связано со ступицей. Таким образом зачет деформации пружины общая длина ступицы укорачивается по мере увеличения проекции силы веса и тем самым вертикальное колебание уменьшается. Как подробное исследование динамической модели показывает, что вертикальное колебание ступицы полностью не устраняется. Кроме, того расчлененная ступица с пружиной оказалось склонной к резонансному движению по мере увеличения угловой скорости колеса.

Проведен динамический синтез схемы шагающего колеса надземных транспортных средств с упругими спицами. Конструкция шагающего колеса с

упругими спицами работает так, чтобы при приземлении одной спицы, другая поднимается. Таким образом опорная спица, воспринимая проекции силы веса, падающий на одно колесо, вращается относительно опорной точки. Период одного шага. При этом спица, снабженная упругим элементом (в данном случае штанга с пружиной, перемещающаяся вдоль спицы), перемещается на величину упругой части.

В данном случае достаточно знать величину деформации пружины под действием указанных сил. Рассматривается перемещение центра ступицы вдоль оси спицы, первоначальная длина которой равна.

Для простоты решения этой задачи желательно пользоваться более удобной моделью, которая решается численными методами.

Из рисунка 2.17 (график) $X^1 = f(\omega)$ видно, что угловая скорость вращения колеса $\omega \frac{1}{C}$ полностью определяет комфортности езды с шагающими колесами с упругими спицами.

3 БЕЗДОРОЖНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО В ВИДЕ КОЛЯСКИ

3.1 Шагающие грузовые тележки

Проблема создания надежного транспортного средства, передвигающегося по лестнице с маневрированием на межэтажных площадках жилых зданий, еще не находит успешного решения [4, с. 75; 12, с. 43].

При решении этой задачи можно было бы помочь молодым матерям, которые без посторонней помощи, не могут выйти на улицу с ребенком и коляской и подниматься по лестницам многоэтажных домов, а также помочь инвалидам без ног, которые успешно могли бы управлять коляской с ручным или механическим приводом. Кроме того, конструкция такого устройства помогла бы перевозить груз между этажами зданий (Приложение А).

Предлагается несколько вариантов создания схемы детской и инвалидной колясок, передвигающихся по лестнице с ручным приводом.

Известна конструкция колесно-рычажного устройства, которое могло бы быть использованным для создания конструкции выше указанных колясок.

Оно состоит из трех (рисунок 3.1) или четырех (рисунок 3.2) колес 1, установленных на раме-крестовине 2. Однако это шагающее колесо дальнейшего развития не получило, т.к. при подъеме по лестнице направление рычага управления 3 водителя с направлением движения центра ступицы может образовать отрицательный угол γ . Поэтому, ее придется тащить при подъеме по лестнице спереди, а при опускании коляски колеса поочередно падают на полки лестницы. Поэтому из этих тележек ничего невозможно заимствовать для дальнейшего совершенствования конструкции.

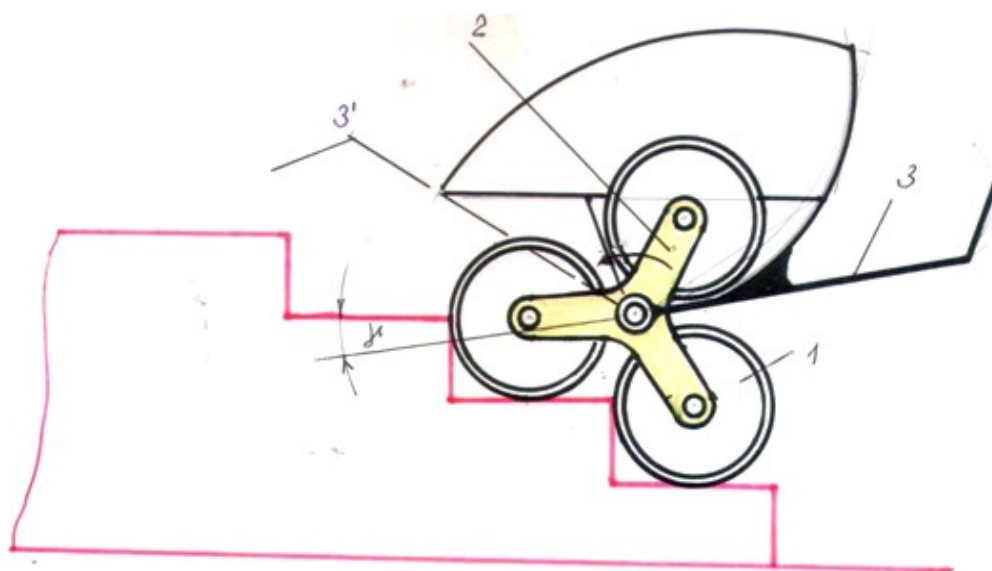


Рисунок 3.1 – Схема трехколесной коляски

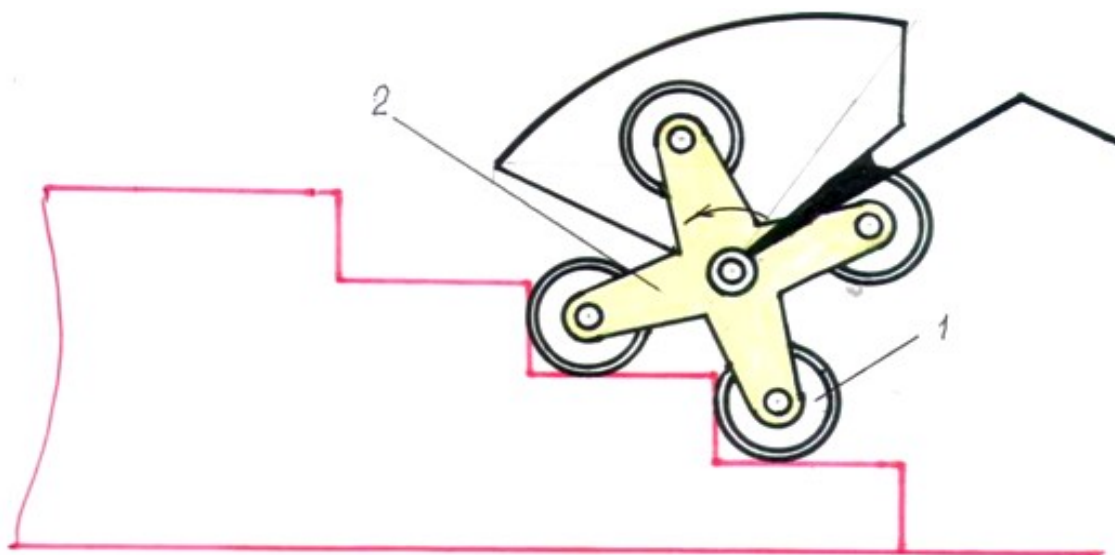


Рисунок 3.2 – Схема четырех колесной тележек

3.2 Транспортные средства для передвижения по лестничным маршам и их принцип работы

Предложенный шагающий движитель, снабженный колесно-шагающим колесом, является самым простым по конструкции движителем, рассчитанный для перемещения по лестницам (рисунок 3.3). В данном случае шагающим колесом назвали колесо без обода, упирающийся к опоре спицами [19]. Опорный механизм с крестовиной, связанный небольшим количеством колес, является знакомым устройством, также рассчитанный для передвижения по лестницам.

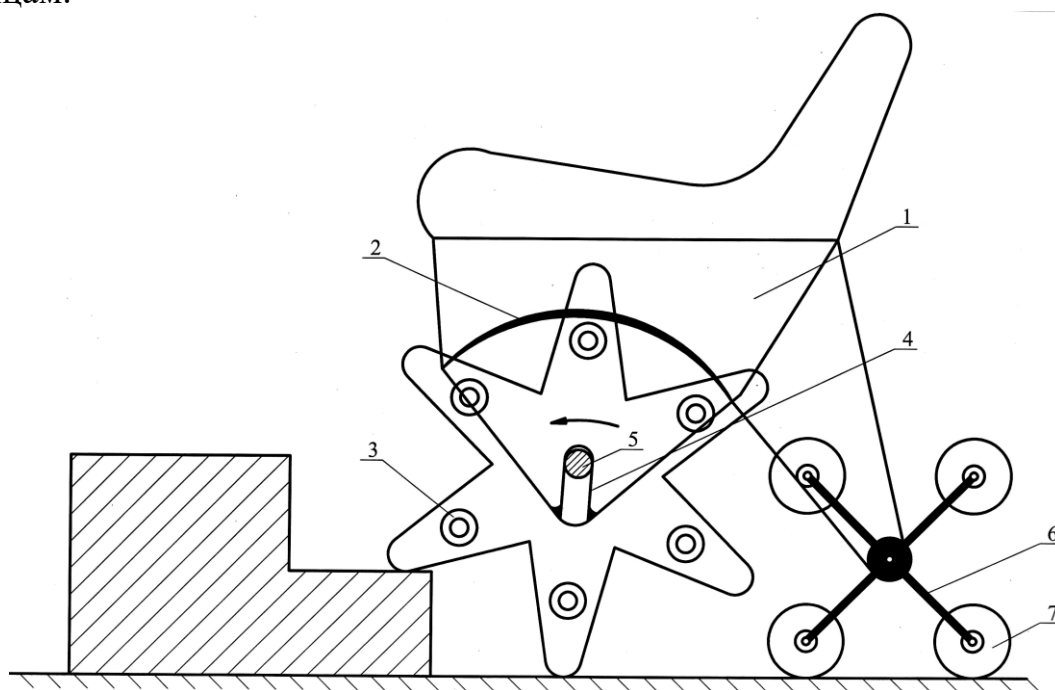


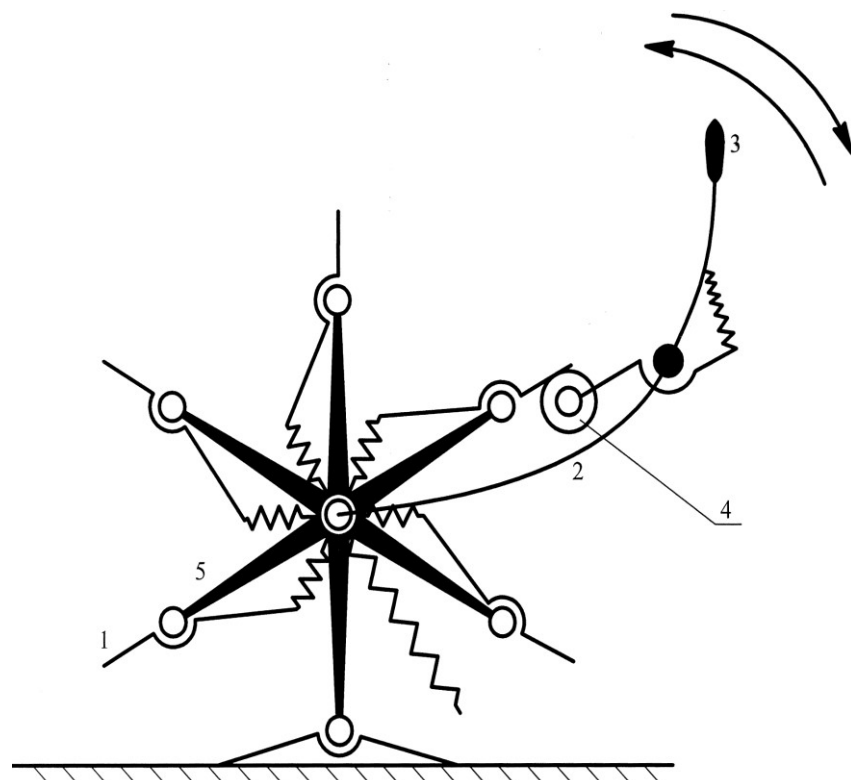
Рисунок 3.3 – Транспортное средство для передвижения по лестничным маршам

Шагающий движитель, имеющий раму 1, кулачковые направляющие 2, сквозной направляющие 4, сделанный вдоль вертикальной оси симметрии кулачкового направляющего, колеса жестко изготовленного со своей ступицей 5 и установленными роликовыми опорами 3 в отдельной спице. Для обеспечения надежности шагающего движителя раме 1 установлено упирающее устройство, имеющееся крестовины 6, сочлененной с четырьмя несущими колесами 7.

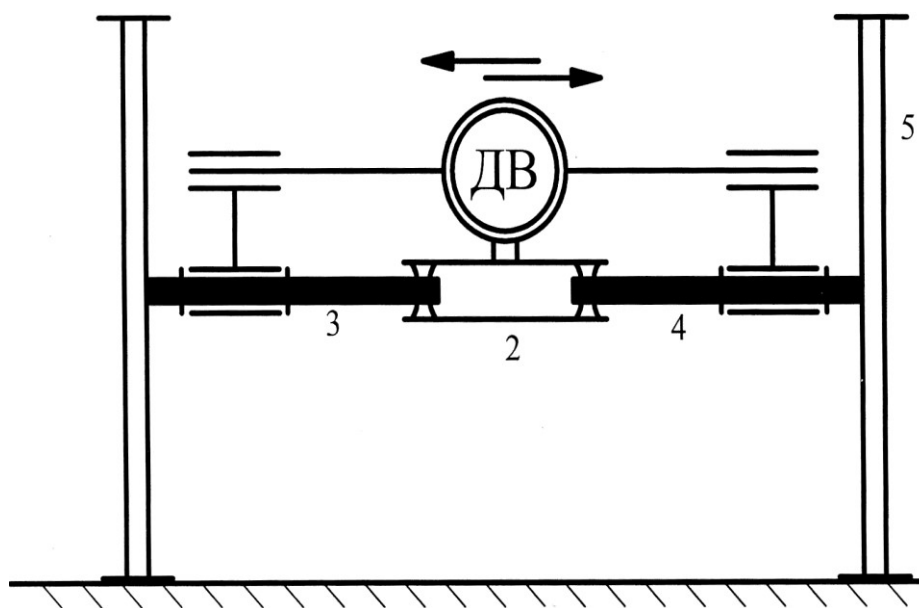
Шагающий движитель работает таким образом: вращательное движение от рычага управления (при ручном приводе) или от привода (при электрическом приводе) раздается к шагающему колесу со ступицей 5 и он передается к раме 1 через направляющий паз 4 рамы. Так как кулачковое направляющее имеет вогнутую кривизну, данное шагающее колесо рамы перемещается вдоль направляющего паза 4 вверх и вниз на размер амплитуды колебания ступицы шагающего колеса. Поэтому относительно опорной поверхности дороги данная ступица шагающего колеса совершает вертикальное колебательное, а рама шагающего движителя остается на одинаковой высоте от поверхности дороги. Таким образом, устраняется дискомфорт, создаваемый шагающим колесом без обода. В результате шагающее колесо становится универсальной опорой движителя, которое обеспечивает плавный ход при подъеме и опускании по лестнице, а также при передвижении по ровной поверхности дороги [19,20].

