

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**В. І. Кубіч**

**ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ  
ВСЮДИХІДНИХ КОМБІНОВАНИХ  
КОЛІСНИХ РУШІВ**

Навчальний посібник

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2020

УДК 629.032(0.38)  
К 88

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Національного університету «Запорізька політехніка»,  
(Протокол № 3/20 від 31.01.2020 р.)*

**Рецензенти:**

*Кіндрачук М. В* – член-кореспондент НАН України, д.т.н., професор, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач кафедри машинознавства Національного авіаційного університету.

*Коробочка О. М.* – д.т.н., професор кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство» Дніпровського державного технічного університету.

**Кубіч В. І.**

К88 Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 195 с.  
ISBN 978-617-529-251-8

Навчальний посібник містить відомості про особливості конструкції всюдихідних колісних рушіїв та їх застосування в ходовій частині транспортних засобів. Частково розкриваються питання здійснення взаємодії між елементами рушіїв з опорними поверхнями та їх приводу. Наведено інноваційні технічні рішення щодо вдосконалення елементів конструкції рушіїв, які викладенні у деклараційних документах на винаходи та корисні моделі.

Посібник призначений для студентів, магістрантів, аспірантів спеціальностей «Галузеве машинобудування» та «Автомобільний транспорт». Наведені свідчення можуть використовуватися співробітниками технічних служб, які працюють у галузі конструювання та експлуатації колісних транспортних засобів.

**УДК 629.032(0.38)**

ISBN 978-617-529-251-8

© Кубіч В. І., 2020  
© Національний університет  
«Запорізька політехніка», 2020

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
1 Загальні положення та напрямки вдосконалення конструкцій колісних рушіїв.....	7
2 Відомості про рушії транспортних засобів високої прохідності.....	28
2.1 Загальна класифікація рушіїв.....	28
2.2 Планетарно-коткові рушії.....	29
2.3 Планетарно-колiсні рушії.....	33
2.4 Колісно-крокуючий рушій.....	34
2.5 Системи з крокуючим принципом переміщення.....	41
3 Конструкції одиночних рушіїв.....	46
3.1 Колісно-крокуючий рушій з опорними башмаками.....	46
3.2 Крокуюче колесо транспортного засобу з опорними стійками.....	57
3.3 Колісний рушій змінного діаметра.....	61
3.4 Осциляторний колісний рушій конструкції Л.М. Петрова.....	62
3.5 Колісний рушій, що перекочується.....	67
3.6 Колісний рушій з секціями пневматичних шин.....	72
3.7 Колісний рушій з опорними башмаками та грунтозачепами-штовхачами.....	78
3.8 Колісний рушій з лопатями.....	80
3.9 Точковий колісно-кроковий рушій.....	84
3.10 Тягово-транспортна система з гнучко-пружними елементами.....	91
3.11 Колісний рушій з системою пластинчатих грунтозачепів.....	93
4 Рушії у складі транспортних засобів (багатоколiсні рушії).....	99
4.1 Рушій з парою коліс на повздовжніх важелях балансирної підвіски.....	99
4.2 Крокуючий рушій транспортного засобу.....	103
4.3 Колісно-крокуючий рушій з тандемними колесами.....	106
4.4 Колісно-крокуючий рушій М.І. Ловчікова.....	112

4.5 Колісно-крокуючий рушій з порожнистим корпусом.....	120
4.6 Колісно-крокуючий рушій з подвійними паралельними балансирами.....	122
4.7 Рушій з круговим обертанням коліс.....	126
4.8 Колісно-крокуючий рушій з попарно згрупованими колісними вузлами.....	136
4.8.1 Варіанти конструктивного виконання.....	136
4.8.2 Порядок роботи рушія за першим варіантом конструктивного виконання.....	139
4.8.3 Порядок роботи рушія за другим варіантом конструктивного виконання.....	143
4.9 Рушій з колесами у вигляді еліпса.....	144
4.10 Колісно-крокуючий рушій з функцією активної підвіски.....	149
4.10.1 Загальний устрій рушія.....	149
4.10.2 Порядок роботи рушія.....	152
4.10.3 Підготовка рушія до роботи.....	154
4.10.4 Робота рушія в режимі активної підвіски.....	155
4.11 Колісно-крокуючий рушій зчленованого транспортного засобу.....	158
4.11.1 Загальний пристрій рушія.....	158
4.11.2 Фази подолання перешкод.....	162
4.11.3 Порядок роботи рушія.....	166
4.12 Колісний рушій з поштовхом.....	168
Література.....	175
Додаток А. Позначення рушіїв.....	180
Додаток Б. Традиційні колісні рушії при русі всюдиходів на воді.....	183
Додаток В. Автомобілі звичайної прохідності з можливістю руху на воді.....	189

## ВСТУП

Отримання системних знань та розумінь щодо застосування елементарних деталей машин в конструкціях складових частин колісних транспортних засобів, які забезпечують реалізацію комплексу їх експлуатаційних властивостей якості при використанні за призначенням представляються як очікувані результати навчання. При цьому процес формування у студентів фахових компетенцій, наприклад, за освітніми програмами «Колісні та гусеничні транспортні засоби» та «Двигуни внутрішнього згорання», передбачають здатність демонструвати ними: знання та розуміння принципів будови і функціонування конструкцій складових частин автомобільних транспортних засобів, тракторів, типові й оригінальні технічні рішення, які пропонуються та застосовуються у вітчизняному і закордонному автомобіле- і тракторобудуванні, будуванні нових концептуальних зразків рухомих транспортних, транспортно-технологічних енергетичних засобів; розуміти і враховувати тенденції розвитку окремих складових конструкції, до яких, у тому числі, відноситься ходова частина.

Особливості конструктивного виконання спеціальних рушіїв ходової частини засобів рухомості багато у чому визначає їх відповідність умовам прохідності під час використання за призначенням. Тому це питання заслуговує окремої уваги при здобутті сучасного освітнього рівня.

Основною метою при складанні навчального посібника ставилось збір, систематизація та цілісне представлення науково-технічних даних стосовно розвитку конструкцій всюдихідних колісних рушіїв, що повинно надати допомогу зацікавленим особам освітнього процесу при їх вивченні. Викладений матеріал носить, у більшій мірі, описовий характер свідчень з різних джерел інформації і не містить результатів власних пошукових досліджень за тематикою, що розглядається. Автор на підставі аналізу отриманих даних узагальнено сформулював напрями вдосконалення конструкцій колісних рушіїв, що і покладено в основу змісту посібника. Під час складання посібника використовувалися сучасні наукові, інформаційно-технічні та патентні ресурси.

Наведені в навчальному посібнику відомості представляються:

– по-перше, академічними, так як спрямовані на формування у студентів розширених уявлень та знань по конструкціях спеціальних колісних рушіїв, що розглядаються відповідно до ознак їх класифікації і особливостям їх конструктивного виконання;

– по-друге, науково-пізнавальними, оскільки базуються на результатах досліджень, відображених в деклараційних документах на винаходи і корисні моделі, та можуть стати відправною точкою для формування своїх поглядів на вирішення тієї чи іншої проблемної задачі.

Поданий матеріал пропонується як додаткова література, яка рекомендується до використання під час самостійної підготовки, у першу чергу, для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування (Колісні та гусеничні транспортні засоби) до розгляду і вивчення тем:

– модуля «Ходова частина та системи керування автомобіля» робочої програми дисципліни «Автомобілі. Основи конструкції»;

– модуля «Будова складових частин машин» робочої програми «Машини з двигунами внутрішнього згорання».

Посібник може використовуватися в процесі навчання студентами інших спеціальностей галузевого машинобудування та автомобільного транспорту.

Автор не претендує на істину в першій інстанції та буде вдячний усім, хто знайде можливість висловити свої зауваження і побажання щодо викладеного матеріалу.

Автор висловлює щирю вдячність співробітникам кафедри «Автомобілі» Білостоцькій А.О., Решетняк О.В. та Даниленко О.М. за активну участь у перекладі матеріалу, корегуванні тексту та оформленні видання.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ КОЛІСНИХ РУШІВ

При розгляді загальних питань стосовно особливостей конструкції ходової частини колісної машини необхідно розуміти наступне.

По-перше, слід відзначити, що рушій сумісно з підвіскою, несучою системою (рама, кузов, корпус), мостами (осями) конструктивно складають ходову частину транспортного засобу.

По-друге, ходова частина, наприклад, автомобільного транспортного засобу, призначена для реалізації тягово-динамічних, швидкісних характеристик силової передачі, а також для забезпечення прохідності, плавності руху та його керованості і стійкості при русі. У даному випадку експлуатаційна властивість транспортного засобу – прохідність, розглядається ключовою.

*Прохідністю* називається здатність технічно справного та навантаженого у межах номінальної вантажопідйомності (при заданих дорожніх умовах), наприклад, автомобіля або автопоїзда, почати рух та продовжити його з заданою швидкістю за допомогою двигуна, а також виконувати корисну роботу з найбільшою ефективністю. При цьому здатність рухатись по сильно деформованим ґрунтам називається опорно-зчпною прохідністю, а здатність подолати перешкоди або рухатись по шляху з нерівностями без їх зачіпання та без збудження великих коливань прийнято називати профільною прохідністю [1].

Прикладні теоретичні аспекти прохідності автомобіля, конструкцій всюдихідних колісних та комбінованих рушіїв, конструкції автомобілів високої прохідності у свій час були розглянуті у багатьох наукових працях, до яких слід віднести роботи Агейкіна А.С., Кошарного Н.Ф., Вольського С.Г., Розова Р.А., Буркова М.С., Платонова В.Ф. [2–6] та інших фахівців.

Наукова думка відносно вдосконалення конструкцій рушіїв та робочих процесів в них розвивається під впливом часу та за напрямком, що розглядається, не втрачає актуальності і має відповідні інноваційні досягнення. Одні з них остаються на рівні теоретичних, реалізованих у формі математичних, фізичних моделей, графічних уявлень (схеми, рисунки), та покладені на

полицю до затребуваності, інші практично реалізовані в дослідних зразках. Наприклад, актуальними є дослідження, які спрямовані на обґрунтування параметрів колісних рушіїв машинно-тракторних агрегатів на основі взаємодії з ґрунтовим середовищем [7, 8], розробку та вдосконалення безпосередньо конструкцій колісних рушіїв [30–49], способів переміщення тягово-транспортних машин [9, 10] тощо.

Рушії являє собою пристрій для перетворення енергії двигуна в роботу, яка витрачається на подолання опору руху транспортних засобів [11]. Для руху транспортних засобів по суші застосовуються колісні, гусеничні, спеціальні рушії (крокуючі, колісно-крокуючі, шнекові та ін.) і їх комбінації. Рух по воді потребує використання гребних коліс, водометних рушіїв, у тому числі можливо використання традиційних колісних та гусеничних рушіїв у випадку, коли несуча система транспортного засобу володіє плавучістю. Для руху у повітрі застосовуються повітряні гвинти, реактивні рушії тощо.

Тип рушія, особливості його конструктивного виконання, спосіб підведення до нього енергії, наприклад, механічної, від двигуна внутрішнього згорання через трансмісію, особливості його безпосереднього зв'язку, з одного боку, несучою системою (рама, кузов, корпус) через елементи підвіски, з іншого – з опорною поверхнею, наприклад, у випадку руху по суші, обумовлюють прояв таких експлуатаційних властивостей транспортного засобу як прохідність, керованість, стійкість, маневреність та ін.

З точки зору прохідності конструктивне виконання рушія та його приводу обумовлює віднесення транспортних засобів до звичайної, підвищеної та високої прохідності і забезпечує ефективність проявів її складових – опорно-зчпної та профільної, як у різних умовах дорожнього руху, так і бездоріжжя [2, 12, 13].

Рушії, призначений для використання в різноманітних дорожньо-ґрунтових умовах, прийнято називати *всюдихідним*.

Неодмінна вимога до всюдихідного рушія – забезпечення високих експлуатаційних якостей як на автомобільних дорогах, так і в різноманітних умовах бездоріжжя.

Розрізняють одиночні та багатоколісні рушії.



Від схеми багатокілісного рушія залежать:

- можливість подолання ровів та інших перешкод;
- перерозподіл навантаження по колесах (осях) в процесі руху;
- стійкість руху;
- доцільні типи підвісок;
- опір при криволінійному русі по м'яким ґрунтам;
- поворотність транспортного засобу;
- складність рульового управління;
- доцільні схеми трансмісій;
- компоновка транспортного засобу;
- можливість використання вузлів дорожніх транспортних засобів.

Багатокілісний рушій є певна за кількістю сукупність активних (активних і пасивних – привідних і ведених), керованих (некерованих) коліс, встановлених на нерухомих (рухомих в поздовжній і поперечній площинах) осях їх обертання і розставлених по базі засобу рухомості (машина, автомобіль, амфібія, трактор, екскаватор, транспортний засіб, мобільний енергетичний засіб та ін.) за певною схемою. Наприклад, для звичайного колісного рушія існує наступний вираз схем розташування коліс – 1-2; 2-2; 2-1; 1-2-1; 1-1-1 та ін. Кожен рушій має своє відмінне позначення. Деякі приклади наведено у додатку А [3].