При движении движителя по ровной поверхности дороги шагающее колесо издает звук удара ступицы о поверхность дороги. Для устранения ударного приземления спицы, она снабжена стопным наконечником 1 (рисунок 3.4), подпружиненным относительно спицы 5.

В середине приводного рычага шарнирно установлена двуплечая собачка 4, один конец которой подпружинен, а другим концом цепляется край стопного наконечника 1. Вовремя движения рычага справа налево собачка цепляется за стопы и начинает вращать шагающее колесо. При вращении рычага управления слева направо собачка защелкивается, огибая стопное звено, и шагающее колесо застопорится. И начинается обратное движение рычага управления – и процесс повторяется. Следует возвратное движение рычага управления – и процесс повторяется. Таким образом, прерывистым движением движитель перемещается вперед. Причем при приземлении шагающего колеса двумя спицами наступает статическое устойчивое положение, т.е. процесс перекачивания по инерции, в тихоходном режиме, исключается. Это свойство обеспечивает безопасность движения при подъеме и опускании по лестницам. Поворот движителя осуществляется путем остановки одного из шагающего колеса, двигая при этом другое шагающее колесо [22,23]. Поворот коляски может быть осуществлен относительно вертикальной оси одного шагающего колеса, если боковые шагающие колеса вращать одновременно в разные стороны, т.е. поворот происходит на месте.



а



б

а – шагающего колеса ручным приводом; б – шагающего колеса механизированным приводом

Рисунок 3.4 – Шагающее колесо со стопным наконечником

Процесс поворота с помощью механического привода (ручного управления) осуществляется, как показано на рисунке 3.3б. Двигатель ДВ 1 шлицевой муфтой 2 установлен на одной раме с возможностью перемещаться относительно рамы движителя. Так как шлицевые полуоси 3 и 4 шагающих

колес 5 по торцам соединены с муфтой 2. Привод движение передается к шлицевой муфте 2, которая вращает полуоси 3 и 4 шагающего колеса 5. При повороте двигателя ДВ 1 с муфтой 2 с подвижной рамой вместе с ним передвигается относительно рамы движителя, и один из полуоси шагающих колес выходит из шлицевого зацепления с муфтой 2. И один из бортовых шагающих колес останавливается, а второй продолжает движение, и происходит поворот движителя в ту или иную сторону.

Тем самым один из бортовых шагающих колес останавливается, а другой вращается, и происходит поворот движителя в одну или другую сторону.

При опускании или при подъеме по лестничным маршам направление центра тяжести движителя может сдвинуться из опорной площадки и нарушить устойчивость коляски. Поэтому сидение оператора относительно рамы коляски имеет возможности перемещается вперед или назад, в автоматическом режиме, а также ручным приводом.

3.3 Перспективная конструктивная схема колесно-шагающего движителя коляски

Проще всего модернизировать обычные детские коляски так, чтобы они ездили не только по ровной поверхности дороги, а еще могли передвигаться вверх и вниз по лестнице. Для этого достаточно для двух пар колес установить свою полураму, а затем их соединить шарнирно, как показано на (рисунок 3.5).

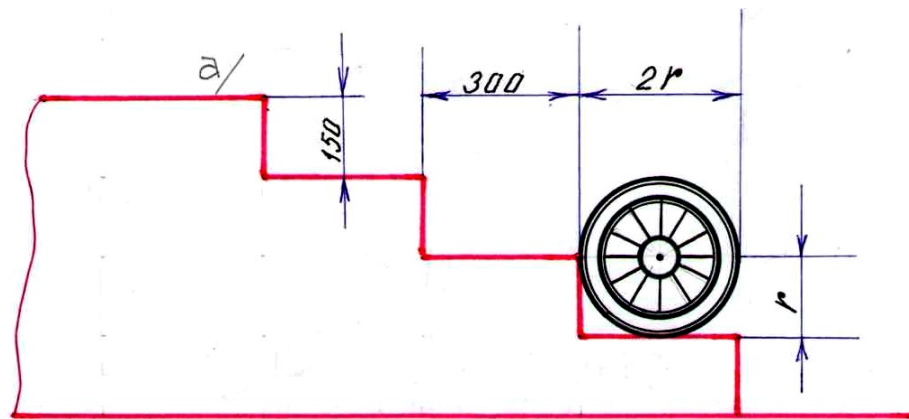
При этом, нужно согласовывать размеры лестницы с размерами коляски (рисунок 3.5а). Взаимно оказывающие возмущения определяют легкость и точность процесса перешагивания по лестнице. В результате получается схема механизма колесно-шагающего движителя переменной структуры [24].

В положении схемы механизма как показано на рисунке 3.5б коляска состоит из двух полурам 1 и 2, связанных между собой в точке А шарнирно с ограничителем Т. Поэтому при вращении полурамы 1 по ходу часовой стрелки обе полурамы как одно звено вращаются вместе и вращаются относительно точки O_2 центра первого колеса K_1 . При этом схема механизма состоит из одного звена O_1AO_2 и одного шарнира с одной подвижностью. Поэтому степень подвижности механизма равна:

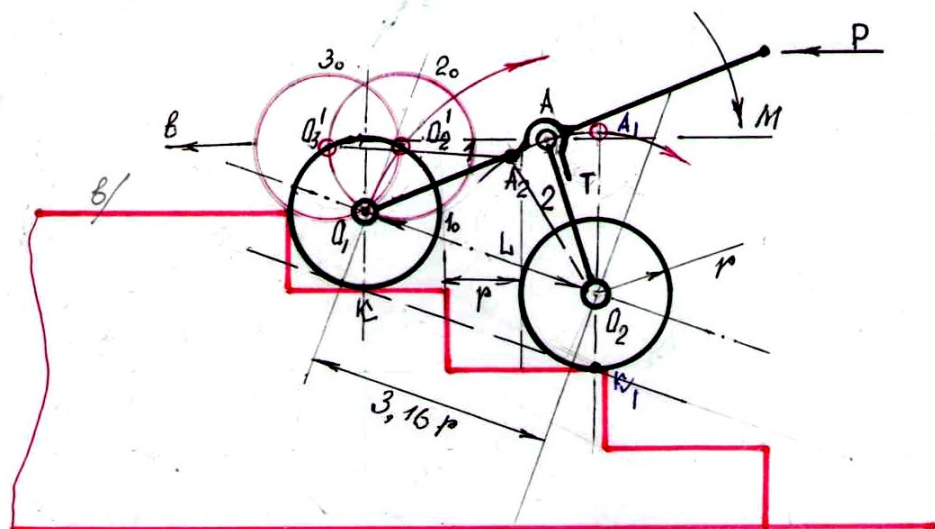
$$n = 1, p = 1, \text{ и } W = 3n - 2p_1 = 3 - 2 = 1$$

При вращении рычага O_1A вниз с помощью момента руки водителя M , колесо K из первоначального положения 1_0 перейдет во второе положение 2_0 и механизм займет второе положение:

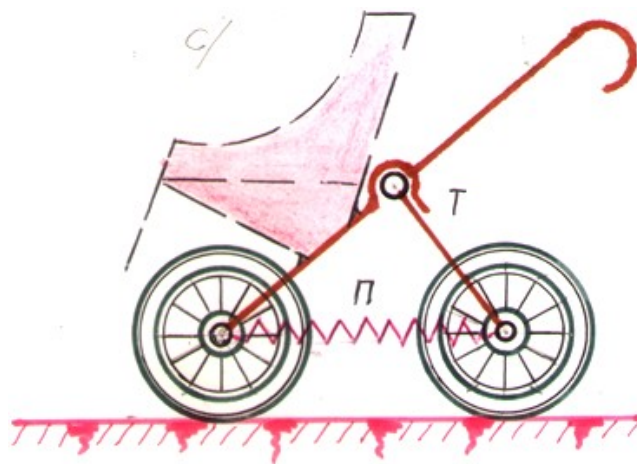
$$O_2^1 A_1 O_2$$



а



б



в

а – размеры лестницы; б – схемы механизма коляски; в – коляска с пружиной П.

Рисунок 3.5 – К определению взаимосвязи геометрических размеров лестницы и коляски

Если по направлению силы P рычаг:

$$O_2^1 A$$

– толкнуть в перед, то схема механизма перейдет в третье положение:

$$O_3^1 A_2 O_2$$

При этом колесо K_1 упрется к полку лестницы и остановится.

В этом положении механизм также обладает одной степенью подвижности т.е.:

$$n = 3, P_1 = 4, \text{ и } W = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Дальнейшее действие силы P приводит к перемещению колеса K по верхней полке лестницы и растягивает пружину Π (рисунок 3.5в), связывающую поперечных осей пары колес. Упертое колесо K_1 под действием заряженный пружины поднимается и займет полку лестницы, которую ранее занимал (в исходном положении схемы механизма) первая пара колес K . Так происходит последующие взаимодействия привода с элементами лестницы и перешагивание колесами полок лестницы [25].

Для нормальной работы механизма коляски при движении по лестнице нужно определить длины рычагов полурам и размеры колес и силы пружины в зависимости от веса G .

Дальнейшее действие силы P приводит к перемещению колеса K по верхней полке лестницы и растягивает пружину Π (рисунок 3.5с), связывающую поперечных осей пары колес. Упертое колесо K_1 под действием заряженный пружины поднимается и займет полку лестницы, которую ранее занимал (в исходном положении схемы механизма) первая пара колес K . Так происходит последующие взаимодействия привода с элементами лестницы и перешагивание колесами полок лестницы [23, р. 2807].

Для нормальной работы механизма коляски при движении по лестнице нужно определить длины рычагов полурам и размеры колес и силы пружины в зависимости от веса G .

3.4 Методика расчетов основных параметров коляски

Приведем методику расчета основных параметров коляски (рисунок 3.6).

На (рисунке 3.6а, 3.6б) были показаны исходные размеры некоторых элементов коляски. Прежде всего это радиусы всех колес одинаковые и равные высоте полки лестницы, т.е.

$$r = 150 \text{ мм,}$$

The diagram shows a mechanical system. A horizontal line represents the ground, with two points labeled K and K_1 marked with red hatching. Two wheels are shown: a larger wheel on the left with center O_1 and a smaller wheel on the right with center O_2 . A horizontal line of length L connects the centers O_1 and O_2 . A lever arm is pivoted at point A , which is located above the space between the two wheels. The lever arm has two segments: one of length l_2 connecting A to O_1 , and another of length l_1 connecting A to O_2 . The angle between the lever arm segment AO_2 and the vertical line passing through O_2 is 36° . The angle between the lever arm segment AO_1 and the horizontal line passing through O_1 is also 36° . A vertical dashed line passes through O_2 . A diagonal line passes through O_2 and is labeled P . A curved arrow labeled β indicates a counter-clockwise rotation around O_2 . The letter α is written near the pivot point A .

The diagram shows a mechanical system with two wheels, \$D_1\$ and \$D_2\$, and a connecting rod \$AB\$. Wheel \$D_1\$ has radius \$r\$ and center \$O_1\$. Wheel \$D_2\$ has radius \$r\$ and center \$O_2\$. The distance between the centers \$O_1\$ and \$O_2\$ is \$L\$. A horizontal force \$F\$ is applied at point \$A\$ on wheel \$D_1\$. A vertical force \$P\$ is applied at point \$B\$ on wheel \$D_2\$. The angle between the rod \$AB\$ and the horizontal is \$\alpha\$. The distance from \$O_1\$ to \$A\$ is \$l_1\$, and the distance from \$O_2\$ to \$B\$ is \$l_2\$. The total length of the rod is \$L = l_1 + l_2\$. The wheels are in contact with a horizontal surface. The reaction forces at the contact points are shown as normal forces \$R_1\$ and \$R_2\$.

а – расчетная схема коляски; в – кинематическая схема коляски

72

Для определения длины полурам l_1 и l_2 , а также максимальной длины L поступаем следующим образом (рисунок 3.6б).

Из $\Delta a O_1 O_2$ определим L так:

$$L = \sqrt{r^2 + 3^2 r^2} = r\sqrt{10} = 3,16r = 3,16 \cdot 150 = 474 \text{ мм},$$

а длиной полурамы l_1 задаемся как:

$$l_1 = 2r = 2 \cdot 150 = 300 \text{ мм}.$$

Положение L при подъеме по лестнице определяется углом α , который определяется так:

$$\sin \alpha = \frac{r}{L} = \frac{150}{474} \text{ или } \alpha = \frac{r}{L} = \frac{1}{3,16} = 0,3165 \text{ рад}.$$

В переводе в градусы: $\alpha = 18^\circ$.