Одиничний колісний рушій представляється як опорне колесо, при зануренні якого в деформовану опорну основу на глибину, рівну висоті виступів рисунка протектора (ґрунтозачепів), утворюється відбиток із замкнутим контуром [14]. Якщо занурення по причині відсутності деформування опорної поверхні не відбувається, то слід кочення також має замкнутий контур.

Традиційний колісний рушій (багатокілісний рушій), наприклад, автомобільного транспортного засобу, складається із визначеної кількості коліс, які розташовані по його базі та виконані у вигляді пневматичної шини *1* (рис. 1.1 *a–z*), встановлених на ободі *2* з диском *3* (або без нього), закріплених на маточині.

*Колесо* – рушій, круглий (як правило) диск, що вільно обертається або закріплений на вісі, який дозволяє поставленому на нього тілу котитися, а не ковзати [11].

Колесо, як частина рушія колісної машини, виконує наступні функції [4]:

- є підтримуючим елементом, що передає вертикальні навантаження від автомобіля на дорогу;

- забезпечує виникнення зовнішніх сил (тяги), необхідних для руху автомобіля;

- служить в якості направляючого елемента, що викликає виникнення зовнішніх сил, які змінюють прямолінійний напрямок руху автомобіля на криволінійне;

- є одним з передавальних і пружних елементів між дорогою і підвіскою.

Основними показниками роботи колеса є [4]:

- показник занурення  $\Pi_3$  (1.1), який оцінює підтримуючі можливості колеса і характеризує можливість руху машини без зачіпання корпусу за ґрунт

$$\Pi_3 = \frac{\delta + h}{R}, \quad (1.1)$$

де  $\delta$  – радіальна деформація шини, мм;

$h$  – глибина колії, мм;

$R$  – зовнішній радіус колеса (шини), мм;

- коефіцієнт опору коченню  $f$  (1.2), який також оцінює підтримуючі можливості колеса і характеризує економічність використання колеса

$$f = \frac{P_{f\kappa} + P_{fu} + P_{fi}}{G_{\kappa}}, \quad (1.2)$$

де  $P_{f\kappa}$  – сила опору ґрунту коченню, Н;

$P_{fu}$  – сила опору коченню, що викликана втратами енергії на деформацію шини, Н;

$P_{fl}$  – сила опору коченню від липкості ґрунту, Н;  
 $G_k$  – вертикальне навантаження на колесо, Н;

– коефіцієнт тяги  $\varphi_m$  (1.3), який оцінює тягові можливості колеса

$$\varphi_m = \frac{P_{зч} - P_{fz}}{G_k}, \quad (1.3)$$

де  $P_{зч}$  – сила зчеплення колеса з ґрунтом, Н;

– висота порогової нерівності  $h_n$  (1.4), за якою оцінюють можливість подолання колесом перешкод

$$h_n = R \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \varphi_m^2}} \right); \quad (1.4)$$

– коефіцієнт корисної дії  $\eta$  (1.5), яким оцінюють економічність ведучого колеса

$$\eta = \frac{\varphi_m (1 - \delta_s)}{\varphi_m + f}, \quad (1.5)$$

де  $\delta_s$  – коефіцієнт буксування;

– показник економічності  $\Pi_e$  (1.6), який являє собою відношення потужності, що витрачається на кочення колеса  $N_n$ , до навантаження  $G_k$  і швидкості  $v$  руху. Причому потужність  $N_n$  дорівнює сумі потужностей, що витрачаються на деформацію ґрунту, на радіальну деформацію шини, на буксування, на тангенціальну деформацію шини, на подолання липкості ґрунту, на подолання підйому

$$P_e = \frac{N_n}{v \cdot G_k}. \quad (1.6)$$

*Маточина* – центральна частина колеса, яка має в центральній частині отвір для посадки на вісь або вал.

*Шина гумова* – пружна оболонка, що надівається на колесо для пом'якшення і поглинання ударів і поштовхів колеса об опорну поверхню під час їзди [11].

Гумові шини діляться на:

- пневматичні, які у якості пружного елемента мають гумову камеру, наповнену повітрям під тиском;

- масивні, які складаються з гумового масиву, який міцно прикріплений до сталевого бандажа.

Шини, що забезпечені камерами, наповненими складами, які закривають або склеюють місце проколу, називаються гусматіками.

Автомобільна пневматична шина узагальнено складається з: камери, в яку нагнітається повітря; покришки, що оберігає камеру від пошкодження і забезпечує хороше зчеплення з опорною поверхнею; ободної стрічки при плоскому ободі, яка оберігає камеру від пошкодження ободом колеса.

Основними елементами покришки є:

- каркас, який являє собою основу покришки, що з'єднує всі її частини, і складається з декількох шарів (4–18) спеціальної прогумованої тканини (корду);

- борти, які служать для кріплення покришки на ободі колеса;

- протектор, що представляє собою товсту гумову смугу бігової частини покришки та сприймає удари і захищає каркас від пошкодження. Для кращого зчеплення з опорною поверхнею протектор має западини і виступи, що утворюють спеціальний рисунок;

- подушковий шар (брекер), що представляє собою гумовотканевий прошарок, який надійно зв'язує протектор з каркасом.

З моменту винаходу колеса його конструкція зазнала численні зміни, але на даний момент кінцевий продукт, який

задовольняв би всім сучасним експлуатаційним вимогам, так і не було отримано [15]. Однією з таких вимог є плавність ходу транспортного засобу, яка забезпечує збереження вантажу, що перевозиться, і комфортабельність водія та пасажирів транспортного засобу під час його руху. Рух транспортного засобу по дорогах з нерівною поверхнею супроводжується безперервними коливаннями, які мають шкідливий вплив на водія, пасажирів та вантажі, погіршують умови роботи агрегатів і вузлів.

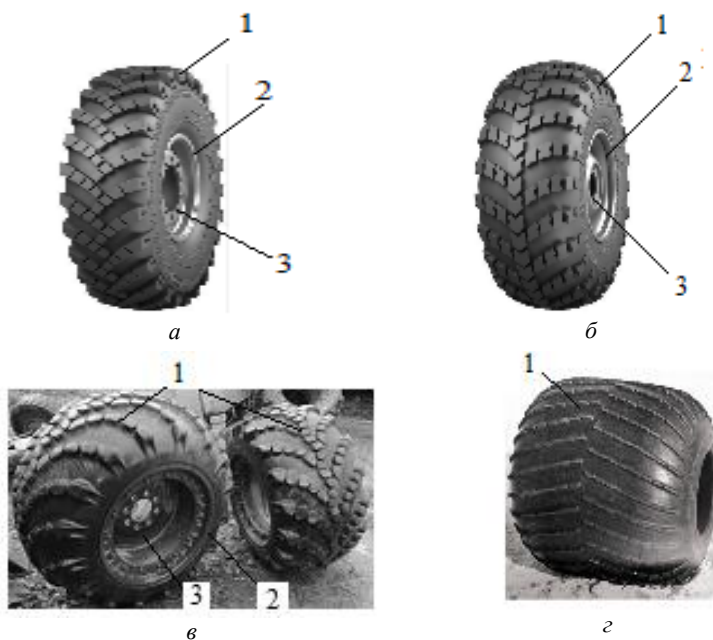


Рисунок 1.1 – Конструкції пневматичних шин транспортних засобів високої прохідності: *а* – тороїдна регульованого тиску; *б* – широкопрофільна; *в* – арочна; *г* – пневмокоток; 1 – шина; 2 – обід; 3 – диск

При цьому зменшується середня швидкість руху і міжремонтний пробіг, збільшується витрата палива і зростає собівартість перевезень у порівнянні з відповідними показниками при роботі на рівних дорогах. Інтенсивність коливань, які виникають, визначає плавність ходу транспортного засобу.

Високі вимоги до плавності ходу визначають необхідність пошуку нових шляхів вдосконалення коливальних систем транспортних засобів. Одним з таких шляхів є установка на транспортний засіб колісних рушіїв з внутрішнім підресорюванням, що містять пневматичну шину і окремо виконані маточину і обід, з'єднані між собою пружним елементом (рис. 1.2) [15].

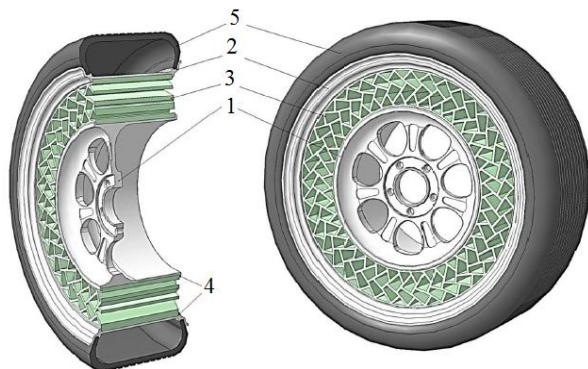


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд та поперечний перетин колеса в ізометрії: 1 – диск; 2 – обід; 3 – пружний елемент; 4 – буртики; 5 – пневматична шина

Пружні елементи можуть бути виконані [15]:

- з полімерних матеріалів (Tweel фірми Michelin), що зменшує масу і опір коченню коліс, збільшує коефіцієнт бічної жорсткості і термін служби, а так само підвищує плавність ходу і безпеку руху;

- з полімерного композиційного матеріалу;

- зі змінними по ширині і товщині перетинами;

- з багатожильного металевого троса, укладеного петлеподібно і закріпленого на маточині за допомогою втулок, що охоплюють його, а на обід – жорстко;

- у вигляді незамкнутих кілець, які встановлені з певним напруженням відносно один одного.

Недоліками коліс з внутрішнім підресорюванням є великі концентрації напружень в місцях кріплення пружних елементів,

недостатня міцність, а, отже, і надійність, як пружних елементів, так і пружних коліс в цілому, в зв'язку з чим в даний час продовжуються дослідження по вдосконаленню їх конструкцій.

Перспективні дослідження спрямовані на створення безповітряних колісних рушіїв з композиційних матеріалів. Основна перевага таких рушіїв – це менша маса колеса в порівнянні з аналогічними конструкціями, велика надійність через відсутність герметичної газової оболонки і потенційна можливість зменшити опір коченню за рахунок зменшення внутрішніх втрат і, в той же час, можливість забезпечення необхідного рівня демпфірування коливань (рис. 1.3) [16].

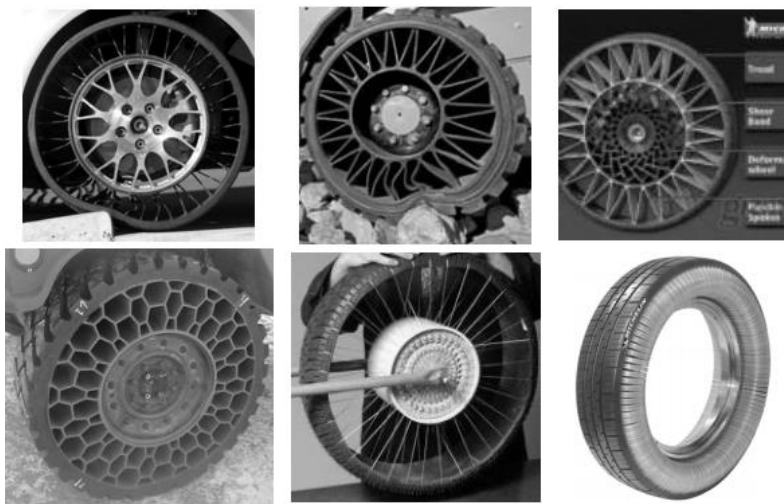


Рисунок 1.3 – Сучасні безповітряні колісні рушії

Для підвищення прохідності автомобіля ЛуАЗ розроблено і практично реалізовано конструкцію колесовидного рушія, який має трансформований контур шини, який початково виконано на базі правильного шестикутника (рис. 1.4) [17]. При цьому обертання рушія супроводжується автоматичною зміною кутів при вершинах шестикутного контуру, що знижує амплітуду вертикальних коливань і підвищує штовхальну складову сили тяги. Рушії встановлюються на посадочні місця штатних коліс.

Такі рушії розроблялись для літнього бездоріжжя, але випробування показали ефективність експлуатації і на сніговому покриві.



*а*



*б*



*в*

Рисунок 1.4 – Автомобіль АВГ2012 з колесовидним рушієм:  
*а* – рушії на задньому мості; *б* – встановлення рушія на штатні місця традиційних коліс; *в* – рух по сніжному покриву

Однак можливості традиційних колісних рушіїв мають обмеження при реалізації профільної прохідності транспортних засобів, коли тільки режиму вільного кочення пружного диска у штовхальному режимі або у веденому режимі при реалізації тягового зусилля у контакт з опорною поверхнею для подолання суттєвих перешкод може бути недостатньо. Ця обмеженість викликала необхідність розробок інших спеціальних рушіїв, в конструкції яких реалізовано кочення (колеса, котка) з додатковими функціями – крокування, перекочування, тобто зміни положення його елементів відносно несучої системи транспортного засобу, що більш поширено забезпечує всюдихідність. Так, наприклад, в роботі [18] показані можливості руху розробленої машини по косогорі, подовжньому схилу,



подолання різних перешкод, включаючи камені, високі сходинки, ями, рови та ін. Машина може рухатися як в колісному, так і в крокуючому режимі (рис. 1.5).

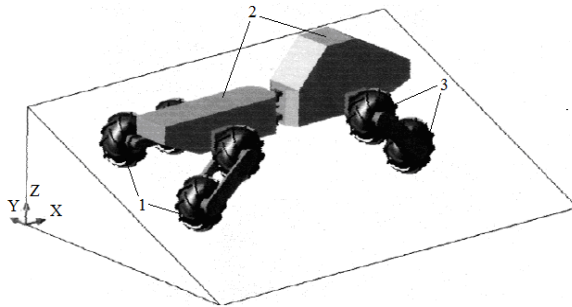


Рисунок 1.5 – Зчленований гірський всюдихід на поперечному схилі:  
1 – опори (колеса) задньої ланки; 2 – ланки несучої системи;  
3 – опори (колеса) передньої ланки

Корейські конструктори Hyundai розробили мобільний транспортний засіб (UMV) – Elevate, що поєднує в собі технологію, яка використана в електромобілях і роботах. Рушій дозволяє йому долати місцевість, недоступну для самого сучасного позашляховика. Ходова частина – це чотири незалежні одна від одної роботизовані «ноги» (рис. 1.6) [19]. Концепція базується на модульній платформі EV з можливістю установки різних надбудов для кожної конкретної ситуації. Архітектура робототехнічної «ноги» така, що має п'ять ступенів свободи плюс вбудовані в маточини коліс електродвигуни. Дана конструкція унікальна, а рішення запозичені як від ссавців, так і рептилій, дозволяючи транспортному засобу пересуватися в будь-якому напрямку. У транспортному положенні «ноги» концепту складають. Це дозволяє не тільки швидко переміщатися по дорогах загального користування, а й економити енергію. В екстремальних умовах руху Elevate здатний піднятися на півтораметрову висоту, переступити через півметрову розколину, пересуватися по сильно пересіченій місцевості або розставити «ноги» на ширину 4,5 метрів, зберігаючи повністю горизонтальне положення модуля з розташованими в ньому людьми. Така комбінація колісного рушія з «ногами» забезпечує нову

парадигму мобільності, дозволяючи отримати швидке переміщення незалежно від місцевості, при збереженні комфортного положення людей, які опинилися всередині такої машини.



*a*



*б*

Рисунок 1.6 – Загальний вид концептуального мобільного транспортного засобу Elevate: *a* – вид збоку, елементи рушія у звичайному положенні; *б* – вид спереду, елементи рушія у розгорнутому положенні

Слід відмітити оригінальні конструкції колесоподібних рушіїв, більш ранніх розробок. Так, рушій Rotoped – експериментальний всюдихід, винайдений Юліусом Макерлі (чехословацький інженер, винахідник і конструктор автомобілів) у 1958 році, складався з трубчастої повітряної кулі. Щоб рухатися розподільник роздував задні повітряні кулі, спорожняючи передні, і всюдихід рухався не за рахунок сил тертя, а під дією сили тяжіння. Відсутність крутного моменту і ковзання забезпечили хороший прогрес на м'якій землі (рис. 1.7) [20].

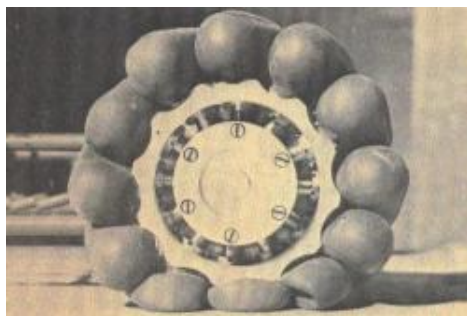


Рисунок 1.7 – Rotoped, винайдений Юліусом Макерлі

Існує безліч патентів Копчинського (John F. Korpczynski, американський інженер-дослідник) на еліптичні колеса. Були побудовані масштабні моделі, і в 1946 році армія США випробувала трактор М7 Allis Chalmers, оснащений еліптичними колесами. Ця форма колеса була розроблена для подолання перешкод і збільшення тяги (рис. 1.8) [20, 50].



*а*



*б*

Рисунок 1.8 – Еліптичні колеса Копчинського:  
*а* – крокуючі колеса в дії; *б* – трактор М7 з еліпсоїдними колесами

Конструкцію некруглого колеса – «квадратне колесо» винайшов Альберт Сфредда, який 13 травня 1954 року подав заявку на «NON-CIRCULAR WHEELED VEHICLE»/«Некругле колесо транспортних засобів». 26 березня 1957 року Альберт

отримав патент № 2786540. Пізніше, у 1960-ті, було побудовано кілька ходових моделей і макетів для армії США [50].

Квадратні колеса такої системи працюють краще, ніж круглі в умовах складно пересіченій місцевості. Гострокутні межі забезпечують краще зчеплення на снігу, бруду, піску або крутих схилах, забезпечуючи підвищену тягу для вантажних автомобілів, танків та іншої військової техніки. У той же час, геніальна внутрішня геометрія забезпечує плавну їзду на рівних поверхнях (рис. 1.9).

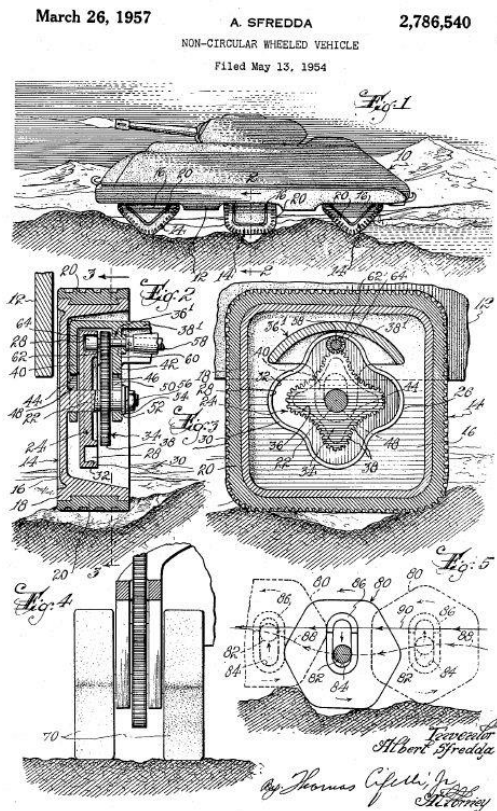


Рисунок 1.9 – Рисунок бойової машини з патенту № 2786540 від 26 березня 1957 року. Фігури 4 і 5 зображують окремий випадок квадратного колеса – шестигранне колесо

Кожне колесо приводиться в рух шестернею, що передає обертання на профільовану внутрішню зіркоподібну шестерню.

Колеса, що встановлені на плаваючу вісь, автоматично вирівнюють своє положення по висоті відносно один одного в положенні «на ребрі» і в нижньому положенні плазом. Цим досягається ефект круглих коліс. При цьому створюється дотик до ґрунту всіма частинами протектора, при незмінній відстані від землі, що допускає використання квадратних коліс такої конструкції на високих швидкостях у польових умовах.

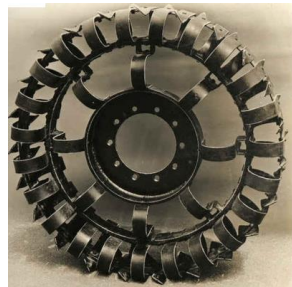
У 1934 р. швейцарська сімейна фірма, яка заснована в 20-ті роки Ернстом Мейлі (Ernst Meili), почала випускати трактори високої прохідності, для яких розробила оригінальні сталеві ведучі колеса з пластинчастими траками-ґрунтозачепами і пружинними ободами. Такі колеса підвищували прохідність в гірській місцевості і на м'яких ґрунтах (рис. 1.10) [20, 51].



*a*



*б*



*в*

Рисунок 1.10 – Елементи рушія Ернста Мейлі: *a* – бронемашина, прийнята на озброєння швейцарських сил самооборони; *б* – всюдихід; *в* – сталеве колесо

Для Елі Ежнайдес (геніальний американський винахідник-інженер грецького походження) ідеальним рушієм були напівсферичні колеса. У 1954 році в гаражі заводу Marmon-Herrington був побудований Rhino – всюдихід-амфібія на ім'я Ріно, що в перекладі означає Носоріг (рис. 1.11) [20, 52]. На думку автора, такий транспортний засіб теоретично не може перевернутися.



Рисунок 1.11 – Всюдихід–амфібія Rhino з напівсферичними колесами

Передбачалося, що даний транспортний засіб може бути корисним для армії, як плаваючий танк, патрульний всюдихід або вантажівка. Але, продемонструвавши машину представникам армії США, Ежнайдес, на жаль, отримав відмову в її придбанні. Чинovníки порахували напівсферичні колеса чимось «не від світу цього». Вони боялися, що таке шасі буде швидко виходити з ладу в умовах бойової обстановки, до того ж, обшиваючи і так важку техніку, бронею, вона ставала надто важкою і вже не могла демонструвати свої унікальні швидкісні характеристики.

В даний час актуальними видаються рішення по розширенню можливостей колісного рушія для підвищення ефективності рушія транспортних засобів на воді. Для підвищення ефективності колісного рушія на плаву іноді використовують спеціальні пристрої. Наприклад, при заміні стандартного дискового колеса спеціальним, який має вбудовані або знімні лопаті [37], можна забезпечити додаткову тягу, так як при обертанні колеса в воді лопатева система працює аналогічно рідинному насосу.

Транспортні засоби, що мають плавучість, з класичним колісним рушієм на воді, не досягають високої ходкості від своїх коліс, тягове зусилля мале, і припускають наявність додаткового більш ефективного водоходного рушія, наприклад, водометного, гребного гвинта, як варіант – повітряного гвинта. Деякі приклади використання звичайних коліс для руху на воді наведено у додатку Б, а з використанням спеціальних водоходних рушіїв – у додатку В.

Колісний рушій Shark Wheel («Колесо Акули») (рис. 1.12) легкового автомобіля розглядається, в тому числі, як і водохідний, оскільки володіє більшою ефективністю за рахунок зміни форми колеса [21, 53].

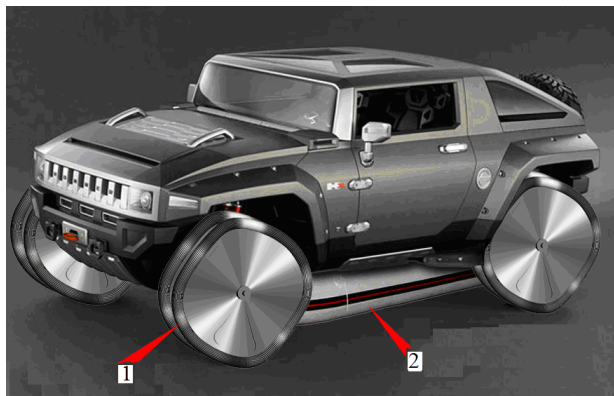


Рисунок 1.12 – Автомобіль-амфібія з рушієм Shark Wheel:  
1 – пустотіла оболонка двокільцевого колеса; 2 – надувні смності

Shark Wheel – компанія, що базується в окрузі Оріндж, штат Каліфорнія США, виробляє однойменні спіральні колеса. Форма колеса нагадує щелепу акули, яка, за словами винахідника Девіда Патрика, дала назву продукту і компанії. Замість традиційної круглої форми «Колесо Акули» складається з однієї або декількох тривимірних синусоїдальних хвиль. Форма колеса являє собою гібрид сфери і куба, набуваючи властивості обох фігур під час руху. Колеса виглядають квадратними, але обертаються плавно, як звичайні колеса. Синусоїдальні візерунки створюють більш тонку пляму контакту з дорожнім покриттям в

порівнянні зі звичайним колесом такої ж ширини. Синусоїдальна конструкція забезпечує три виступи на колесо для чудового бічного зчеплення. При ковзанні виступи плавно відриваються і легко відновлюються.

Компанія стверджує, що така конструкція колеса передбачає менший опір коченню і більш швидку їзду. Компанія також стверджує, що конструкція має властивості тонких і широких коліс (рис. 1.13). На твердих поверхнях конструкція працює як тонке колесо з низьким коефіцієнтом тертя. На м'якій поверхні конструкція обумовлює формування плями контакту широкого колеса. Більш тонка пляма контакту забезпечує менший опір коченню при прорізуванні шляху через бруд, пісок і воду, що також зменшує аквапланування.