Для подъема первой пары колес на высоту [27] следующей полки лестницы надо еще раз поднять L на 18° . В результате положение l_1 совпадает с направлением гравитационной линии Γ и образует с ней угол 36° (рисунок 3.6а). В этом положении определим угол β так:

$$\beta = 90^\circ - 36^\circ = 54^\circ.$$

из $\Delta O_1 A O_2$ (рисунок 3.6а) определим длину полурамы l_2 так:

$$l_2^2 = L^2 + l_1^2 - 2Ll_1 \cos 64^\circ = 474^2 + 300^2 - 2 \cdot 474 \cdot 300 \cdot 0,438 = 145161$$

Или

$$l_2 = 381 = 2,5 \cdot r \text{ мм}.$$

3.5 Рекомендации для практического выполнения конструкции инвалидной коляски

Созданная конструкция коляска является универсальным надземным транспортным средством, которая будет использована грузовая, детская или инвалидная коляска, управляемая оператором, т.е. перемещением управляет другой человек – оператор. Он может с большим успехом быть использована как грузовая тележка для перевозки груза по этажам административных и (или) жилых зданий [27].

Аналогом является известная грузовая тележка с трех поводковой или четырех поводковой крестовиной.

А прототипом является грузовая тележка, разработанная в 1982 году Осиповым В.П.

Эта тележка состоит (рисунок 3.7) из двух или трех поводковых крестовин 1, которые установлены подвижно по концам поперечной оси 2, из корпуса 3, неподвижно соединенного с поперечной осью, по концам поводков крестовины подвижно установлены шесть одинаковых колес 4. По бокам корпуса подвижно установлены два рычага тормоза 5, фиксирующие корпуса к свободному поводку крестовины во время передвижения тележки по горизонтальному участку лестничной площадки.

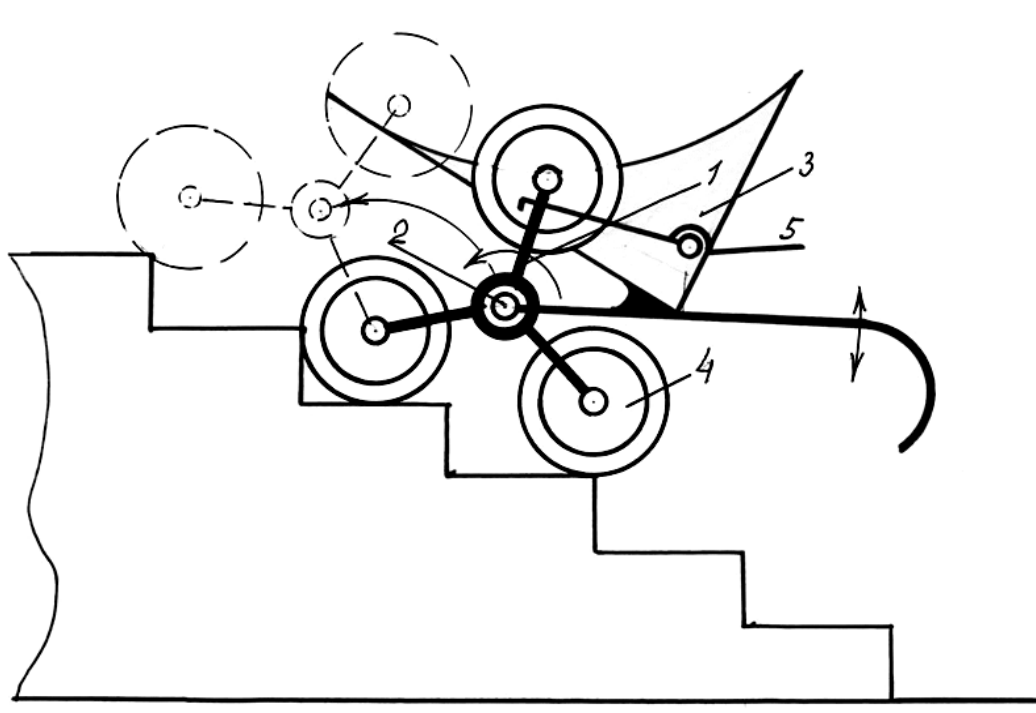


Рисунок 3.7 – Тележка Осипова В.П.

Недостатком является сложность конструкции, ненадежность и не гарантирована безопасность перевозки, т.к. при подъеме и опускании груза по лестнице, корпус с грузом вращается относительно осей опорных колес, которые постоянно удерживает водитель, так что не исключен случай срыва.

Предлагаемая коляска от прототипа отличается тем, что для упрощения конструкции и обеспечения безопасности подъема и опускания груза по лестнице, она содержит две пары колес (рисунок 3.7), установленных подвижно на двух поперечных осях, на которых неподвижно соединены две полурамы, которые с другими концами шарнирно соединены между собой с ограничителем T вращения, а корпус коляски жестко связан с одной из полурам.

В результате фиксации с помощью ограничителя двух полурам коляска постоянно опирается в четырех опорных точках колес при подъеме и спуске по лестнице.

Изготовленные макет и опытный образец коляски, полностью подтвердили достоверность результатов расчета параметров и практически работоспособность коляски (рисунок 3.8 и 3.9).



Рисунок 3.8 – Тележка – опытный образец коляски



Рисунок 3.9 – Опытный образец коляски

При изготовлении опытных образцов необходимо определить, из каких материалов целесообразно изготавливать детали коляски. Использование металлических прокатов слишком увеличивает собственной вес коляски, использование сплавов цветных металлов довольно дорого. Поэтому, для колясок, очевидно, нужно использовать прессованные или склеенные деревянные материалы.

Для изготовления круглых колес удобно и более экономично использовать полимерные материалы. В любом случае, нужно предельно уменьшить собственный все коляски, т.к. при подъеме и спуске коляски по лестнице увеличивается нагрузка и снижается степень безопасности.

3.6 Инвалидная коляска с ручным управлением

Использование рассмотренной во 2-м разделе детской коляски для передвижения инвалидов здоровыми конечностями рук, приводит к порядочному усложнению конструкции коляски, т.к. управление двумя и тремя степенями подвижности коляски, сидя на кресле, крайне трудно.

Других решений в научной литературе и патентном фонде мира пока еще нет.

В 1991 году В.В. Лукашовым, В.П. Рычаговым была предложена конструктивная схема кресла – коляски (рисунок 3.10) сборно-разборного типа.

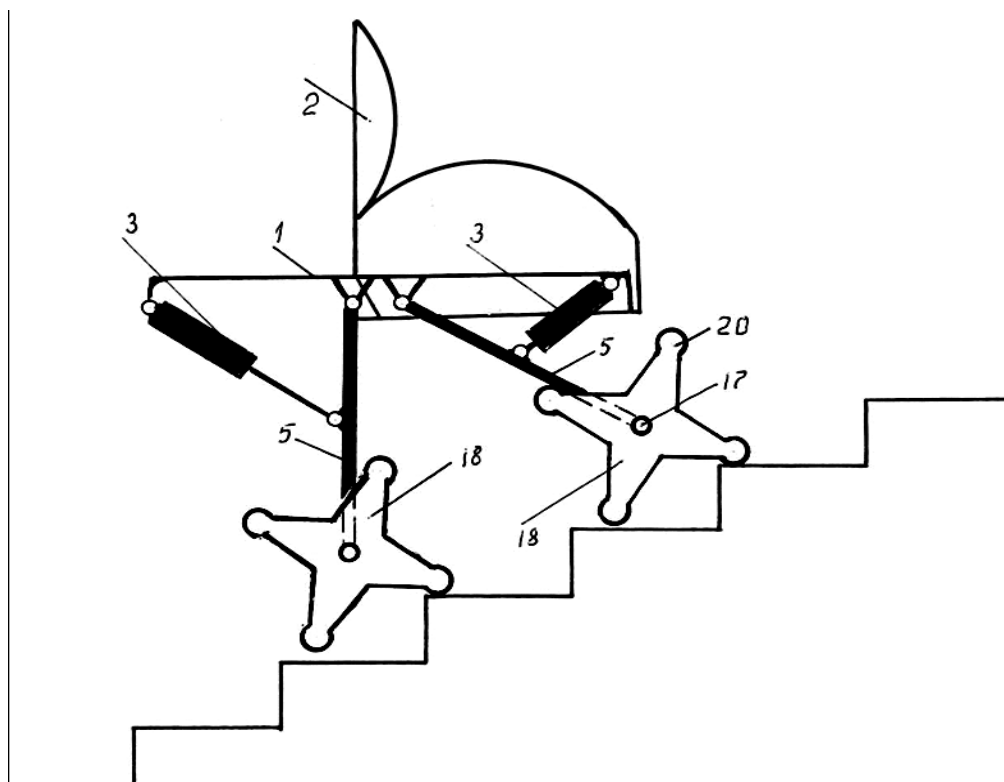


Рисунок 3.10 – Кресло-коляска В.В. Лукашова и В.П. Рычагова

Коляска является крайне сложным устройством. Надежность работы вызывает большое сомнение. Гидропривод коляски является слишком медленно действующим устройством. Сколько времени понадобится для поднятия на один этаж? Но тем не менее, чем неимение ни одного решения этой проблемы, это является первым предложением.

Позднее, спустя около десяти лет, появилось второе предложение – переоборудование инвалидной коляски дополнительным ходовым органом – рамой с шагающими четырехспицевыми колесами в России.

Конструкция коляски стала тяжелой, также громоздкой как первый вариант и медленно двигающейся. Поэтому особого положительного отклика также не получила.

К этому времени на уровне государственных органов появились указания оборудовать лестницы жилых зданий и торговых организаций, а также тротуары пешеходных дорог с подъемами, дополнительными наклонными дорожками для движения инвалидных колясок. Даже потребовали оборудовать подъемниками лестницы автотранспортных средств и железнодорожных вагонов для подъема инвалидной коляски. Это было крайнее, из-за отсутствия других решений, указание. Указание связано с материальными затратами.

В связи с этим лаборатория кафедры «Транспортная техника, машиностроение и стандартизация» Казахского университета путей сообщения приступила к разработке конструкций транспортных средств особо высокой проходимости, в частности, к разработке конструкции шагающего колеса.

К концу 2019 года уже была разработана конструкция инвалидной коляски, оснащенная шагающим колесом.

3.7 Техническое предложение на разработку конструкции коляски

Для надежной и безопасной работы коляски при подъеме и опускания по лестнице, ее конструкция должна быть предельно простой, как обычная комнатная коляска, и должна состоять из двух ведущих и из одной или двух опорной плавающих колес и сидения. Причем ходовой орган должен быть универсальным, он должен легко тащить инвалида по ровной, твердой поверхности дороги, также по бездорожью и поднимать, опускать по лестнице с поворотным маневрированием на межэтажных площадках [12, с. 77; 25, с. 60].

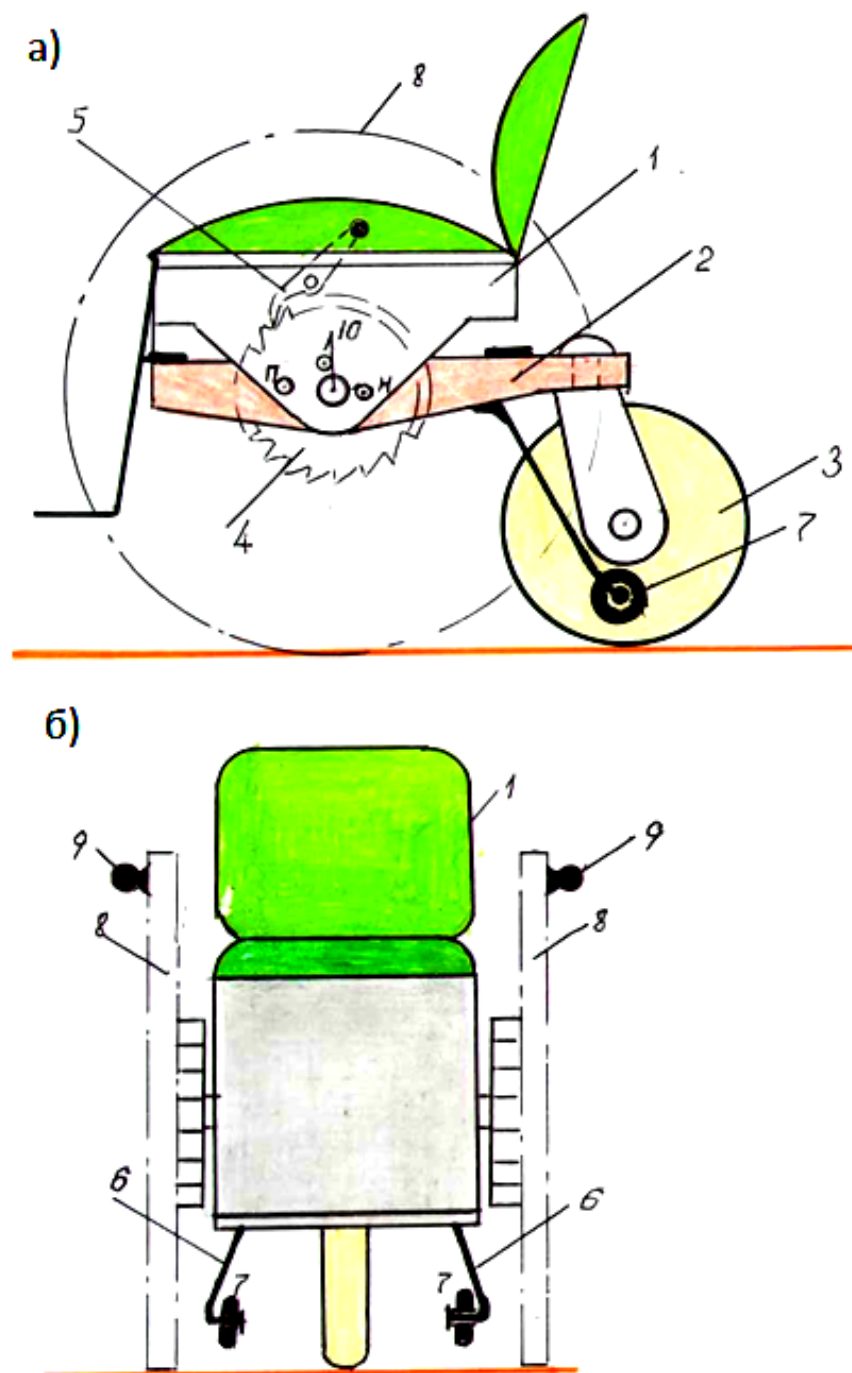
Поэтому габаритные размеры не должны превышать 70 ± 80 см по длине и по ширине. Причем ведущие колеса должны иметь диаметр не менее 60-70 см. Для того чтобы поднимать свой собственный вес, сидя на коляске инвалиду нужен большой рычаг, обеспечивающий передаточное число порядка 2,5-3. Кроме того, ведущие колеса должны быть снабжены автоматическим тормозом, обеспечивающим только одностороннее вращение. Только тогда будет обеспечена безопасность движения коляски при подъеме и опускании по лестнице.