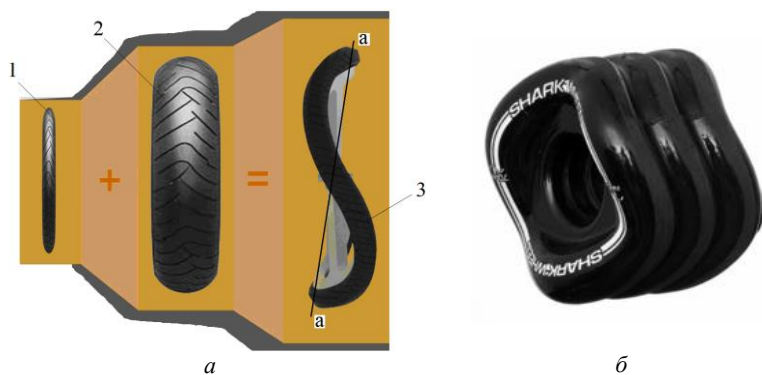


Рисунок 1.13 – Модель «Колеса Акули»: *a* – складання форм; *1* – тонке кругове колесо; *2* – широке кругле колесо; *3* – нова форма колеса; *б* – трьохкільцеве колесо для скейтборду

Виходячи з того, що окремо тонкі кругові колеса зумовлюють низький коефіцієнт тертя кочення, швидкий, маневрений, легкий поворот, а широкі круглі колеса – позадорожню здатність, вантажопідйомність, бічне зчеплення, довговічність, то «Колесу Акули» як сухохідному одиночному рушію притаманне об'єднання окремо позначених властивостей [21, 53].



Зміни положень площин, що проходять через виступи і протилежні їм западини синусоїди при обертанні «Колеса Акули» (рис. 1.13, лінія  $a-a$ ) схожі зі зміною положення площини нахилоного обертового колеса (рис. 1.14). У порівнянні зі звичайним колісним водохідним рушієм похиле колесо, що обертається, має більший коефіцієнт корисної дії, тому що гідравлічний перетин нахилоного колеса  $F_2$  значно перевершує перетин звичайного колеса  $F_1$  (рис. 1.14) [54]. Відомо, що упор рушія прямо пропорційний площі гідравлічного перетину, з чого слідує, що форма «Колеса Акули» підвищує ефективність руху автомобіля (рис. 1.12) на плаву. А його плавучість забезпечують додаткові надувні ємності (поплавки), що розміщуються під днищем (рис. 1.12).

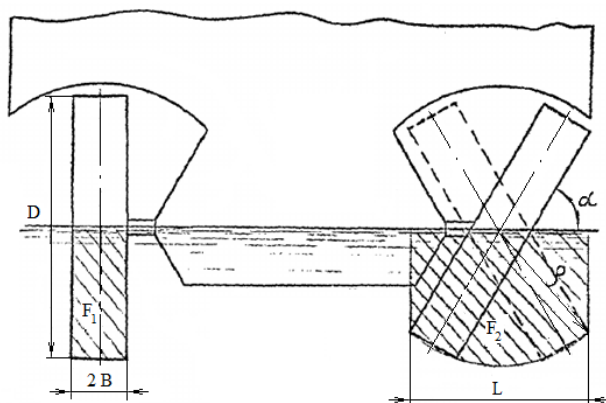


Рисунок 1.14 – Схема занурення коліс водохідного рушія: 1 – звичайне колесо; 2 – похиле колесо, що обертається;  $D$  – зовнішній діаметр колеса;  $\alpha$  – кут нахилу вісі колеса;  $\rho$  – щільність води;  $F_1, 2$  – гідравлічний перетин

Таким чином, з погляду, в першу чергу, на особливості конструктивного виконання спеціальних колісних рушіїв, можливо визначити два напрямку їх технічного вдосконалення.

Перший полягає у розробці безпосередньо елементів самого колеса (котка, опори) з метою поліпшення складових контактної взаємодії з опорною поверхнею з варіантністю режимів крокування та кочення, тобто у межах одиночного коліє(слідо)утворення.

Другий полягає у розробці варіантних рухомих зв'язків – підвісок окремих коліс (котків, опор) з несучими системами (рама, кузов, корпус), їх приводів, які в своїй сукупності передбачають різні траєкторії контактів одиночних елементів всього рушія по опорним поверхням контурів перешкод. Тобто, дають можливість пристосовуватися до макропрофілю опорної поверхні.

Багатогранність конструктивних рішень, реалізованих в базових спеціальних колісних, колісно-крокуючих рушіях, і їх вплив на експлуатаційні властивості транспортних засобів різного призначення представляється ємною і цікавою з інженерної точки зору. При цьому сформовані напрямки в розвитку рушіїв обумовлюють можливість пошуку і наукового обґрунтування конструкції з поліпшеними конструктивними, технологічними і експлуатаційними параметрами.

### **Контрольні запитання для самоперевірки**

1. Що розуміється під прохідністю автомобіля?
2. За якими ознаками відрізняється опорно-зчіпна прохідність автомобіля від його профільної прохідності?
3. Що у Вашому розумінні є одиничним колісним рушієм?
4. Що у Вашому розумінні є багатоколісним рушієм?
5. Які функції виконує колесо як частина рушія колісної машини?
6. У чому полягає різниця між колесами, які наведено на рисунках 1.1 *a* та 1.2?
7. Яка ознака поєднує конструкції коліс, які наведено на рисунках 1.3 та 1.10 *в*?
8. Якими можуть бути виконані пружні елементи коліс?
9. Що собою представляють сучасні безповітряні колісні рушії?
10. Чи можливе здійснення трансформованого контуру шини, якщо так, то за рахунок чого?
11. У чому полягає обмеженість можливостей колесоподібних рушіїв?
12. За рахунок яких рухів рушіїв можливо поширити всюдихідність транспортних засобів?

13. З якою метою запропонована еліптична форма колеса?
14. З яких основних елементів складається конструкція рушія, наведеного на рисунку 1.7?
15. Що собою представляє рушій концептуального мобільного транспортного засобу Elevate?
16. У чому полягає перевага квадратної форми колеса?
17. За рахунок чого при використанні квадратних коліс забезпечується плавність руху при переміщені на рівних поверхнях?
18. У чому полягають переваги напівсферичних коліс?
19. Що собою представляють ґрунтозачеми рушія, наведеного на рисунку 1.11?
20. Що собою представляє форма «Колеса Акули»?
21. Які геометричні форми поєднує «Колесо Акули»?
22. Які експлуатаційні властивості відрізняють «Колесо Акули» від звичайного колеса?
23. Що покладається в основу підвищення ефективності дії «Колеса акули» як водохідного рушія?
24. За рахунок чого забезпечується плавучість автомобіля, наведеного на рисунку 1.12?
25. Назвіть основні показники роботи колеса.
26. Які параметри визначають показник занурення колеса в ґрунт?
27. Які параметри визначають коефіцієнт корисної дії ведучого колеса?
28. Від яких параметрів залежить показник економічності колеса?

## 2 ВІДОМОСТІ ПРО РУШІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВИСОКОЇ ПРОХІДНОСТІ

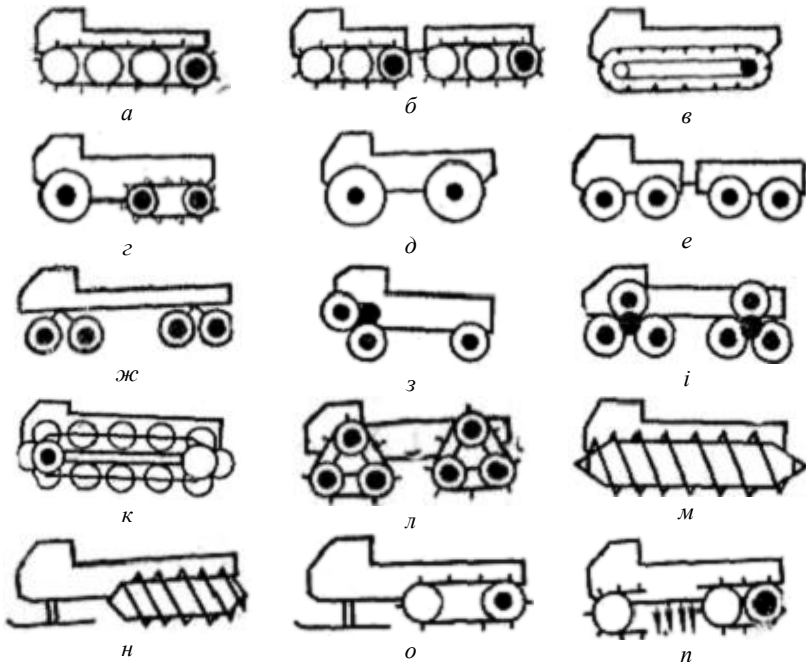
### 2.1 Загальна класифікація рушіїв

Сучасні рушії автомобільних транспортних засобів високої прохідності (далі по тексті – автомобілів) за способом опори і тяги поділяються на три типи:

- контактні;
- контактено-аеродинамічні;
- аеродинамічні.

Кожен з типів рушіїв обумовлює конструктивні особливості вузлів і механізмів автомобілів.

Основні види контактних рушіїв, перспективних з точки зору практичного застосування на автомобілях високої прохідності, наведені на рисунку 2.1 [3].



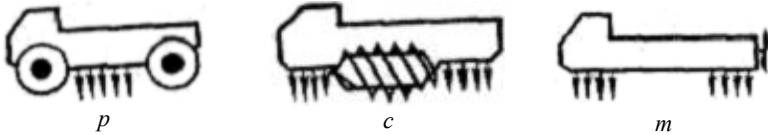


Рисунок 2.1 – Схеми автомобілів з різними типами рушіїв:  
*a* – гусеничний; *б* – гусеничний зчленований; *в* – пневмогусеничний;  
*г* – колісно-гусеничний; *д* – колісний спеціальний; *е* – колісний зчленований;  
*ж* – колісно-котковий; *з* – колісно-крокуючий; *і* – планетарно-колісний;  
*к* – планетарно-котковий; *л* – колісно-гусеничний; *м* – роторно-гвинтовий;  
*н* – роторно-лижний; *о* – гусенично-лижний; *п* – гусеничний з  
 пневмоподушкою; *р* – колісний з пневмоподушкою; *с* – роторний з  
 пневмоподушкою; *т* – гвинтовий з пневмоподушкою

Певний інтерес з точки зору розробок і систематизації теоретичних основ експлуатації автомобілів представляють наступні класи рушіїв:

- спеціальні колісні;
- планетарно-колісні;
- планетарно-коткові;
- колісно-крокуючі;
- роторно-гвинтові.

## 2.2 Планетарно-коткові рушії

Спроби поєднання в одній конструкції позитивних якостей різних рушіїв і механізмів призвели до появи сімейства планетарно-коткових рушіїв.

*Планетарно-коткові рушії* – поєднання властивості колеса, котка, гусениці, планетарного механізму, ковзаючої лижі і понтона. Залежно від властивостей опорної поверхні, на якій повинна рухатися машина, в конструкції конкретного планетарно-коткового рушія посилюються якості елементів того рушія, який найбільш пристосований до таких умов, а структура конструкції, що містить основні принципи пристрою найпростішого планетарного механізму, забезпечує універсальність рушія.

Планетарно-котковий рушій також має назву котково-гусеничний, тобто є комбінацією гусениці з пневмокотками [4].

Планетарно-котковий рушій Д. Саппа (США) (рис. 2.2) включає пневмокотковий ланцюг. Пневматичні котки консольно насаджені по два на подовженні вісі, пов'язані по центрам металевим довголанковим ланцюгом. Обкотування котків відбувається по жорсткій направляючій [22].

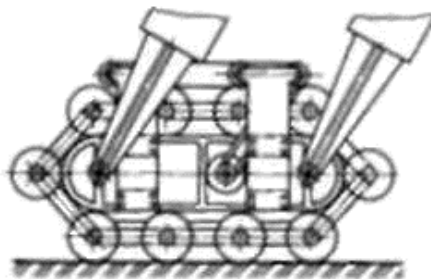
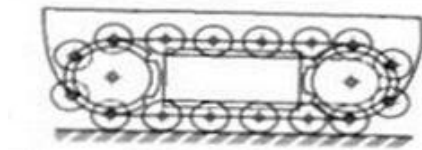


Рисунок 2.2 – Рушій Д. Саппа з пневмокотковим ланцюгом

Рушій А.М. Авенаріуса (рис. 2.3) в якості основних опорних елементів має жорсткі котки відносно малого діаметра і малої ширини. Котки вільно змонтовані на осях ланок нескінченного гусеничного ланцюга і при русі по жорсткій опорній поверхні можуть прокотуватися під нижньою опорною поверхнею корпусу, виконаної у вигляді лижі. В такому випадку швидкість руху машини приблизно в 2 рази більше, ніж швидкість перемотування коткового обвода. При русі по м'якому ґрунту, зокрема по снігу, котки повністю занурюються в нього і корпус ковзає по коткам і снігу, який виступає над ними. Котки й вісі котків в такому випадку виконують функції розвинених ґрунтозачепів, забезпечуючи високе об'ємне зчеплення з ґрунтом. Швидкість руху в цьому випадку дорівнює швидкості перемотування обводу.

Створення на початку 50-х років пневматичних шин типу «роллігон», у яких ширина порівняна з діаметром або більше нього, відкрило перспективу подальшого розвитку планетарно-коткових систем. Так з'явився екіпаж-амфібія Кренделла (США) (рис. 2.3 а), що складається з корпусу з виступаючими по обидва боки порожніми несучими кронштейнами-понтонами, по горизонтальній поверхні яких обкотуються пневмокоткові

гусениці. Вісі пневмокоотків пов'язані між собою металевими тросами. Привід гусениць здійснюється спеціальними дисками. Гусениця добре самоочищується від ґрунту і досить надійно фіксується на корпусі. Недоліком гусениці є наявність великої кількості місць кріплення деталей до тросу, складний монтаж і налагодження [22].



*a*



*б*

Рисунок 2.3 – Рушій А. М. Авенаріуса:  
*a* – схема; *б* – в складі виробу ГАЗ-47 АМА (1964 р.)

У планетарно-коткового рушія всюдиходів «Аеролл» і ВКЦ-1 роль траків також виконують пневматичні котки, вісі яких з'єднані з обох сторін з ланцюгами, які в свою чергу знаходяться в зачепленні з ведучими колесами (рис. 2.4) [23]. Корпус всюдиходів спирається безпосередньо на пневмокоотки нижнього ряду.

При русі по слабких ґрунтах котки занурюються в ґрунт. Опір коченню котків по ґрунту стає дуже великим і їх кочення припиняється. При цьому корпус переміщається вперед, ковзаючи по котках.

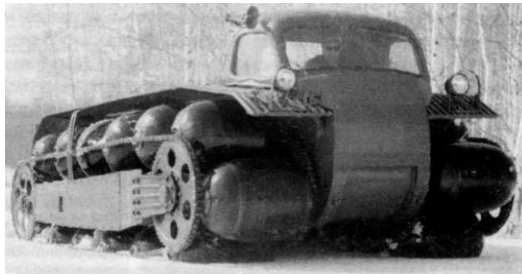
При русі по воді котки не обертаються або обертаються з невеликою кутовою швидкістю, створюючи при перемотуванні ланцюгів силу тяги рушія.



*а*



*б*



*в*

Рисунок 2.4 – Планетарно-котковий рушій:  
*а, б* – у складі всюдихода «Аеролл» (ХМ-769, США, 1965 р.);  
*в* – у складі всюдихода ВКЦ-1 (ЗІЛ-Е167, 1965 р.)

Перевага планетарно-коткового рушія полягає в його універсальності і здатності забезпечити більш високу прохідність, ніж гусеничний рушій, на дуже слабких ґрунтах (болото, сніг тощо). І, разом з тим, він здатний працювати на дорогах з твердим покриттям без їх руйнування.

До недоліків цього типу рушія відносять:

- велику витрату потужності на рух в порівнянні з гусеничним;
- меншу ефективність на слизьких твердих і нерівних поверхнях;
- менші подоланні підйоми;
- меншу максимальну швидкість руху по суші через відсутність підсороювання.



### 2.3 Планетарно-колісні рушії

Планетарно-колісним рушієм оснащена експериментальна амфібія Terra Star (рис. 2.5). Рушій забезпечує рух по воді зі швидкістю 6,5 км/год, але дозволяє надійно виходити з води на обривисті берега в режимі крокування [23].

Ходова частина цієї амфібії складається з чотирьох трьохкоткових елементів, що утворюють з трьох малих коліс одне велике колесо, яке обертається щодо вісі, жорстко зв'язаною з корпусом. Вісі малих коліс розташовані відносно один одного під кутом  $120^\circ$  на радіальних порожніх кронштейнах, виконаних заодно з маточиною великого колеса. При русі по дорогах або будь-яким іншим твердим поверхнях великі колеса блокуються водієм, включається привід до малих коліс і амфібія рухається як звичайна колісна машина на чотирьох парах малих коліс, тобто, з колісною формулою 8x8. При русі по пісках, снігу, болотах і інших слабких ґрунтах обертаються великі колеса, перекочуючись з одного малого колеса на інше (режим крокування). При русі по воді можуть використовуватися два режими роботи – один за схемою колісної формули 8x8, інший – при обертанні великих коліс, при якому малі колеса виконують роль плиць гребного колеса. Але в обох випадках не вдається отримати достатні сили тяги, що обмежує швидкості руху по воді. Іншим загальним недоліком планетарно-колісних рушіїв є труднощі забезпечення повороту всюдихода, особливо при русі по суші.

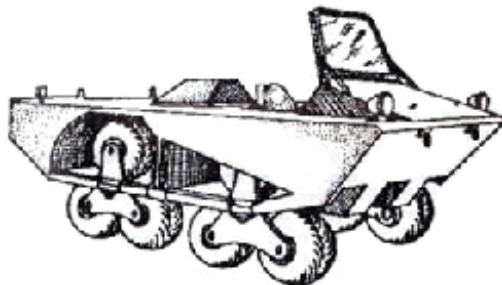


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд амфібії Terra Star з планетарно-колісним рушієм

## 2.4 Колісно-крокуючий рушій

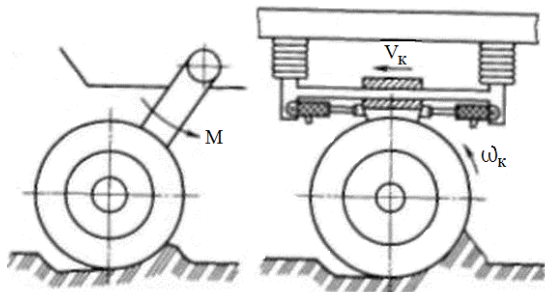
Пошук нових ефективних способів пересування в умовах бездоріжжя привів до ідеї реалізувати в одному рушії процес кочення і крокування. Такий комбінований рушій можна визначити як звичайний крокуючий, у якого опори механізмів крокування являють собою колісні або гусеничні модулі, при цьому останні, наряду з виконанням функції опорних елементів крокуючого рушія, працюють і як звичайні колеса або гусениці. Причому механізм крокування доцільно використовувати лише в найбільш важких умовах руху, коли пробуксовування коліс або гусениць створює загрозу рухливості машини, а в звичайних умовах – раціональніше працювати з таким всюдиходом, як з традиційною колісною або гусеничною машиною. Таке поєднання функцій дає можливість реалізувати різні варіанти організації процесу роботи комбінованого рушія, що розрізняються:

- послідовністю і способом перенесення колісних або гусеничних модулів;
- станом упорних модулів, що переносяться;
- способом переміщення корпусу машини;
- параметрами процесу крокування;
- схемами приводу рушія.

Вперше принцип колісного крокування був практично реалізований і запатентований в США в 60-і та 70-і роки минулого століття для вирішення завдання підвищення опорної і профільної прохідності транспортних засобів, включаючи місяцеходи, при русі по невідготовленій місцевості, по слабо зв'язковим ґрунтам з низькою несучою здатністю, типу пісків і місячного реголіту. Пересування транспортних засобів в режимі колісного крокування є способом адаптації колісного рушія до властивостей ґрунту, істотно підвищує опорну прохідність при подоланні підйомів та інших ділянок місцевості зі слабо зв'язковими ґрунтами, які мають низьку несучу здатність. Якщо механізми крокування здатні змінювати відносне положення коліс і корпусу не тільки в напрямку руху, а й в перпендикулярному напрямку, по вертикалі, виконуючи функції активної підвіски, то ця якість може бути використана для

адаптації транспортних засобів до рельєфу з метою підвищення профільної прохідності [24].

Відмінною особливістю рушія, запропонованого Е.А. Вагнером (рис. 2.6 *a* [4, 22], схема Go-Devil [25]), є тим, що поздовжні важелі підвіски, на яких встановлені колеса, можуть повертатися відносно вісі кріплення важеля на  $360^\circ$ . Є роздільні силові приводи до коліс і важелів підвіски.



*a*



*б*

Рисунок 2.6 – Колісно-крокуючий рушій:  
*a* – схема; *б* – колісно-крокуючий всюдихід «Go-Devil»

При використанні приводу до коліс рушій не відрізняється від звичайного колісного. При обертанні важелів підвіски рушій стає крокуючим. Метод крокування використовується тільки на ґрунтах, що сильно деформуються і при подоланні перешкод. Можливість руху в даних умовах визначається несучою здатністю ґрунту і опором ґрунту зрушенню. На рисунку 2.6 *б* показана машина високої прохідності, в якій реалізована дана

схема. Основною конструктивною особливістю машини є можливість управління переміщенням коліс, в результаті чого машина може долати значні вертикальні перешкоди, рухатися по косогуру, зберігаючи горизонтальне положення корпусу тощо [25].

Принцип роботи крокуючого колеса Вагнера покладено в основу багатокоткового колеса за патентом Я.В. Колвіна і Р.В. Фосіна. При цьому забезпечується безперервне переміщення корпусу одночасно на чотирьох колесах (рис. 2.7). Рушій з такими колесами забезпечує більшу плавність руху, більшу швидкість руху методом крокування, менші витрати енергії на переміщення корпусу. Крім того, в цьому випадку машину можна використовувати як звичайну колісну (з формулою 8x8 та 4x4), проте рушій виходить більш складний і важкий, ніж важільне колесо. Допустимий діаметр котків у нього значно менший, прохідність по м'яких ґрунтах нижче, знижується можливість подолання різних перешкод [22].

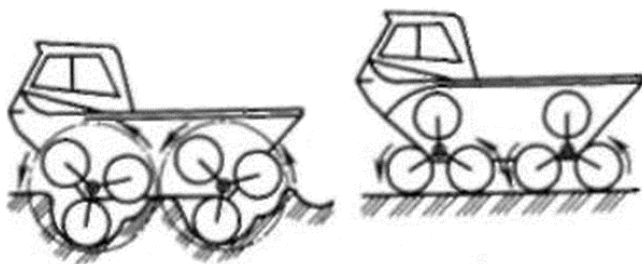


Рисунок 2.7 – Планетарно-колісний рушій Фосіна

Загальним конструктивним недоліком планетарно-колісно-крокуючих рушіїв є труднощі забезпечення повороту.

На відміну від перелічених раніше рушіїв так званої монотонної взаємодії з поверхнею руху, останнім часом все більша увага приділяється опорно-руховим апаратам з дискретною взаємодією. В першу чергу до них відносяться крокуючі системи. Інтерес до них обумовлений тим, що такі рушії можуть працювати в умовах повного бездоріжжя, завдаючи навколишньому середовищу мінімальні пошкодження і, нарешті,

є перспективною базою для апаратів, призначених до роботи в екстремальних умовах. До недоліків таких машин можна віднести досить високу складність конструкції і систем управління, низьку швидкість переміщення, обумовлену необхідністю обмеження величин прискорень через високу нерівномірність руху [26, 27].

Більш перспективно, для суміщення переваг крокування і кочення, використання колісно-крокуючого рушія. Колісно-крокуючий рушій імовірно повинен мати переваги в тязі і прохідності в порівнянні зі звичайним колесом.

При цьому відбуваються по черзі 3 фази руху, характерні для переміщення ноги при ходьбі людини: викид ноги вперед по відношенню до центру тяжіння, перенесення на неї ваги і виштовхування ноги в останній фазі, коли штовхаюча сила спрямована вздовж ноги за центром ваги. З іншого боку, дана конструкція повинна мати більш високу рівномірність і швидкість руху, ніж існуючі крокуючі рушії. Однією з причин високої прохідності колісно-крокуючого рушія є дискретність слідів. Звичайне колесо прокладає суцільну колію, витрачає більше енергії на зминання ґрунту і не може подолати відносно невисокі перешкоди, які колісно-крокуючий рушій може переступити.

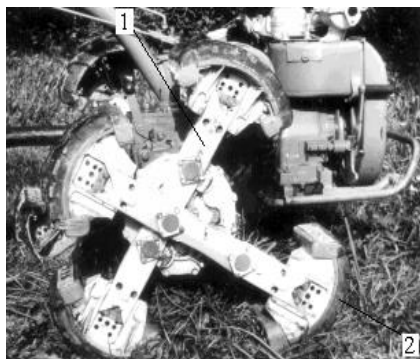
Основною причиною більш високої тяги колісно-крокуючого рушія (рис. 2.8 *а*) є більше значення аналога швидкості переміщення, ніж у звичайного колеса, при однаковій відстані від опорної поверхні до вісі маточини. Це означає, що можна прикласти більше значення крутного моменту і це не викличе буксування, на відміну від круглого колеса. Таким чином, за один оборот колісно-крокуючого рушія виконується більше корисної роботи, ніж у звичайного колеса. Причиною високої прохідності колісно-крокуючого рушія є дискретність слідів. Кругле колесо прокладає суцільну колію і витрачає більше енергії на зминання ґрунту, а також не може подолати відносно невисокі перешкоди (бордюри, камені, колоди тощо), які колісно-крокуючий рушій може легко переступити.