Шаговый размер спицы колес должен быть такой, чтобы при нестандартных размерах лестницы сцепление спицы с полками лестницы обеспечивало нормальный ход коляски. Кроме того, тормозной диск, прикрепленный к корпусу шагающего колеса по профилю должен иметь зубья, с тем чтобы при установке механического привода можно было использовать как конечную передачу.

Для уменьшения собственного веса коляски корпус сидения и раму нужно изготовить из дерева, а ведущие и плавающие колеса нужно изготовить из капронового проката или фторопласта, с тем чтобы исключить установки роликовых или шариковых подшипников. Коляска должна быть рассчитана для езды по бездорожью, по стерне, по воде, по песку и т.д. Основной функцией коляски является автономность, высокая проходимость, которые позволяют выезд на лоно природы.

3.8 Устройство и методика расчета основных параметров коляски

Предлагаемая коляска (рисунок 3.11) состоит из парной наружной рамы 1, внутренней основной рамы 2, плавающего несущего колеса 3, установленного в конце основной рамы, тормозного диска 4, храпового тормозного механизма, собачки 5, против переворачивающих стоек 6, снабженных несущими роликами 7, двумя основными шагающими колес 8, размещенных по границам спиц шагающего колеса 8, ручек 9 для оператора и механизма закрепления с фиксатором сидения 10 и для фиксации сидения в трех различных положениях. Храповые круглые пластинки 5 крепко установлены соосно с шагающими колесами 8. Для движения коляски по ровной дороге закрепление с фиксатором сидения 10 должен находиться в среднем положении, при подъеме по лестнице в положение П, а при опускании по лестнице в положение Н.



а – вид с боку коляски; б – вид спереди коляски

Рисунок 3.11 – Конструктивно-кинематическая схема коляски

Изменения расположения сидения в отношении к центральной раме достигается путем изменения центра тяжести оператора относительно несущей площадки колес.

Тормозной механизм коляски, состоит из храпового диска 4 и собачки 5, и создает автоматическое торможение шагающих колес при внезапном хода назад, т.е. ведущие шагающие колеса 8 крутятся вперед при подъеме по лестничном марше. Когда движения коляски по горизонтальному участку дороги, собачка тормоза переводится в нейтральное положение.

Против опрокидывающее механизм, состоит из парных стоек, связанные с главной рамой и несущих роликов 7, и сохраняет устойчивость трехопорной коляски.

Шагающее колесо типа «Тук-Тук» разработано в лаборатории кафедры «Транспорт, транспортная техника и машиностроение» КУПС, а теоретические основы разработаны в работе [1, с. 45; 4, с. 81].

Методика расчета основных параметров коляски:

- снимаются размеры лестничного марша (длина, ширина, высота ступеньки и угол наклона лестницы);
- назначаем первоначальный размер шагающей коляски на основе размера лестницы. Первоначальными размерами являются длина радиуса r , высота пятки H спицы от поверхности горизонтального участка дороги, при этом носок задней ноги (несущего) находится на опоре;
- размер шага t шагающего колеса зависит от проектного радиуса и от количества спиц, одинаково расположенных по окружности ступицы. Если задаться числом несущих ног « n », то можно найти угол между спицами:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

Определяем шаг шагающего колеса соотношением:

$$t = \alpha_0 \cdot r$$

где α_0 – угол " α " в радиановом измерении: угол α , измеренный в градусах переводится на угол $\alpha_0 = \frac{\pi}{180} \cdot \alpha$ в градусах.

Выводы по третьему разделу

Предлагается несколько вариантов создания схемы детской и инвалидной колясок, передвигающихся по лестнице с ручным приводом.

Известна конструкция колесно-рычажного устройства, которое могло бы быть использованным для создания конструкции выше указанных коляски.

Так как кулачковое направляющее имеет вогнутую форму, шагающее колесо рамы перемещается вдоль направляющего паза 4 вверх и вниз на размер амплитуды колебания ступицы шагающего колеса. Поэтому относительно опорной поверхности дороги данная ступица шагающего колеса совершает вертикальное колебательное, а рама шагающего движителя остается на одинаковой высоте от поверхности дороги.

Проще всего модернизировать обычные детские коляски так, чтобы они ездили не только по ровной поверхности дороги, а еще могли передвигаться

вверх и вниз по лестнице. Для этого достаточно для двух пар колес установить свою полураму, а затем их соединить шарнирно, как показано на (рисунок 3.5).

При этом, нужно согласовывать размеры лестницы с размерами коляски. Взаимно оказывающие возмущения определяют легкость и точность процесса перешагивания по лестнице. В результате получается схема механизма колесно-шагающего движителя переменной структуры.

Аналогом является известная грузовая тележка с трех поводковой или четырех поводковой крестовиной.

Изготовленные макет и опытный образец коляски, полностью подтвердили достоверность результатов расчета параметров и практически работоспособность коляски (рисунки 3.8, 3.9).

При изготовлении опытных образцов необходимо определить, из каких материалов целесообразно изготавливать детали коляски. Использование металлических прокатов слишком увеличивает собственной вес коляски, использование сплавов цветных металлов довольно дорого. Поэтому, для колясок, очевидно, нужно использовать прессованные или склеенные деревянные материалы.

Разработано техническое предложение на разработку конструкции коляски. Для надежной и безопасной работы коляски при подъеме и опускания по лестнице, ее конструкция должна быть предельно простой, как обычная комнатная коляска, и должна состоять из двух ведущих и из одной или двух опорной плавающих колес и сидения. Причем ходовой орган должен быть универсальным, он должен легко тащить инвалида по ровной, твердой поверхности дороги, также по бездорожью и поднимать, опускать по лестнице с поворотным маневрированием на межэтажных площадках.

Поэтому габаритные размеры не должны превышать 70 ± 80 см по длине и по ширине. Причем ведущие колеса должны иметь диаметр не менее 60-70 см. Для того чтобы поднимать свой собственный вес, сидя на коляске инвалиду нужен большой рычаг, обеспечивающий передаточное число порядка 2,5-3. Кроме того, ведущие колеса должны быть снабжены автоматическим тормозом, обеспечивающим только одностороннее вращение. Только тогда будет обеспечена безопасность движения коляски при подъеме и опускании по лестнице.

Шаговый размер спицы колес должен быть такой, чтобы при нестандартных размерах лестницы сцепление спицы с полками лестницы обеспечивало нормальный ход коляски. Кроме того, тормозной диск, прикрепленный к корпусу шагающего колеса по профилю должен иметь зубья, с тем чтобы при установке механического привода можно было использовать как конечную передачу.

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКИ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПО ЛЕСТНИЧНЫМ МАРШАМ

4.1 Технические предложения на разработку конструкций движителя инвалидной коляски

Из анализов, имеющихся на сегодняшний день, теоретических работ, направленных на разработку конструкций коляски для передвижения по лестничным маршам, было заметно, что приемлемой конструкции такого транспортного средства пока не существует.

Сравнительная оценка конструкций колясок из патентного фонда на квадратно координатной сетке (рисунок 4.1) показывает, что многие более-менее приемлемые конструкции RU2011589CI и SU1632853AI, сложенные по конструкции, не вписываются в ограниченный габарит, даже при наличии всех достоинств конструкции. Если конструкция сложная, то себестоимость будет высокой, тогда он выдержит конкуренции, т.е. покупательская способность будет низкая [29]. Из указанного сравнения также выявлено, что колеса RU2254260CI, при использовании его в конструкции коляски, с натяжкой оценен 24 баллами из 28 возможных. Также из сравнительных конструкций замечено, что сложные требования такие 5 –универсальность хода и 2 – сложность конструкций, а также 3 –маневренность движителя.

Из теоретического анализа работы предложены три возможных варианта (п. 3.1., п. 3.2., п. 3.3., п. 3.4., п. 3.5., п. 3.6., и п. 3.7.) конструкций шагающего движителя коляски. Предпочтение отдано шагающему колесу ШК (рисунок 3.3), на основе этого шагающего колеса построена конструкция коляски (п. 3.4., п. 3.5.).

Итоги результатов данной работы выделены в виде прикладной методики для использования конструкций при разработке конкретной конструкции движителя инвалидной коляски.

Это тяговая характеристика шагающей коляски, которого можно анализировать общеинженерными приемами. Проведем анализа на круговой диаграмме чтобы выбрать соответствующий значений параметров конструкций [29, 30,31]. Сущность анализа в следующем: из рисунка 4.2, шагающего движителя вес инвалида Q раскладывается на две составляющие силы Q_1 и Q_2 , приложенные в точке, a и b . Причем:

$$Q_2 l_2 = Q_1 l_1,$$

При этом:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

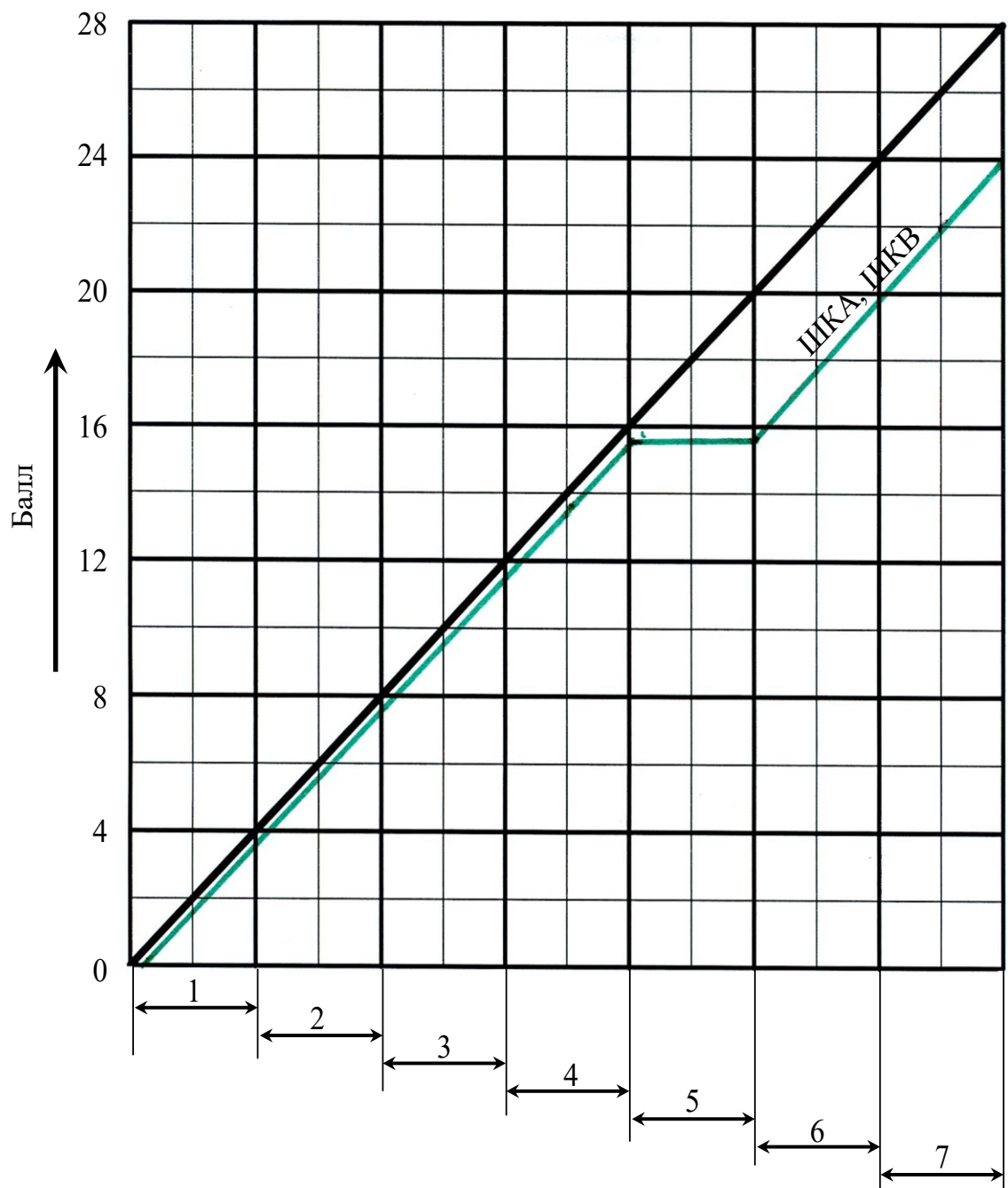


Рисунок 4.1 – Диаграмма для оценки конструкции шагающего колеса

Из этой предлагаемой системы без труда можно определить значения Q_1 и Q_2 , силы, зависящие от значения ℓ_1 и ℓ_2 :

$$\begin{cases} Q_1 = \frac{Q_2 l_2}{l_1} \\ Q_1 = Q - Q_2 \end{cases}$$

то:

$$\frac{Q_2 l_2}{l_1} = Q - Q_2,$$

также:

$$Q_2 = Q \frac{l_1}{A}. \quad (4.1)$$

потом:

$$Q_1 = Q - Q_2. \quad (4.2)$$

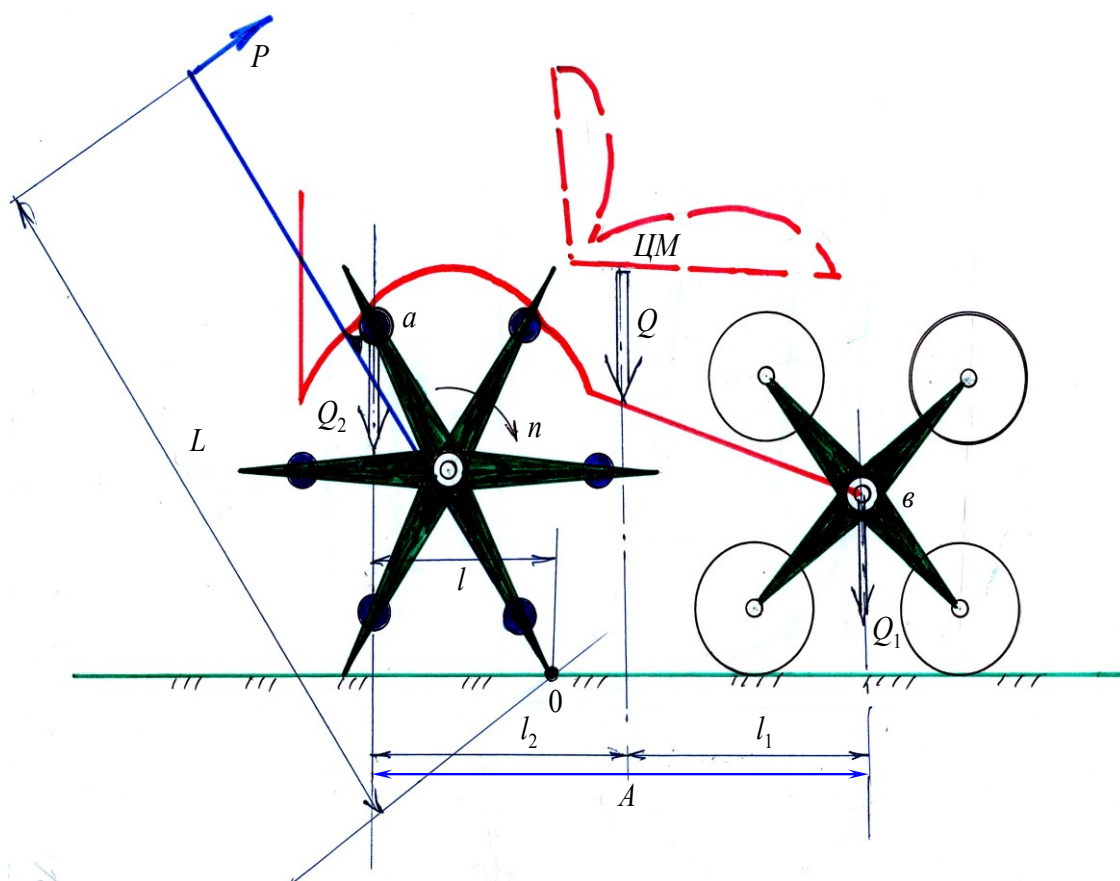


Рисунок 4.2 – Кинематическо-конструктивная схема движителя

Задаемся значением l_1 из конструктивных предположений и определим значения Q_1 и Q_2 из формулы (4.2) и (4.1).

Потом определим момент сопротивления, создаваемый силой Q_2 в отношении точки o при вращении спицы oa по часовые стрелки:

$$M_{c2} = Q_2 \cdot l \text{ (кгс} \cdot \text{м)} \quad (4.3)$$

При перемещениях шагающей коляски по ровной поверхности дороги несущие колеса не образует момент сопротивления:

$$M_{c1} = 0$$

Общий момент сопротивления:

$$M = M_{c2} + M_{c1} \quad (4.4)$$

причем: $M_{c1} = 0$.

При езде на подъем по лестнице расчеты меняются, т.к. рама коляски становится под углом $26^\circ \div 30^\circ$ и плечо создающих сил Q_2 и Q_1 меняться. Крестовина несущих колес начнет перешагивать ступеньки лестницы. При этом создающий сил Q_1 вызывает начальный момент сопротивления:

$$M_{c1} = Q_1 \cdot R \sin 45^\circ \text{ (кгс} \cdot \text{м)}$$

Общий момент сопротивления будет расти:

$$M = M_{c2} + M_{c1}$$

причем $M_{c1} \neq 0$.

Чтобы преодолеть общий момент сопротивления к ступице добавляем движущий момент, $M_{\text{дв}}$, т.е.:

$$M_{\text{дв}} = M = L \cdot P \text{ (кгс} \cdot \text{м)}$$

при этом P – сила прикладываемое к рычагу;

L – размер (длина) рычага управления.

Для обеспечения управления движением коляски без проблем, надо по возможности минимизировать усилия P , прикладываемые оператором (инвалидом) [31, 32, 33].

Уменьшить прикладываемые силы P скорее всего двумя способами. Первое: увеличить длину рычага L и путем изменяя расположения сидения, где приложен вес оператора(инвалида) Q , так, чтобы создающая сила Q_2 как можно была минимальной по величине. Он зависит от плеч ℓ_1 и ℓ_2 . Для подробного анализа и выбора указанных выше параметров коляски приведена и построена круговая диаграмма (рисунок 4.3).

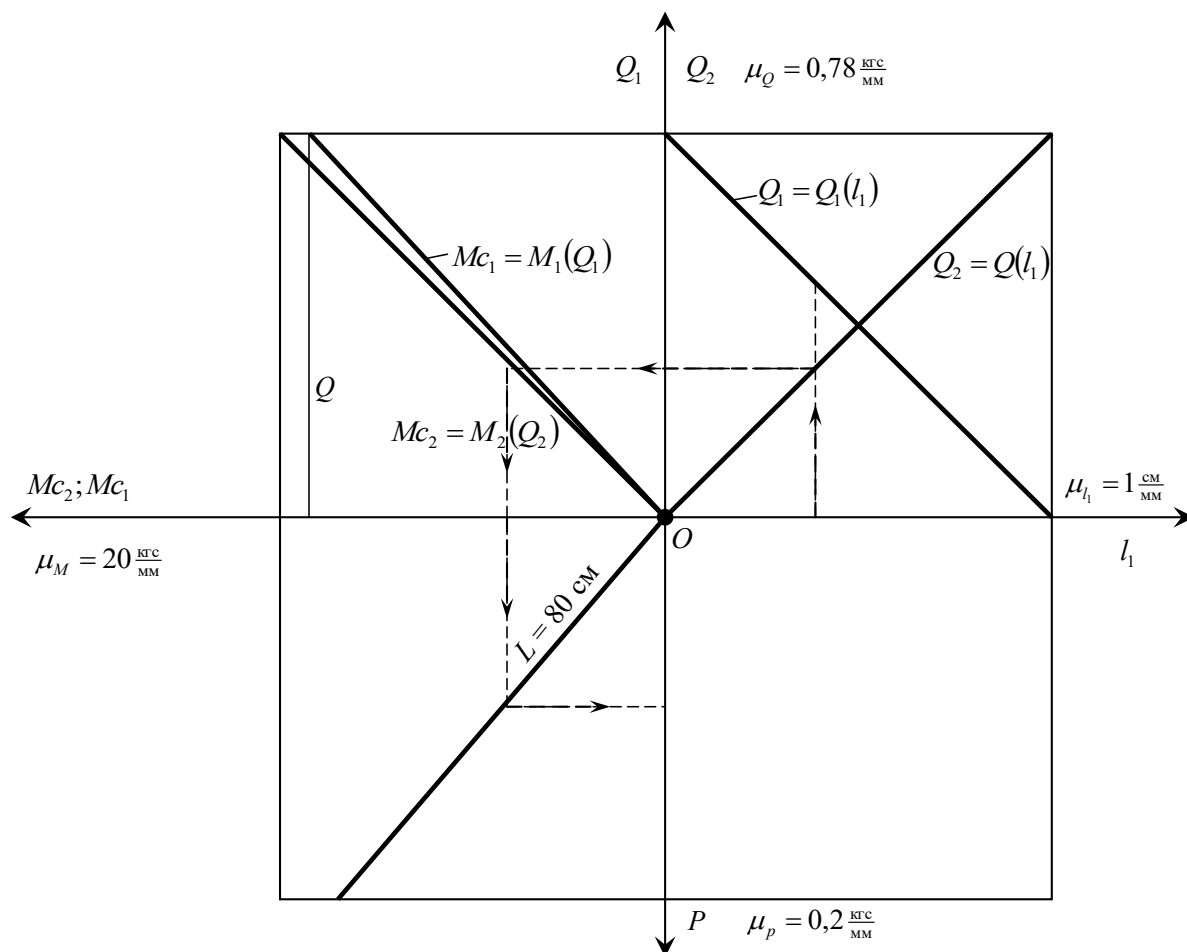


Рисунок 4.3 – Круговая диаграмма

4.2 Проверка достоверности расчетов в лабораторных установках

Соответствия, полученных расчетных результатов с действительными значениями производились на лабораторных установках с записывающими устройствами.

Первая установка для проверки вертикального колебания ступицы шагающего колеса с различной конструкции с различными количествами спиц, (рисунок 4.4) состоит: из неподвижного корпуса 1, испытуемого колеса 2, которое на раме устанавливается с помощью съемной оси 3, опорного стержня 4, который одним концом шарнирно установлен в точке «В» рамы, а другой конец снабжен карандашом 6 и опирается к неподвижной части рамы, где протягивается лента бумаги для развертки траектории точки второго конца стержня. Средняя часть стержня 4 опирается пружину 5, установленной на раме перпендикулярно к продольной оси стержня.

Установка работает следующим образом:

С помощью съемной оси 3, испытуемое колесо устанавливается на раму 1. С помощью подвижного шарнира «В» стержень 4 устанавливается на раме в горизонтальном положении при максимальном просвете «Н» колеса 2. При этом пружина 5 должна быть прижата к раме, затем устанавливается карандаш 6 и бумага записывающего устройства.

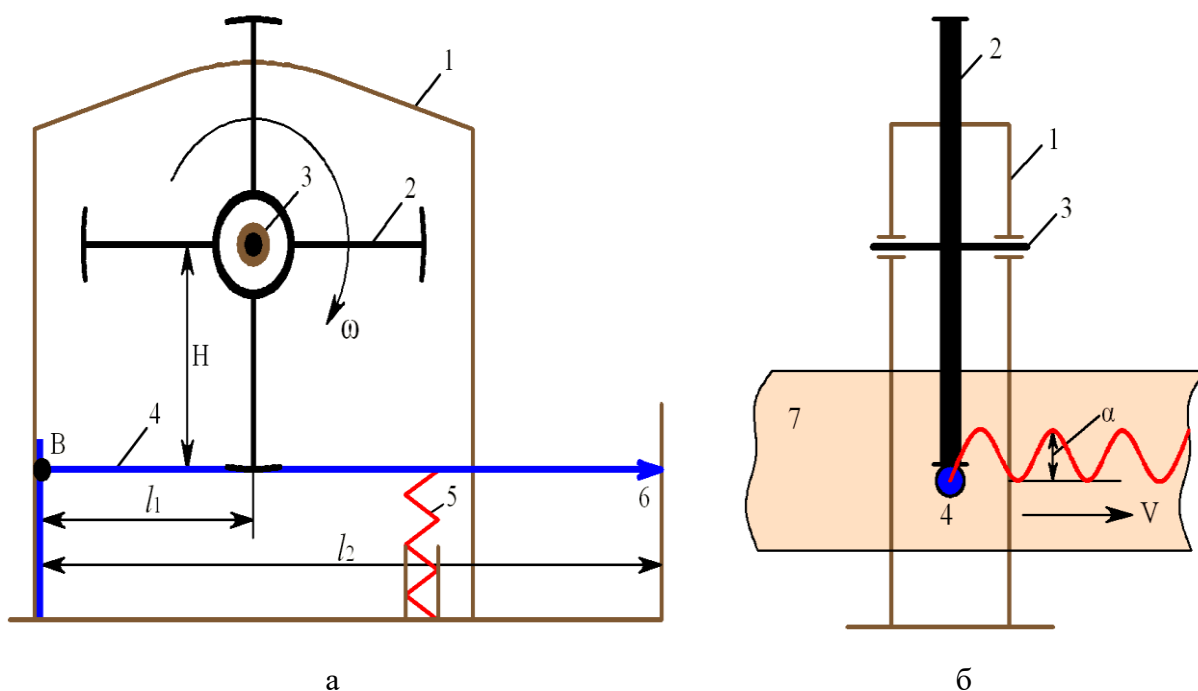
Для протягивающейся ленты записывающего устройства поворачивается испытуемое колесо. Вертикальное отклонение второго конца стержня 4, где установлен карандаш, соответствует вертикальному отклонению ступицы колеса:

$$\frac{\alpha}{l_2} = \frac{\Delta}{l_1} \text{ или } \Delta = \frac{\alpha \cdot l_1}{l_2};$$

где Δ – вертикальное отклонение ступицы колеса;

α – амплитуда колебания конца карандаша записывающего устройства.