До складу колісно-крокуючого рушія спрощеної конструкції входять наступні ланки (рис. 2.8 *б*) [26, 27]:

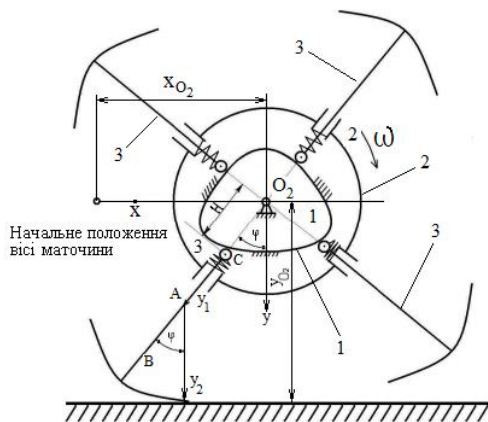
– кулачок  $I$ , жорстко закріплений на вісі  $O_2$ ;

- водило 2, яке здійснює обертання навколо кулачка з кутовою швидкістю  $\omega$ ;
- ноги 3, які переміщуються водилом;
- опорні башмаки 2, приєднані до ніг (рис. 2.8 а).

Даний рушій являє собою кулачковий механізм з чотирма роликівими штовхачами. Для забезпечення постійного контакту роликів з профілем кулачка передбачені притисні пружини і направляючий канал для зовнішньої поверхні кулачка.



а



б

Рисунок 2.8 – Колісно-крокуючий рушій:  
 а – загальний вид: 1 – нога; 2 – башмак;  
 б – кінематична схема: 1 – кулачок; 2 – водило; 3 – ноги

Маршрутні умови переміщення наземних транспортних засобів, що експлуатуються в умовах бездоріжжя, зазвичай диктують суперечливі вимоги до рушіїв, реалізувати які традиційні колісні і гусеничні не можуть або реалізують частково при значному ускладненні шасі. Використання відомих стопоходячих механізмів (крокуючі машини) призводить до надмірного ускладнення конструкції наземних транспортних засобів, що вимагають для управління значного комп'ютерного забезпечення і комплексної автоматизації. Більш технологічні у виробництві та обслуговуванні колесовидні рушії здатні реалізувати крокуючу фазу для підвищення прохідності. При цьому під крокуючою або кроковою фазою руху слід розуміти періодичне поступальне переміщення маси, наведеної до центру ККР, відносно частини взаємодіючого елемента рушії, яка нерухомо контактує з опорою. Зазвичай крокову фазу реалізують шляхом введення додаткових ступенів свободи взаємодіючого елемента, виконуючи останній у вигляді безперервної або дискретної поверхні зі змінною формою контуру [28].

Характерними недоліками багатьох відомих колісно-крокуючих рушіїв є додаткові силові приводи, що підвищують матеріало- і енергоємність транспортних засобів, а також програмні системи управління формою взаємодіючого елемента, що ускладнюють оптимізацію робочого процесу колісно-крокуючого рушії за параметрами прохідності. З урахуванням зазначених недоліків запропоновано два сімейства колісно-крокуючих рушіїв, які не вимагають застосування додаткових джерел для управління формою взаємодіючого елемента і реалізуючих крокову складову ходу в автоматичному режимі, використовуючи принцип управління за відхиленням. Принциповою відмінністю таких рушіїв є введення диференціального зв'язку центрального колісно-крокуючого рушії, закріпленого на приводному валу, з ланками взаємодіючого елемента. При цьому взаємодіючий елемент може бути виконаний у вигляді:

- крупноланкової гусениці;
- не зв'язаних між собою опорних башмаків.

Так на рисунку 2.9 приведена схема руху колісно-крокуючого рушія, виконаного на базі квадратного контуру з двома опорними башмаками 2 і 3, які пов'язані з ведучим диском 1 диференціальним важільним механізмом.

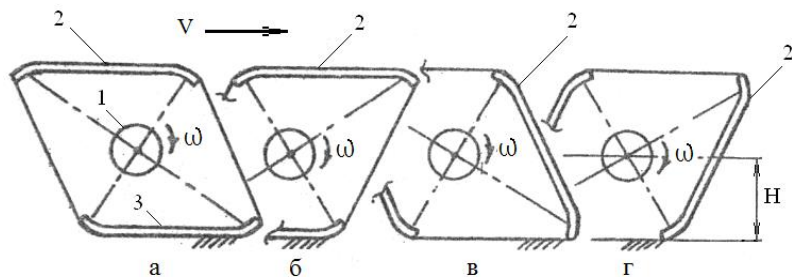


Рисунок 2.9 – Схема руху колісно-крокуючого рушія по твердій опорі:  
*а, б* – крокова фаза з опором на башмак; *б, в* – фаза кочення;  
*в, г* – крокова фаза з опором на кінці башмаків;  
*1* – ведучий диск; *2, 3* – башмаки

Завдяки періодичній реалізації штовхаючої складової сили тяги колісно-крокуючого рушія навіть при зануренні в сипучий ґрунт на глибину  $H$  забезпечує тягове зусилля на гаку 70-80% нормальної реакції опорної поверхні, що діє на рушій.

При русі по ступінчастим виступам (рис. 2.10) колісно-крокуючий рушій в одиночному тяговому режимі гарантовано долає перешкоди, що перевищують  $H$  на величину 10–20%.

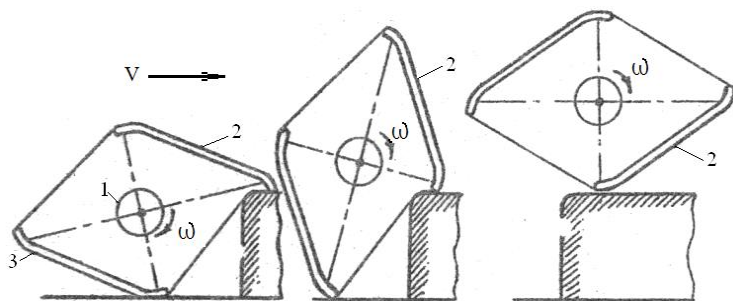


Рисунок 2.10 – Схема подолання ступінчастого виступу:  
*1* – ведучий диск; *2, 3* – башмаки



Модифікація колісно-крокуючого рушія, яка наведена на рисунку 2.11, дозволяє істотно знизити тиск на ґрунт за рахунок виключення фази коливання, тобто підвищити прохідність на слабонесучих поверхнях.

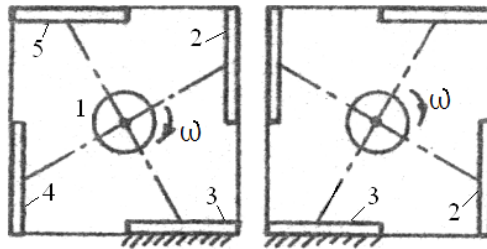


Рисунок 2.11 – Схема руху чотирьохбашмачного рушія

## 2.5 Системи з крокуючим принципом переміщення

Все частіше в спробі вирішити «всюдихідну проблему» конструктори досліджують механізми «крокування» живої природи. За мільйони років еволюції природа створила безліч оригінальних типів руху, пристосовуючи живі істоти до різних видів переміщення по землі – повзання, бігу, стрибків, ходьби.

Головна конструкторська відмінність крокуючих машин від колісних і гусеничних міститься в рушії, що забезпечує переміщення машини за рахунок дискретної взаємодії опорної ланки (ноги) з ґрунтом, а головна експлуатаційна перевага – прохідність в тих ситуаціях, де колісні та гусеничні машини не в змозі пересуватися [29].

Перший в світі прототип крокуючої лісової машини, харвестер Lokkeri, виставлений в музеї John Deere Pavilion в місті Молін штату Іллінойс, США. Він був винайдений в 1994 році підрозділом передових досліджень і розробок Plustech Oy у Фінляндії, яке сьогодні є частиною компанії John Deere Forestry Oy. Це був перший крокуючий харвестер, оснащений спилювальною головою.

Продуктивна і екологічна лісова машина могла працювати на крутих і нерівних поверхнях, рухатися в різних напрямках і розвертатися на місці. Комп'ютерна система управління рівномірно розподіляла вагу на всі шість лап харвестера. Машина

могла переступати через перешкоди, що зустрічаються на шляху, а оператор регулювати кліренс і висоту кожного кроку.

Крокуючий харвестер випередив час, але так і не вийшов в серійне виробництво. Однак використовувані при його створенні технології стабілізуючих автоматичних систем отримали подальший розвиток і зараз застосовуються в лісових машинах John Deere. Завдяки інноваційній системі контролю та гідравлічній трансмісії сучасні харвестери здійснюють менше навантаження на ґрунт.

Одна з найбільш прогресивних лісозаготівельних машин в історії лісового машинобудування – унікальний крокуючий харвестер Plusjack, представлений на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 – Крокуючий харвестер компанії Timberjack

У порівнянні з застосовуваними в даний час колісними і гусеничними ходовими системами, крокуючий рушій має такі переваги [17]:

- ущільнення ґрунту відбувається не по всій трасі руху машини, а плямами (рис. 2.13), що істотно зменшує ерозію ґрунту;

- крокуючий принцип переміщення дозволяє використовувати дуже широкі і довгі стопи, завдяки чому тиск на ґрунт крокуючої машини може бути істотно нижче, ніж гусеничної або, тим більше, колісної;

- відсутнє буксування;

- не відбувається здирання ґрунту ґрунтозачепами, оскільки «нога» опускається і піднімається над ґрунтом при кожному кроці;

- трав'яний покрив менше страждає завдяки тому, що стопи «наступають» на ґрунт, а не накочуються на нього;

- ноги крокуючої машини при її русі піднімаються над ґрунтом і опускаються на неї, забезпечуючи машині поворот в будь-якому напрямку; при поворотах не відбувається зрізання ґрунту;

- збалансована кінематика руху шести ніг забезпечує машині високу стійкість і прохідність;

- основа остова машини, її кабіни і гідроманіпулятора постійно залишаються в горизонтальному положенні;

- висока прохідність машини; висота просвіту під днищем машини може змінюватися в діапазоні 0,2...1,2 м, що дає можливість впевнено долати перешкоди різної складності і переміщатися по схилах;

- відсутність сил опору від перекочування, які виникають при русі колісної та гусеничної техніки;

- має високу стійкість проти перекидання.

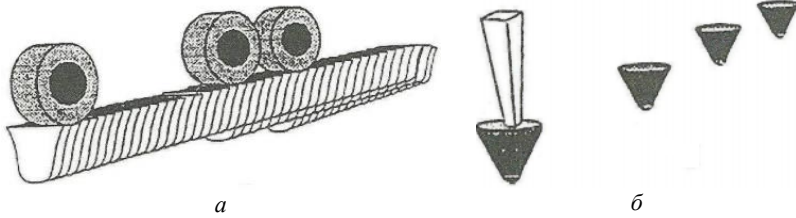


Рисунок 2.13 – Розподіл ущільнення ґрунту під рушіями колісної (а) і крокуючої (б) машин

Недоліком таких машин є:

- мала швидкість пересування, обумовлена недосконалістю крокуючого рушія, що, в свою чергу, відбивається на низькій продуктивності;

- висока вартість машини, так як діями «лап» управляє складна автоматика.

Потенційні переваги крокуючих машин перед машинами з традиційними рушіями дуже великі. Це викликає великий інтерес до проблеми з боку вчених усього світу.

Якщо раніше створення крокуючих машин багато в чому гальмувалося складністю електронних керуючих систем, то останні досягнення в галузі кібернетики дають підставу вважати, що в самому найближчому майбутньому крокуючі машини нарешті вийдуть зі стадії дослідів.

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які розрізняють типи рушіїв за способом опори і тяги?
2. Які класи рушіїв відносяться до контактних?
3. До якого типу відносяться рушії, які наведено на рисунку 2.1 г, д, л, м?
4. До якого типу відносяться рушії, які наведено на рисунку 2.1 п, р, с?
5. У чому полягає особливість конструкції планетарно-коткового рушія?
6. Що собою можуть представляти опорні елементи планетарно-коткового рушія?

7. У чому полягає особливість рухів котків планетарно-коткового рушія при русі по воді?
8. У чому полягають переваги планетарно-коткового рушія?
9. У чому полягають недоліки планетарно-коткового рушія?
10. У чому полягає особливість конструкції планетарно-колісного рушія?
11. Що є спільним в конструкціях рушіїв, які наведено на рисунках 2.5, 2.6?
12. У чому полягає особливість конструкції підвіски рушія схеми Go-Devil?
13. У чому полягає особливість застосування планетарно-колісного рушія при переміщенні по твердим поверхням?
14. З яких елементів складається рушій, наведений на рисунку 2.5?
15. Які функції можуть виконувати механізми крокування при переміщенні транспортних засобів?
16. Як Ви розумієте дискретну взаємодію рушія з опорною поверхнею?
17. Які фази руху властиві колісно-крокуючому рушієві в режимі крокування?
18. Що собою представляє колісно-крокуючий рушій, наведений на рисунку 2.8?
19. У якому вигляді може бути виконано елемент конструкції колісно-крокуючого рушія, що безпосередньо взаємодіє з ґрунтом?
20. Що є характерним недоліком колісно-крокуючого рушія?
21. У чому полягає головна конструкторська відмінність крокуючих машин від колісних і гусеничних?
22. Що собою представляють системи з крокуючим принципом переміщення?
23. У чому полягають переваги крокуючого рушія?
24. Яку прохідність у більшій мірі реалізує крокуючий рушій?
25. У чому полягають недоліки машин з чисто крокуючим принципом переміщення?

### 3 КОНСТРУКЦІЇ ОДИНОЧНИХ РУШІЇВ

#### 3.1 Колісно-крокуючий рушій з опорними башмаками

Запропоновано пристрій колісно-крокуючого рушія, який забезпечує транспортному засобу високу прохідність на виступах і сходових маршах незалежно від напрямку руху при менших матеріало- і енергоємності, і характеризується конструктивною та технологічною простотою [30].

Колісно-крокуючий рушій містить наступні основні елементи конструкції (рис. 3.1, 3.2):

- ведучий вал *1*;
- маточина *2*;
- шарніри *3–5*;
- двоплечі важелі *6–8*.

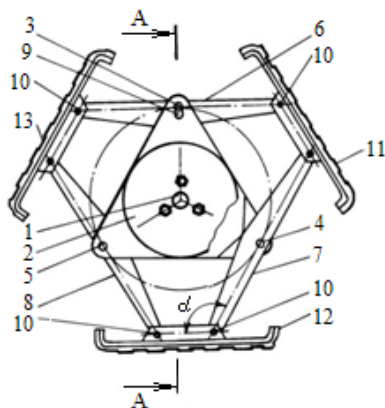


Рисунок 3.1 – Рушій (вид збоку): *1* – ведучий вал; *2* – маточина;  
*3, 5, 10* – шарніри; *6, 7, 8* – двоплечі важелі; *9* – радіальний паз маточини;  
*11, 12, 13* – опорні башмаки

Правий кінець важеля *6* зв'язаний шарніром *10* з передньою частиною башмака *11* (при обертанні рушія на рис. 3.1 проти годинникової стрілки). Лівий кінець важеля пов'язаний із задньою частиною башмака *13*. Важіль *7* кінцями пов'язаний із задньою частиною башмака *11* і передньою частиною *12*. Важіль *8* аналогічно пов'язаний кінцями з башмаками *12* і *13*.

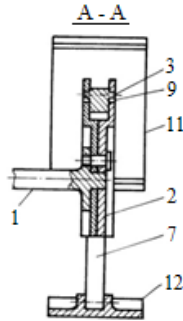


Рисунок 3.2 – Розріз А-А на рисунку 3.1: 1 – ведучий вал; 2 – маточина; 3 – шарнір; 7 – двоплечий важіль; 9 – радіальний паз маточини; 11, 12 – опорні башмаки

Відстань між шарнірами на кожному башмаку, наприклад, на башмаку 12, менше відстані між шарнірами на маточині 2, зокрема, між шарнірами 4 і 5. Тобто кожен башмак пов'язаний з маточиною шарнірною рівнобікою трапецією з утворенням тупих кутів  $\alpha$  з прилягаючими до них важелями. Крім того, відстань між шарнірами башмака менше його довжини, а встановлені вони симетрично відносно середини башмака. На прикладі виконання по рисунку 3.1 відстань між шарнірами 10 дорівнює  $1/3$  довжини башмака. Кожен башмак обладнаний підшовою з протектором, а варіант виконання підшви по рисунку 3.3 передбачає використання кільцевої еластичної стрічки 14 з протектором, довжина якої забезпечує вільний прогин в радіальному напрямку до центру рушія.

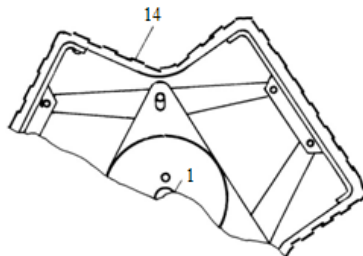


Рисунок 3.3 – Приклад виконання підшви опорних башмаків: 1 – ведучий вал; 14 – кільцева еластична стрічка

Для коригування моменту опору крокуванню рушій забезпечений пружним елементом, який за рисунками 3.4, 3.5 виконаний у вигляді ресори 15.

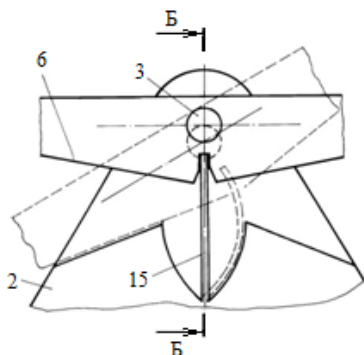


Рисунок 3.4 – Варіант установки важеля на маточині:  
2 – маточина; 3 – шарнір; 6 – двоплечий важіль; 15 – ресора

Ресора одним кінцем встановлена в пазу маточини 2, а іншим – в пазу важеля 6, вісь шарніра якого розміщена в пазу 9 маточини.

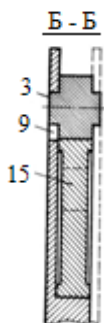


Рисунок 3.5 – Розріз Б-Б на рисунку 2.4:  
3 – шарнір; 9 – радіальний паз маточини; 15 – ресора

За варіантом виконання, показаному на рисунку 3.6, пружним елементом є важіль 16, при цьому обидва шарніра маточини 2 забезпечують важелям тільки обертальну ступінь свободи.



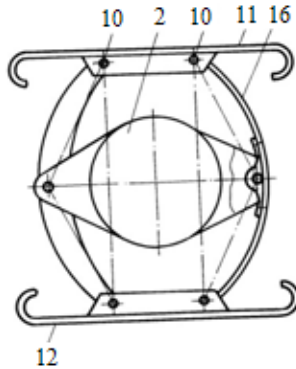


Рисунок 3.6 – Варіант рушія з двома опорними башмаками:  
 2 – маточина; 10 – шарнір; 11, 12 – опорні башмаки; 16 – важіль

Варіант виконання важеля (рис. 3.7, 3.8) у вигляді шарнірного дволанника, складеного з ланок 17 і 18, виключає як і по рисунку 3.6, необхідність використання додаткової міри свободи шарніра 3 за допомогою паза 9, показаного на рисунку 3.1.

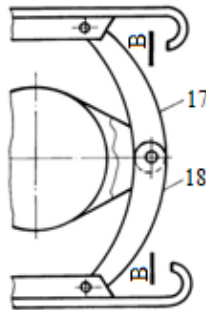


Рисунок 3.7 – Виконання важеля рушія: 17, 18 – ланки

Рухливість шарніра 3 в пазу 9 (рис. 3.1, 3.2), використання одного пружного важеля 16 (рис. 3.6), виконання одного важеля дволанковим (рис. 3.7, 3.8) – це технічні еквіваленти, що забезпечують можливість поступального односпрямованого руху кінців, щонайменше, одного важеля відносно маточини.



Рисунок 3.8 – Перетин В-В на рисунку 3.7: 17, 18 – ланки

Схема руху по площині пристрою з трьома опорними башмаками представлена на рисунку 3.9.

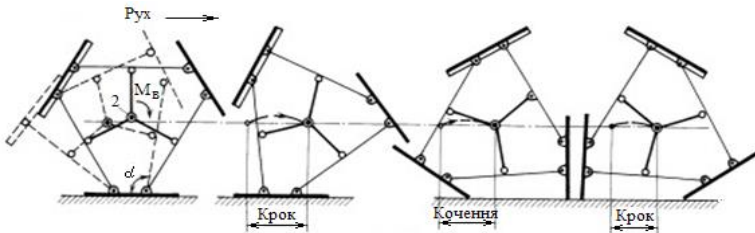


Рисунок 3.9 – Схема руху по площині пристрою з трьома опорними башмаками: 2 – маточина

*Рушій працює наступним чином.*

На рисунку 3.10, зліва, показана суцільними лініями схема сил, що діють на рушій з мінімальним числом опорних башмаків і без пружного елемента в схемі.

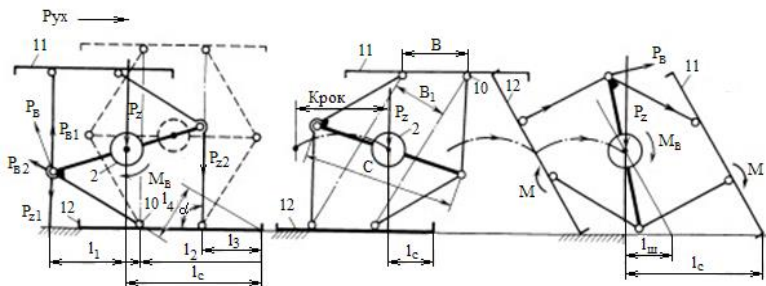


Рисунок 3.10 – Схема руху по площині пристрою з двома опорними башмаками: 2 – маточина; 10 – шарнір; 11, 12 – башмаки

Сила  $P_z$ , діюча на ведучий вал з боку транспортного засобу, розкладається на дві рівні складові  $P_{z1}$  і  $P_{z2}$ , що діють з боку маточини 2 відповідно на лівий і правий важелі. При цьому до лівого важеля прикладений момент відносно шарніра 10, спрямований проти годинникової стрілки:  $M_{c1}=P_{z1}l_1$ , який фіксує важіль в крайньому лівому положенні.

При підведенні до маточини 2 від вала крутного моменту  $M_B$ , складова  $P_{B1}$  окружної сили  $P_B$ , що діє на лівий важіль з боку маточини, дає момент відносно шарніра 10:  $M_{B1}=P_{B1}l_1$ , який спрямований за годинниковою стрілкою.

Якщо сила  $P_{B1}$  більше  $P_{z1}$ , то момент  $M_{B1}$  почне обертати лівий важіль відносно шарніра 10 за годинниковою стрілкою, переміщаючи маточину 2 і башмак 11 вправо відносно нерухомого нижнього башмака 12. При цьому відриву від опорної поверхні лівого кінця башмака 12 перешкоджає момент  $M_{c2}=P_{z2}l_3$ , спрямований проти годинникової стрілки і перевищуючий протилежний по напрямку момент  $M_{B2}=P_{B2}l_4$  через малість сили  $P_{B2}$  (складової  $P_B$ ), спрямованої уздовж нижньої частини лівого важеля.

По мірі перетворення рушія в форму, показану пунктирними лініями, кут  $\alpha$  збільшується в межах тупого, а значить, підвищується і момент сили  $P_{z2}$  відносно правого шарніра башмака 12, що обертає правий важіль також за годинниковою стрілкою.

В результаті рушій прийме форму за середньою схемою (рис. 3.10), тобто реалізує крокову фазу руху, при цьому довжина кроку визначиться кутом повороту важелів на маточині. У цьому положенні момент опору коченню  $M_{ck}=P_z l_c$  (в масштабі схем рисунка 3.10) в три рази знизився за рахунок зменшення плеча  $l_c$  відносно лівої схеми. При цьому рушій, зберігши цю форму, перекотиться під дією крутного моменту з боку ведучого вала в положення, яке показане на лівій схемі, тобто встановиться на кінці башмаків.

В даному положенні момент опору коченню  $M_{ck}=P_z l_c$  значно більше моменту опору, що крокує  $M_{cut}=P_z l_w$ , тому рушій під дією моментів  $M$  від сил, спрямованих уздовж верхнього важеля і є складовими окружної обертаючої сили  $P_B$ , поверне за годинниковою стрілкою башмаки 11 і 12 відносно нижніх

шарнірів. Тим самим рушій реалізує крокову складову руху в межах кутів повороту важелів на маточині, після чого повториться фаза кочення. Таким чином трапецієвидний двоважільний зв'язок кожного опорного башмака з маточиною і наявність кінців, виступаючих за межу міжшарнірної відстані (наприклад, кінець *11* на лівій схемі рисунка 3.10) забезпечують колісно-крокуючий режим руху. Такий режим супроводжується періодичним виносом вперед (по ходу руху) кінця башмака, який не взаємодіє з опорною поверхнею, що обумовлює можливість подолання рушієм ступінчастого виступу.

При використанні в пристрої пружного елемента (рис. 3.4, 3.5) робота, пов'язана з переміщенням маточини відносно опорного башмака в кроковій фазі, зменшується в початковий період і збільшується в кінцевому періоді. Це дозволяє зменшити максимальну величину крутного моменту  $M_B$ , необхідного для початку кроку. Зокрема, при переході рушія (рис. 3.10) з лівого положення в положення пунктирного контуру, робота деформованого в попередній фазі руху пружного елемента буде спрямована на відновлення центросиметричної форми. Це зумовить менше значення сили  $P_{B1}$ , а отже і крутного моменту  $M_B$ , необхідного для реалізації кроку в межах лівої схеми.