Испытывались шагающие колеса с тремя, четырьмя, шестью и двенадцатью спицами. Результаты подтверждают ожидаемых результатов - с увеличением количества спиц, амплитуда колебания ступицы уменьшается, а частота колебания соответственно растет, ударное приземление спицы приобретает вибрационный характер [33, 34].



а – вид спереди колеса; б – вид с боку колеса

Рисунок 4.4 – Стенд для измерения вертикального колебания ступицы

На рисунке 4.5 показан второй стенд для сравнения движения ступицы шагающего колеса с движением ступицы Пневмоколесо с круглым ободом.

Проверке подверглись колеса указанных двух типов с различными диаметрами при перекачивании по ровной поверхности.

На рисунке 4.6 показан аналогичный стенд для сравнения траектории центра ступицы шагающих колес с траекторией ступицы Пневмоколесо с круглым ободом в условиях дороги с рельефной поверхностью. Испытанию подверглись шагающие колеса с различным количеством спиц. Как

предполагалось с увеличением количества спиц шагающего колеса траектория центра ступицы приближается к траектории ступицы пневмоколесо с круглым ободом.

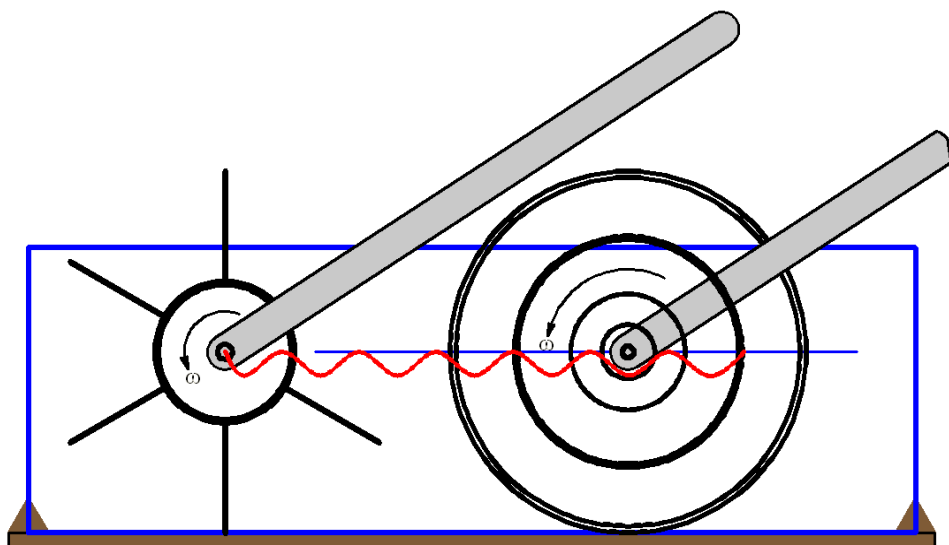


Рисунок 4.5 – Стенд для проверки траектории ступицы колеса при поверхности

Неровности опорной поверхности дороги, как установлено многими авторами, носит периодический характер близкой к гармонической. Поэтому принято характер неровности с шагом близким к максимальной величине высоты выступов. В таких условиях дороги шагающие колеса с четырех и шестью спицами хорошо вписываются, и амплитуда колебаний ступицы остается близкой к амплитуде колебания центра ступицы при перекаtywании по ровной поверхности дороги, т.е. амплитуда колебания центра ступицы при изменении условий дороги практически не изменяется [36,37]. Тогда как пневмоколесо (рисунок 4.6) полностью копирует все неровности дороги. Колебания центра ступицы при больших скоростях переходит к прыжкам, т.е. колесо склонно к галопированию.

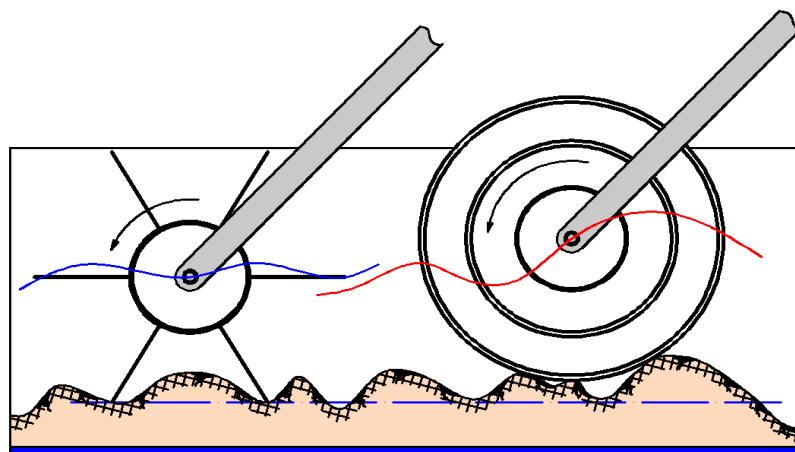


Рисунок 4.6 – Стенд для проверки движение ступицы по бездорожью

Таким образом, подтверждается создания универсального опорно-двигательного аппарата для транспортных средств, который одинаковой комфортностью перекачивается по асфальтированной дорогой и по бездорожью [36,37]. Для этого достаточно шагающего колеса снабдить с упругой пяткой и жесткой ступней.

4.3 Технические условия для разработки конструкции шагающего колеса с упругими спицами

На рисунке 4.7а, 4.7в, 4.7с приведены три типа колесно-шагающих движителя с упругими элементами (спицами). Для всех типов движителя поняты равенства:

$$R_0 = r + R_y$$

при этом R_0 – исходный (проектный) радиус колеса;

r – стальная часть (const) радиуса колеса;

R_y – упругая часть (изменяемый) радиуса колеса.

$$r = H$$

т.к. H – расстояние от центра колеса до опорной поверхности

Значения всех параметров шагающего колеса зависит от проектной длины радиуса R_0 . Для этого при проектировании колеса вначале задают проектной длины радиуса колеса.

Расстояние от центра колеса до опорной поверхности H для колес:

– с тремя спицами - $H = \sin \varphi_0 R_0 = 0.5 R_0$ ($\varphi_0 = 30^\circ$);

– с четырьмя спицами - $H = \sin \varphi_0 R_0 = 0.7 R_0$ ($\varphi_0 = 45^\circ$);

– с шестью спицами - $H = \sin \varphi_0 R_0 = 0.86 R_0$ ($\varphi_0 = 60^\circ$).

Длина упругой части r_y радиуса равна:

– для трехспицевого колеса - $R_y = R_0 - H = 0.5 R_0$;

– для четырехспицевого колеса - $R_y = R_0 - H = 0.3 R_0$;

– для шестиспицевого колеса - $R_y = R_0 - H = 0.14 R_0$.

Длина дуговой части спицы « $K_{об}$ » равна:

– для трехспицевого колеса - $K_{об} = \frac{2\pi}{3} \cdot r = 2.09 r$;

– для четырехспицевого колеса - $K_{об} = \frac{\pi}{2} \cdot r = 1.57 r$;

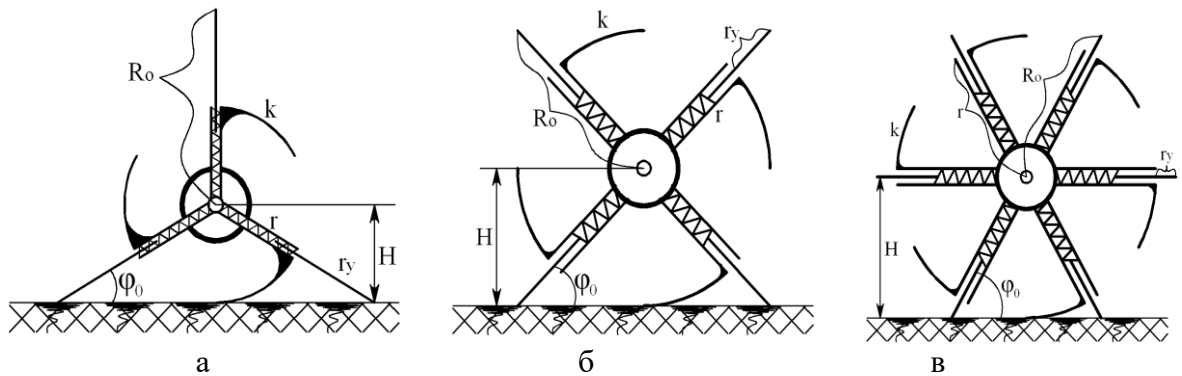
– для шестиспицевого колеса - $K_{об} = \frac{\pi}{3} \cdot r = 1.05 r$.

Размер деформации (сжатие) пружины будет максимально при вертикальных расположениях спицы колеса и равен [36]:

$$X^{\max} = R_0 - r = R_0 - H$$

Проекция силы веса G который деформирует (сжимают) пружины равна:

$$G^{\max} = G \sin \varphi = G; (\varphi = 90^\circ)$$



а – трех спицевый колесо; б – четырех спицевый колесо; в – пяти спицевый колесо

Рисунок 4.7 – Колесно-шагающие движители с упругими элементами (спицами)

Линейная жесткость пружины спицы равна:

$$C = \frac{G^{\max}}{X^{\max}}; H / m$$

то G – вес коляски, действующий на одно колесо.

В начале приземления спицы к опорной поверхности пружина должна предварительно зажата:

$$P_0 = G \sin \varphi_0$$

то P_0 – начальное усилие пружины.

Длина упругой части спицы колеса не уменьшилась, пружина уже зажата с усилием P_0 .

Для разных видов шагающих колес это усилие разное, т.е.:

Для трехспицевого колеса:

$$P_0 = G \sin 30^\circ = \frac{G}{2};$$

Для четырехспицевого колеса:

$$P_0 = G \sin 45^\circ = 0.7G;$$

Для шестиспицевого колеса:

$$P_0 = G \sin 60^\circ = 0.86G.$$

Поэтому выбирается пружина на специальном стенде, где контролируется и проверяется жесткость пружины по усилиям – первоначальное усилие пружины P_0 (при $P_y = R_0 - H$) и конечное усилие пружины $P = G$ (при $P_y = 0$) [37,38].

Предпочтительная конструкция элементов колеса показаны на рисунке 4.8, рисунке 4.9 и рисунке 4.10. Спица колеса состоит из жесткой опоры, штанг, с пружиной и ступицы.

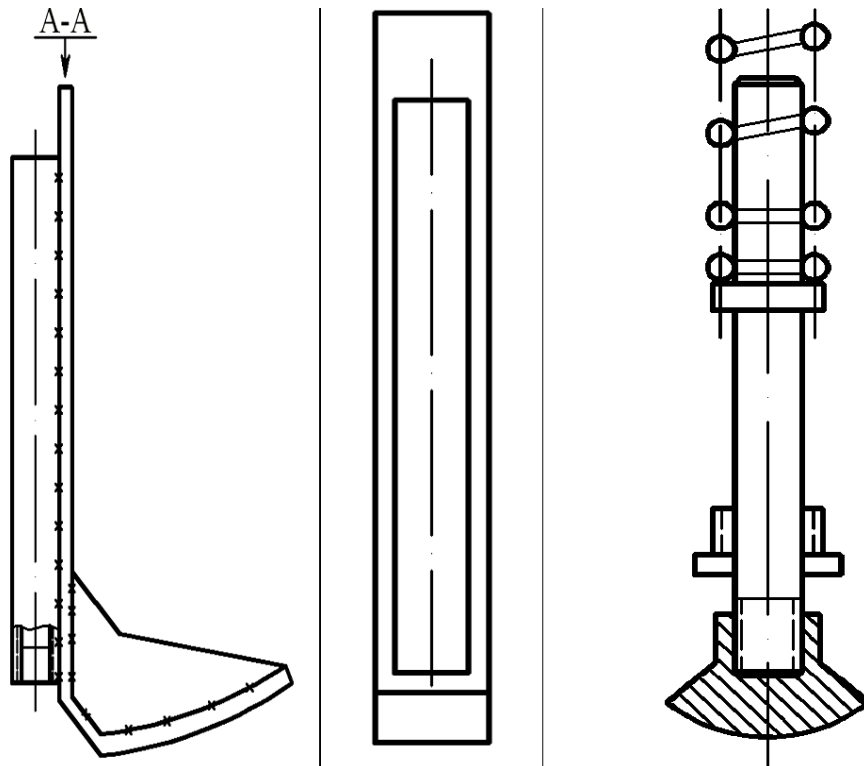


Рисунок 4.8 – Жесткая опора

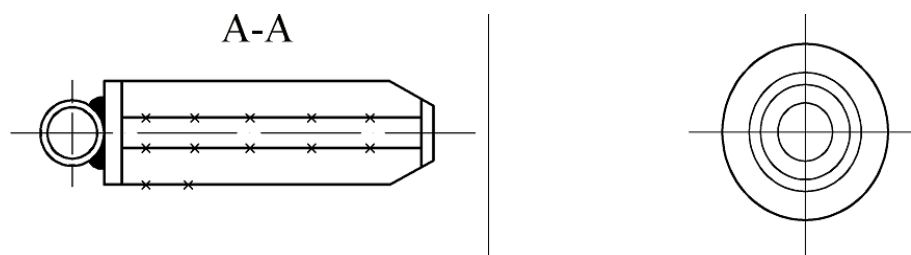


Рисунок 4.9 – Штанга

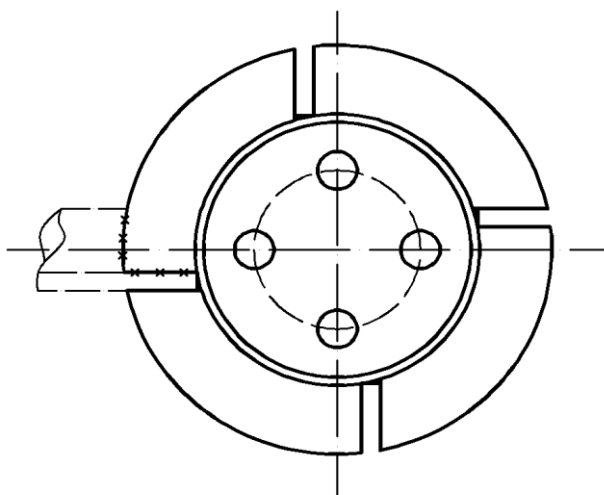


Рисунок 4.10 – Ступица

4.4 Сравнительные технико-экономические показатели

В таблицах 4.1, 1.2, 4.3 и 4.4 (на картах 1, 2, 3) рассчитаны расходы материалов и затраты труда в чел./час на изготовление отдельных деталей одного шагающего колеса.

Определение затраты в денежном выражении разделены на 5 категорий:

1. Стоимость израсходованных материалов для изготовления одной товарной единицы.
2. Затраты труда на изготовление и сборки деталей на одну товарную единицу.
3. Расход электроэнергии.
4. Расход воды.
5. Амортизационные расходы.

1. Стоимость израсходованного металла проката определены, по рыночной стоимости ассортимента стали:

Один килограмм проката (круглый):

Ст-5-1100 тг.

Ст-20-1200 тг.

Ст-45-1500 тг.

Один килограмм листового проката:

Ст-5... .. Ст-20-1200 тг.

из карты 1, 2, и 3 находим:

2. Материалы:

общая сумма – 39400 тг.

3. Затраты труда:

общие затраты - 9,7 чел./час.

Если месячная зарплата рабочего в среднем – 100000 тенге, то можно установить тариф на одного чел./час, т.е. $T = 416,7$ тенге.

Тогда общая сумма трудозатрат:

$Z_n = 9,7 \cdot 416,7 = 4042$ тенге.

Таблица 4.1 – Карта 1

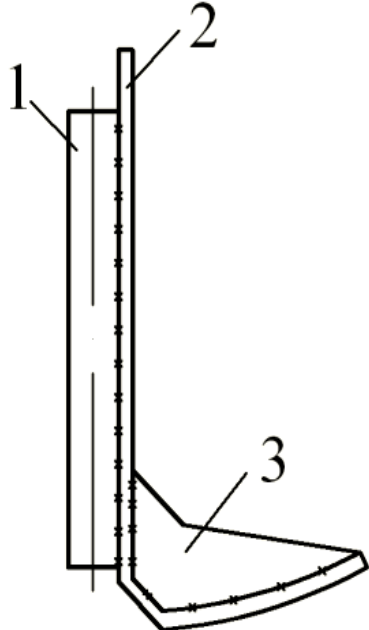
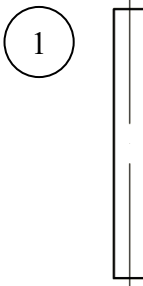
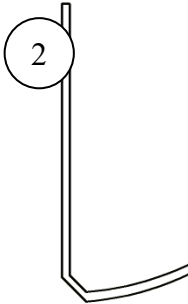
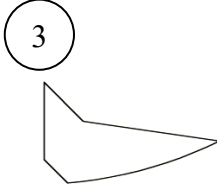
Жесткая опора сб. единицы	Количество	Детали	Количество	Расходы на материалы			Расходы на изготовление							
				материалы	единицы изм.	стоимость в тенге	токарные работы, разметка, рубка	чел/час	фрезер работы	чел/час	сверлильные работы		сварочные работы	чел/час
	6			Ст. труб. $\Phi 50$. $l = 3 м$ Отрезн.	3м	3600тг	Отрезать 6 раза, нарезать внутреннюю резьбу $l = 120 мм$	15 мин	-		-		-	
				Плоский прокат ст.40 $\delta = 7 мм$	5м	6000тг	Отрезка 6 раза; Согнут форму на матр. 6 раза.	20 мин	-		-		Сварка 1 и 2 Сварка 2 и 3 шов 6 м.	20мин
				Плоский прокат ст.40 $\delta = 5 мм$	1.2м	1440тг	Размет. отрубка на матр 6шт.	25 мин	-		-			
Всего	6		18			11040		чел/час						0.3чел/час

Таблица 4.2 – Карта 2

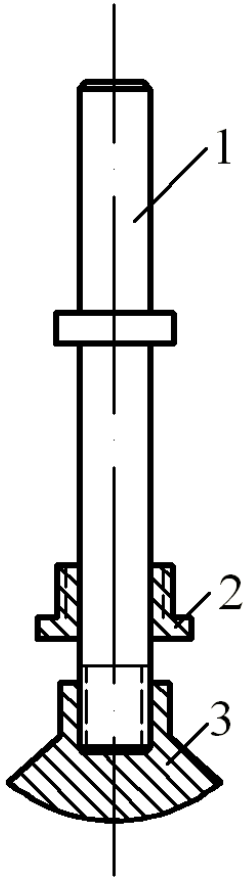
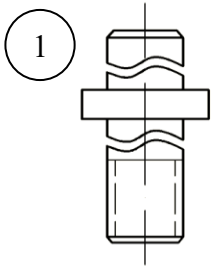
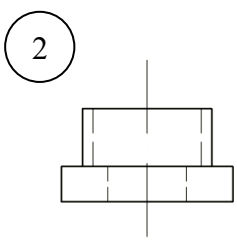
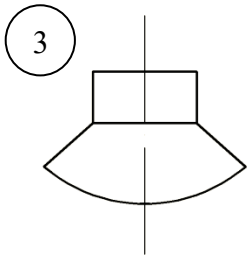
Штанга сб. единицы	количество	Детали	количество	Расходы на материалы			Расходы на изготовление						
				материалы	един. изм.	стоимость в тенге	токарные работы, разметка рубка	чел/час	фрезер работы		сверлильные работы		сварочные работы
	6		6	Прокат круглый Ф50. с .20 $l = 3м$	4.8 м	5700тг	Проточка, нарезка резьбы,	65 мин	-		Сверлениы	3 мин	-
			6	Заглушка Ст.3 Ф50. $l = 40мм$	0.24 м	1360тг	Проточка, сверление	40 мин	-				-
			6	Опора Ст.5. Ф100мм. $l = 180мм$	1.1 м	6000тг	Проточка, конс. прох, округление	60 мин	-		Сверление	6 мин	-
			8			7360		2,454				0,154	

Таблица 4.3 – Карта 3

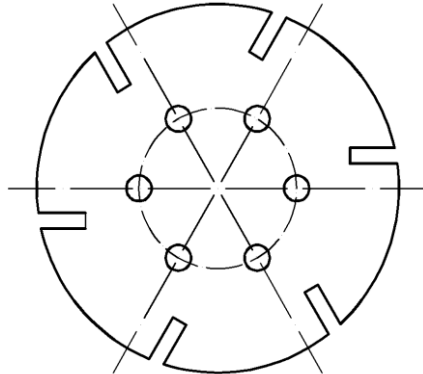
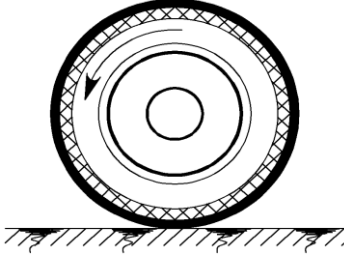
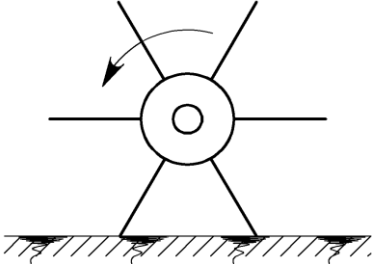
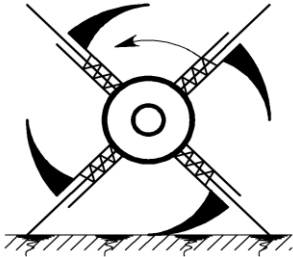
Деталь ступица	количество	Расходы на материалы			Расходы на изготовление							
		Материалы	Един. изм	Стоимость в тенге	Токарные работы, разметка рубка	чел/час	Фрезер работы	чел/час	Сверлильные работы	чел/час	Сварочные работы	чел/час
	6	Круглый прокат ст. 45 Ф240м	18 кгс	21000тг	Проточка	60 мин	Фрезир. Внецент.	90 мин	Сверлильные Ф20 в отв.	20 мин	Сборка с сбор. Единиц А и сварка ф/т.	180 мин
				21000		1 чел/час		1,5чел/час		0,3чел/час		3 чел/час

Таблица 4.4 – Сравнительная расход материалов разных колес

Виды колеса	дорога	1- требование		2- требование		3- требование	
		Комфорт	К	Проходимость	П	К.П.Д. колеса	η
	асфальт	$Y = r + \Delta = const;$ $\Delta = 0$	1	$\Pi = \frac{h}{r} = 1$ $h = r$	1	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2} = 0.99$	0.99
	бездорожья	$Y = r + \delta \cdot \cos \varphi;$ $\delta = 0.3r.$	0.77	$\Pi = \frac{h}{r} = 0.4$ $h = 0.4r$	0.4	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2};$	0.34
	асфальт	$Y = r + \Delta;$ $\Delta = r(1 - \cos \varphi)$	0.87	$\Pi = \frac{h_1}{r} = 0.86$ $h = 0.86r$	0.86	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2} = 0.98$	0.98
	бездорожья	$Y = r + \left(\Delta + \frac{\delta}{2} \cos \varphi \right);$	0.83	$\Pi = \frac{h_1}{r} = 0.86$ $h = 0.86r$	0.86	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2};$	0.99
	асфальт	$Y = r + \Delta = const;$ $\Delta = 0$	1	$\Pi = \frac{h_1}{r} = 1$ $h_1 = r$	1	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2} = 0.99$	0.99
	бездорожья	$y = r \pm \delta = const;$	1	$\Pi = \frac{h_1}{r} = 1$ $h_1 = r$	1	$\eta = \frac{V_1^2}{V_1^2 + \Delta V^2} = 0.99$	0.99

1. Расход электроэнергии можно рассчитывать с учетом работы электродвигателей и освещения с суммарной мощностью 1 кВт за время изготовления деталей. Это:

$$W = 1\text{кВт} \cdot 9,7\text{час} = 9,7\text{кВт} \cdot \text{час}$$

при тарифе $t = 9,7 \text{ тенге} / \text{кВт} \cdot \text{час}$

$$\text{ЭЭ} = 9,7 \cdot 9,7 = 94,09 \text{тенге}.$$

2. Расход воды

тариф- $t_1 = 11,2 \text{ тенге} / \text{м}^3$

3. За 9,7 часов работы расходуется 2м^3 воды с учетом уборки помещения, тогда $B = t_1 \cdot 2 = 22,4 \text{тенге}$

1. Амортизационные расходы трех станков за 9 часов:

$$A = 30,6 \text{тенге}$$

Общий расход:

$$P = M + 3_n + \text{ЭЭ} + A + B = 39400 + 4042 + 94,09 + 30,6 + 22,4 = 43589 \text{тенге}.$$

Себестоимость одного колеса 432589 тенге. Розничная цена – 45768 тенге (5% отчисл, на прибыль из одного изготовленного колеса составляет – 2179 тенге).

Пневмоколесо в сборке (покрышка, камера и диск) с диаметром 0,8 м сегодня на рынке стоит от 75000 до 90000 тенге.

Это показывает, что при одинаковом сроке службы сравниваемых колес, шагающее колесо дешевле на 50% по сравнению с пневматическим колесом.

Выводы по четвертому разделу

Сравнительная оценка конструкций колясок из патентного фонда на квадратно координатной сетке (рисунок 4.1) показывает, что многие более-менее приемлемые конструкции, сложенные по конструкции, не вписываются в ограниченный габарит, даже при наличии всех достоинств конструкции. Если она сложная по себестоимости, то эта конструкция не конкурентно способна. Из указанного сравнения также выяснено, что колеса RU2254260C1, при использовании их в конструкциях коляски, с натяжкой, могут быть оценены 24 баллами из 28 возможных. Из сравнения конструкций также замечено: 5 – требование (универсальность хода) и 2 – требование (сложность конструкций), а также 3 – требование (маневренность движителя).

Итоги результатов данной работы выделены в виде прикладной методики для использования конструкций при разработке конкретной конструкции движителя инвалидной коляски. Исследование движителей транспортных средств и разработка рациональной их конструкции на примере инвалидной коляски» используется в учебном процессе университета и колледжа (Приложение А) при выполнении курсовых работ и дипломных проектов.

Соответствия, полученных расчетных результатов с действительными значениями производились на лабораторных установках с записывающими устройствами.

Неровности опорной поверхности дороги, как установлено многими авторами, носит периодический характер близкой к гармонической. Поэтому принято характер неровности с шагом близким к максимальной величине высоты выступов. В таких условиях дороги шагающие колеса с четырех и шестью спицами хорошо вписываются, и амплитуда колебаний ступицы остается близкой к амплитуде колебания центра ступицы при перекатывании по ровной поверхности дороги, т.е. амплитуда колебания центра ступицы при изменении условий дороги практически не изменяется. Тогда как пневмоколесо (рисунок 4.6) полностью копирует все неровности дороги. Колебания центра ступицы при больших скоростях переходит к прыжкам, т.е. колесо склонно к галопированию.

Таким образом, подтверждается создания универсального опорно-двигательного аппарата для транспортных средств, который одинаковой комфортностью перекатывается по асфальтированной дорогой и по бездорожью. Для этого достаточно шагающего колеса снабдить с упругой пяткой и жесткой ступней.

Сделаны сравнительные технико-экономические показатели. Себестоимость одного колеса – 432589 тенге. Розничная цена – 45768 тенге (5% отчисл. на прибыль из одного изготовленного колеса составляет – 2179 тенге).

Пневмоколесо в сборке (покрышка, камера и диск) с диаметром 0,8 м сегодня на рынке стоит от 75000 до 90000 тенге.

Это показывает, что при одинаковом сроке службы сравниваемых колес, шагающее колесо дешевле на 50% по сравнению с пневмоколесом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных поисково-конструкторских и теоретическо-исследовательских работ можно сделать следующие **выводы**:

Колеса движителей надземных транспортных средств, работающих в больших строительных объектах, строительстве дорог и на местах чрезвычайных ситуации, на сегодня, не отвечают требованиями проходимости исключительно сложных условиях бездорожья. Попытки увеличения проходимости транспортных средств, работающих, в не стандартных условиях пока еще не дали конкретные результатов.

Научно-исследовательские работы, направленные на создание конструкции шагающего типа колеса с высокой степенью проходимости закончились разработкой конструкции высоко проходимых колес шагающего типа для тихоходных движителей внутри промышленного транспорта и для передвижения по лестничным маршам. Эти работы не дали модернизацию колеса до конца. Поэтому данная работа направлена на дальнейшее совершенствование конструкции шагающего колеса.

В данной работе разработана конструктивные решения двух видов шагающего колеса с упругими спицами, которые предназначены для передвижения в условиях бездорожья на высоких скоростях и имеют универсальные ходовые свойства для езды как в условиях бездорожья, так и в условиях асфальтированных дорог как пневмоколеса современных транспортных средств.

На основе проведенного теоретического сравнительного анализа установлены: конструкций шагающего колеса проще по конструкции чем пневмоколеса и одинаково комфортно при езде по асфальтированной дорогой, а при езде по бездорожью в два раза комфортнее, 2.5 раза выше проходимости и 3 раза меньше затрачивают энергии на перекачивание.

Предложенные конструкций шагающего колеса с упругими спицами исключает непредвиденные потери работоспособности, как прокол и перегрев покрышки пневмоколеса. При 5% чистой прибыли от каждой продукции шагающие колеса в два раза будет дешевле на рынке чем пневмоколесо.

При проектировании следует учесть, что шести спицевые шагающие колеса могут сохранять комфортность езды при угловых скоростях вращения колеса $\omega = (10 \div 15) \frac{1}{C}$. Для дальнейшего увеличения транспортной скорости движителя следует увеличивать радиус колеса или использовать четырехспицевое колесо.

Жесткость пружины определяется в зависимости от веса, падающего на одно колесо в динамическом режиме работы колеса (методика расчета параметров колеса) в п. 2.10. Динамическая жесткость пружины спиц сохраняет комфортности езды при увеличении расчетного веса до двух раз. В случае увеличения расчетного веса более чем двух раз в конструкции спиц предусмотрен регулятор, уменьшающий общую длину пружины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К. и др. Шагающие движители: учеб. пос. – Алматы: Бастау, 2000. – 182 с.
- 2 Муратов А., Омаров А.Д., Кайнарбеков А. и др. Хикаят шагающего колеса. – Алматы, 2013. – 227 с.
- 3 Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. – М.: Машиностроение, 1981. – 231 с.
- 4 Муратов А. М., Сазанбаева Р.И. и др. Повышение проходимости колесных машин в условиях бездорожья. – Алматы: Бастау, 2003. – 125 с.
- 5 Asemhanuly A., Niyazova J.Q. Kólikterdiń adymdaýshy qozgaltqyshtaryn damuty // Qazaqstan ondirstik koligi. – 2018. – Vol. 4(61). – P. 51-53.
- 6 Муратов А.М., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Проходимость колеса и колесно-шагающего устройства транспортных средств // Матер. 14-й междунар. конф. «Научная индустрия Европейского континента – 2018». – Прага, 2018. – С. 64-68.
- 7 Муратов А.М., Бекмамбет К.М., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Сущность эффекта движения параллелограмного корпуса моста двух опорного транспортных средств // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №4(65). – С. 104-107.
- 8 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К. и др. Шагающие движители: учеб. – Алматы: Бастау, 2002. – 230 с.
- 9 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К., Сазанбаева Р.И. и др. Синтез схемы шагающего колеса // Вестник КазАТК. – 2001. – №5. – С. 33-38.
- 10 Niyazova Zh., Muratov A., Assemkhanuly A. Synthesis of mechanisms of walking musculoskeletal apparatus // Mater. of 14th internat. scient. and prac. conf. «Conduct of Modern science – 2018». – Sheffield, 2018. – S. 72-76.
- 11 Кайнарбеков А. Теоретические исследования и разработка технических предложений на создание оборудования автономной путемонтажной мастерской на базе движителя с высокой степенью проходимости: дис. док. техн. наук: 05.05.04. – Алматы, 2005. – 215 с.
- 12 Сазанбаева И.Р. Разработка и обоснование основных параметров колёсно-шагающего устройства для строительных и дорожных машин: дис. раб. канд. техн. наук: 05.05.04. – Алматы, 2003 – 130 с.
- 13 Niyazova Zh., Assemkhanuly A., Muratov A. et al. Walking propellers of transportation vehicle for driving under steppe road-off conditions // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18, №3. – P. 355-363.
- 14 Сухамбаев А.К. Исследование работы колесно-шагающего движителя для передвижения по лестничным маршам: дис. канд. техн. наук: 05.05.04. – Алматы, 2008. – 104 с.
- 15 Муратов А.М., Сазанбаева Р.И., Мусин Т.О. Синтез строения замкнутых кинематических цепей без избыточной связи // Вестник КазАТК. – 2001. – №5. – С. 11-15.

- 16 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К., Аканова Ж.Ж. Простейшая конструкция шагающего колеса // Промышленный транспорт Казахстана. – 2007. – №3(3). – С. 82-84.
- 17 Асемханулы А. Исследование движителей транспортных средств и разработка рациональной их конструкции: дис. док. PhD: 6D071300. – Алматы, 2020 – 105 с.
- 18 Турдалиев А.Т., Абилкайыр Ж., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Теоретические основы надежности механических систем транспортных машин // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №3(64). – С. 190-194.
- 19 Кайнарбеков А., Муратов А., Сериккулова А.Т., Ниязова Ж.К. Надежность вертикальной устойчивости шасси транспортных средств при езде по горно-пересеченным дорогами // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №1(62). – С. 13-18.
- 20 Сарыпбеков М., Разработка прикладных методов анализа и синтеза механизмов шагающего движителя транспортных средств: док. техн. наук: 05.05.04. – Алматы, 2004. – 215 с.
- 21 Кайнарбеков А., Бекмамбет К.М., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Кинестатика шагающего колеса надземных транспортных средств // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №2(63). – С. 26-30.
- 22 Кайнарбеков А. Муратов А., Ниязова Ж.К. и др. Надежность вертикальной устойчивости двухоперного движителя транспортных средств при езде по горно-пересеченным дорогам // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №4(65). – С. 14-19.
- 23 Асемханулы А., Муратов А.М., Ниязова Ж.К. Синтез схемы шагающего колеса // Вестник Омского регионального института Научно-практический журнал. – 2018. – №4. – С. 88-93.
- 24 Assemkhanuly A., Niyazova Zh., Ustemirova R. et al. Mathematical and computer models in estimation of dynamic processes of vehicles // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2019. – Vol. 97, №10. – P. 2803-2820.
- 25 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К., Аканова Ж.Ж. Энергетические сравнение роторы пневмоколеса автотранспорта с его шагающим прототипом // Промышленный транспорт Казахстана. – 2007. – №4(14). – С. 47-51.
- 26 Кайнарбеков А., Бекмамбет К.М., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Динамический процесс, происходящий при столкновении одиночного колеса транспортного средства с фронтальным препятствием высотой, равной половине длины радиуса колеса // Матер. 15-й междунар. конф. «Дни науки – 2019». – Прага, 2019. – С. 60-63.
- 27 Муратов А., Ниязова Ж.К., Бекмамбет К.М. и др. Особенности установки механизма адаптивной подвески относительно направления движения в зависимости от конструкции колеса транспортных средств // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №1(62). – С. 52-56.

28 Muratov A., Kainarbekov A., Asemkhanuly A., Niyazova Zh. Over ground vehicles for traffic in steppe road conditions // Industrial transport of Kazakhstan. – 2020. – Vol. 3(68). – P. 15-28.

29 Kainarbekov A., Muratov A., Niyazova Zh. et al. Adaptive frame of universal vehicle course // Industrial transport of Kazakhstan. – 2020. – Vol. 4(69). – P. 12-21.

30 Кутель Р.В. Испытание на надежность машин и их элементов. – М.: Машиноведение, 1982. – 181 с.

31 Асанов А.А., Муратов А., Ниязова Ж.К. Асемханулы А. Динамический процесс одиночного движителя транспортного средства // Вестник Кыргызского Государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. – 2019. – №1(63). – С. 46-53.

32 Асанов А.А., Муратов А.М., Ниязова Ж.К. и др. О конструкциях механического адаптера колеса наземных транспортных средств // Промышленный транспорт Казахстана. – 2020. – №1(66). – С. 17-21.

33 Муратов А.М., Кайнарбеков А.К. Кинематика гусенично-шагающего движителя и силы, действующие при движении в различных режимах // Матер. междунар. науч.-техн. конф. «Достижения наука в области строительной механики и инженерных сооружений». – Алматы: КазАТК, 2005. – С. 94-97.

34 Кайнарбеков А., Муратов А., Асемханулы А., Ниязова Ж.К. Разработка конструктивного решения инвалидной коляски повышенной проходимости // Промышленный транспорт Казахстана. – 2019. – №3(64). – С. 33-43.

35 Юлмашев Т., Исмаев Х.Б. Исследование движения некоторых механизмов с учетом упругости звеньев // Тр. ин-та Уральск. политех. ин-та. – 1970. – №180. – С. 11-19.

36 Кайнарбеков А., Ниязова Ж.К., Асемханулы А. Схема взаимодействия и рабочие параметры механизма плавающей подвески движителей транспортных средств // Промышленный транспорт Казахстана. – 2020. – №1(66). – С. 29-32.

37 Omarov B., Asemkhanuly A., Niyazova Zh. et al. Design of adaptive suspension for universal vehicle course // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2020. – Vol. 15, №17. – P. 1910-1917.

38 Asemkhanuly A., Niyazova Zh., Karpov A. et al. Adaptive Frame of Universal Vehicle Course // The Open Transportation Journal DOI. – 2020. – Vol. 14. – P. 194-203.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения - А



«Утверждаю»

Директор АТЭКПС

Омарова Г.А.

2021г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы в
Алматинском Техничко-экономическом колледже путей сообщения

Мы, нижеподписавшиеся, представители Алматинского Техничко-экономического колледжа путей сообщения: заместитель директор по учебной работе Койшыбаева Ж. К.; заместитель директора по научно-методической работе Белгожаева Ш.Д.; председатель цикловой методической комиссии по специальностям «Техническая эксплуатация подъёмнотранспортных, строительных, дорожных машин и оборудования» и «Техническое обслуживание, ремонт и эксплуатация автомобильного транспорта» Жаксылыков Д.Е. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы докторанта Казахского университета путей сообщения Ниязовой Жансая Куанышевны «Исследование двигателей транспортных средств и разработка рациональной их конструкции на примере инвалидной коляски» используется в учебном процессе колледжа при выполнении курсовых работ и дипломных проектов.

Зам. директор по УР

/Койшыбаева Ж. К.

Зам. директор по НМР

/Белгожаева Ш.Д

Председатель цикла

Жаксылыков Д.Е

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения – Б



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор филиала
АО «НК «КТЖ»- Актобинское
отделение магистральной сети»
Жайлаубай С.А.
2021г

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результатов исследований и рекомендации движителей
транспортных средств и разработки рациональной их конструкции

Проведенные исследования, изложенные в диссертационной работе Ниязовой Жансан Куанышевной, представленные на соискание ученой степени доктора философии PhD специальности 6D071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии» Казахского университета путей сообщения, представляют практический интерес для филиала АО НК «КТЖ - «Актобинское отделение магистральной сети», так как применение альтернативных типов движителей на мобильных транспортных средств высокой проходимости, могут сыграть существенную роль при механизации путевых работ в горной и труднодоступной местах, где применение существующей путевой техники затруднено из-за габарита путевых машин.

Для реализации данного проекта по эскизам колесно-шагающего движителя в Казахском университете путей сообщения изготовлен экспериментальный образец для возможности использования в транспортных средствах.

Начальник технического отдела НЖС-11:

С.А. Зулхарнаев

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Акт внедрения - В



«Утверждаю»
Президент
КУПС
А.Д.Омаров
«19» 02 2021г

Акт

О внедрении результатов научно-исследовательской работы в КУПС

Мы, нижеподписавшиеся, представители Казахского университета путей сообщения: начальник научного отдела, д.т.н., профессор Турдалиев А.; зав. кафедрой «Транспортная техника, машиностроение и стандартизация» (ТТМиС) к.т.н., доцент Серикулова А.Т.; зав. лабораторией «Транспорт, транспортная техника и технологии» (ТТиТ) Курмангалиев К.Ш., составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы Ниязовой Жансая Куанышевны «Исследование движителей транспортных средств и разработка рациональной их конструкции на примере инвалидной коляски» используются в учебном процессе для бакалавров по образовательной программе В065(5В071300) - «Транспорт, транспортная техника и технологии» и магистров по образовательной программе М104(6М071300) - «Транспорт, транспортная техника и технологии» в курсах по выбору, и для выполнения курсовых, дипломных работ(проектов), магистерских диссертации.

Начальник «НО»
д.т.н., профессор

Зав. кафедрой «ТТМиС»
к.т.н., доцент

Зав. лабораторией
«ТТиТ»

Турдалиев А.

Серикулова А.Т.

Курмангалиев К.Ш.