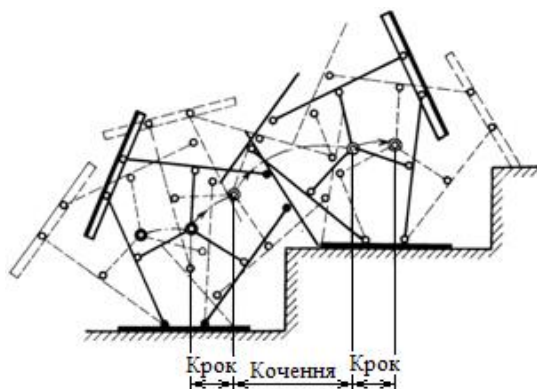


Рисунок 3.11 – Схема руху пристрою з трьома опорними башмаками по сходах

При подальшому русі (перехід до середньої схеми рисунка 3.10) обертати важелі за годинниковою стрілкою буде також і момент від вертикальної сили  $P_z$ , який компенсує момент опору зміни форми рушія, що задається жорсткістю пружного елемента.

Підйом по сходах рушій також здійснює послідовною реалізацією колісної і крокуючої фаз руху.

Схема подолання сходинки рушієм з двома опорними башмаками показана на рисунку 3.12.

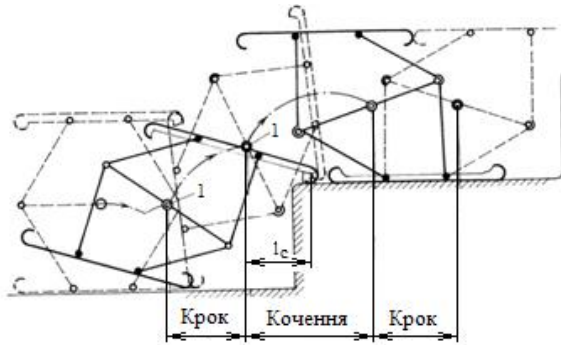


Рисунок 3.12 – Схема руху пристрою з двома опорними башмаками по сходах: 1 – ведучий вал

Зі схеми випливає, що при реалізації кроку приводний вал по пологій траєкторії істотно наближається до виступу, зменшуючи плече моменту опору кочення до значення  $l_c$ . Після цього в фазі кочення вал піднімається на сходинку з опорою на башмак, виділений подвійною лінією.

Описаний характер руху підтверджують фотографії руху лабораторного зразка (рис. 3.16), отримані при відкритому затворі камери і пульсуючому освітленні (рис. 3.14, 3.15).

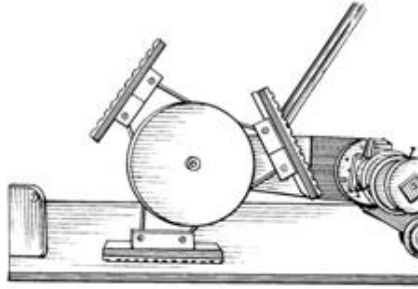


Рисунок 3.13 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з трьома опорними башмаками

На підставі результатів лабораторних випробувань рушіїв з двома, трьома і чотирма опорними башмаками можна зробити висновок, що найкращим варіантом здійснення є трьохопорний рушія по рисунку 3.13 як з радіальним пазом в маточині, так і при виконанні одного важеля пружним.

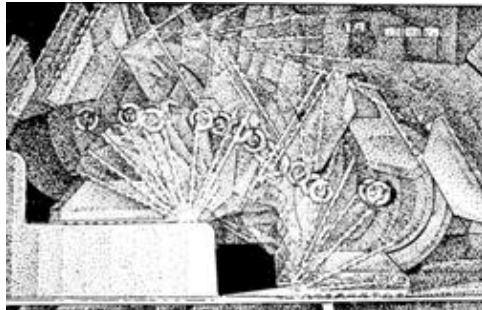


Рисунок 3.14 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з трьома опорними башмаками

Зокрема, його рух по горизонтальній поверхні характеризується мінімальними вертикальними коливаннями приводного вала (рис. 3.9, 3.15). Причому чергування фаз по рисунку 3.9 реалізується у всьому діапазоні навантажень на тяговому гаку, включаючи режим повного буксування.

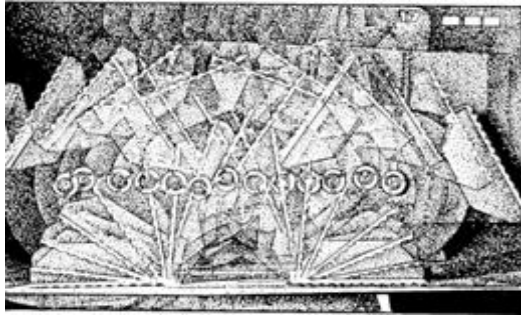


Рисунок 3.15 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з трьома опорними башмаками

Випробування пристрою з трьома башмаками і кільцевою підшвою по рисунку 3.15 показали, що остання не погіршує прохідність на сходових маршах (характер руху повністю відповідав рисункам 3.11 і 3.14), але значно підвищує зчпні властивості і прохідність при русі по сипучим і болотистих поверхнях.

Фотофрагменти лабораторних випробувань рушія з двома опорними башмаками наведені на рисунках 3.16–3.18.

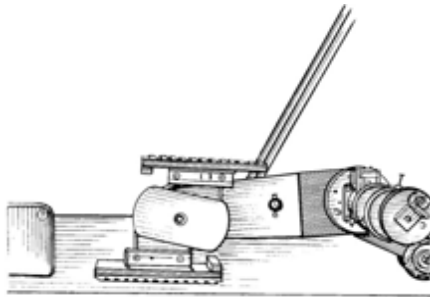


Рисунок 3.16 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з двома опорними башмаками

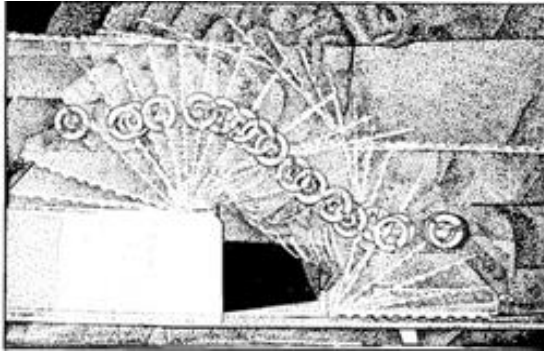


Рисунок 3.17 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з двома опорними башмаками

Пропонована конструкція рушія найкращим чином може бути використана для пересування по сходах і граничним перешкодам інвалідних колясок і крісел, включаючи можливість ходу по невідповідним майданчикам біля під'їздів будинків, а також вантажних візків при обслуговуванні багатоповерхових приміщень, що не мають підйомників.

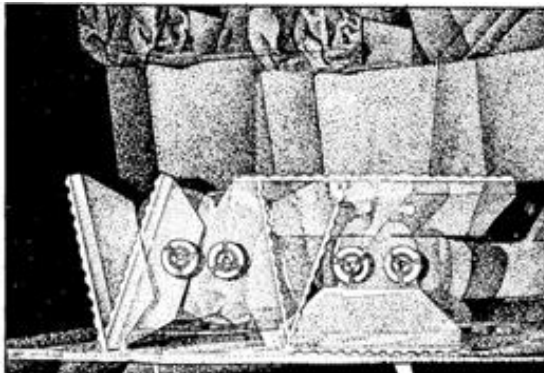


Рисунок 3.18 – Фотофрагмент лабораторних випробувань рушія з двома опорними башмаками



### 3.2 Крокуюче колесо транспортного засобу з опорними стійками

Запропоновано конструкцію крокуючого колеса, що відноситься до рухів підвищеної прохідності, яка може бути застосована на транспортних пристроях (рис. 3.19) [31]. Позитивний ефект у порівнянні з аналогами полягає у спрощенні конструкції при одночасному зниженні енерговитрат.

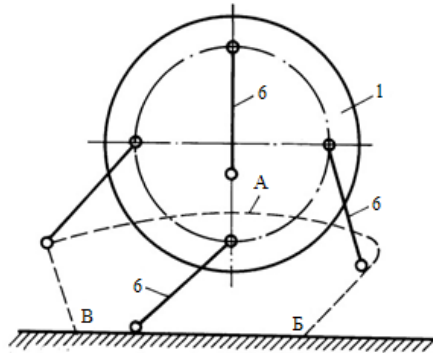


Рисунок 3.19 – Крокуюче колесо транспортного засобу (загальний вигляд):  
1 – корпус; 6 – опорні стійки

Крокуюче колесо транспортного засобу містить наступні складові частини (рис. 3.20):

- поворотний корпус 1;
- вал приводу обертання 4;
- опорні стійки 6;
- вісі стійок 5;
- зубчасту передачу, що включає:
  - некруглі шестерні 10;
  - проміжні вісі 9;
  - круглі зубчасті колеса 8;
  - шестерні 7;
  - ведені вісі 5.

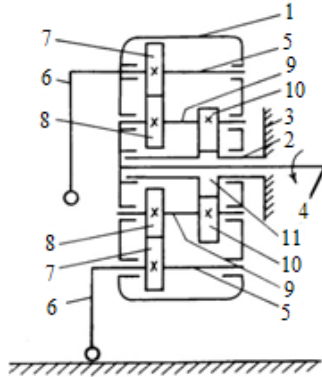


Рисунок 3.20 – Кінематична схема крокуючого колеса транспортного засобу:  
 1 – корпус; 2 – нерухома вісь; 3 – корпус шасі транспортного засобу;  
 4 – обертовий вал; 5 – ведені вісі; 6 – опорні стійки; 7 – шестерні; 8 – зубчасті колеса; 9 – проміжні вісі; 10 – некругли шестерні; 11 – некругле зубчасте колесо

Корпус 1 крокуючого колеса встановлений з можливістю повороту відносно нерухомої вісі 2, яка з'єднана з корпусом шасі транспортного засобу 3. У середині нерухомої вісі 2 проходить обертовий вал 4, з'єднаний одним кінцем з корпусом 1, а іншим з джерелом обертання. У корпусі 1 встановлені в діаметрально протилежних напрямках ведені вісі 5, на яких розташовані опорні стійки 6.

На ведених осях 5 змонтовані шестерні 7, які взаємодіють з зубчастими колесами 8, встановленими на проміжних осях 9.

На проміжних осях 9 встановлені також некругли шестерні 10, взаємодіючі з некруглим зубчастим колесом 11, жорстко з'єднаним з нерухомою віссю 2. При цьому проміжні вісі 9 встановлюються в діаметрально протилежних напрямках і співпадають по розташуванню з веденими осями 5, тим самим забезпечуючи точне орієнтування некруглих зубчастого колеса і шестерні.

Передавальне відношення некруглої зубчастої передачі, утвореною некруглим зубчастим колесом 11 і некруглою шестернею 10, на ділянці робочого ходу  $BB$  стійки 6 при фіксованому значенні міжцентрової відстані  $N_{r11,r10}$  вибирається так, щоб на ділянці траєкторії  $BB$  швидкість опорної точки

відносно нерухомого корпусу була прямолінійною і постійною. Це виконується при значенні радіусу шестерні 10 проміжного вала 9 рівному:

$$r_{10} = N \frac{\cos \beta}{2 \cos \beta - \frac{R}{l} \sin \varphi} \sin \beta \frac{H - R \cos \varphi}{l}, \quad (3.1)$$

де  $\beta$  – кут нахилу стійки  $b$  до горизонту в фазі опори, град;  
 $\varphi$  – кут повороту корпусу  $I$  в фазі опори, відрахований від вертикалі, град;  
 $R$  – радіус кола, що описується веденою віссю 5, мм;  
 $l$  – довжина опорної стійки  $b$ , мм;  
 $H$  – кліренс, мм.

Наприклад, можливі такі співвідношення в відносних величинах  $r_{11}$  і  $r_{11}/r_{10}$  (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Геометричні параметри елементів рушія

$\varphi$ , град	$r_{11}$	$r_{11}/r_{10}$
45	1	0,445
30	1,259	0,634
15	1,461	0,818
0	1,623	1,0
-15	1,760	1,183
-30	1,877	1,370
-45	1,974	1,55
-60	2,078	1,778
-75	2,214	2,145

Передавальне відношення зубчастої передачі, що складається з зубчастого колеса 8, встановленого на проміжному валу 9, і шестерні 7, встановленої на веденій вісі 5, дорівнює  $l$ , при цьому зубчаста передача виключає поворот стійки  $b$  на  $360^\circ$  навколо корпусу  $I$  і викликає малі кутові відхилення стійки  $b$  навколо положення її стійкової рівноваги.

*Крокуюче колесо транспортного засобу працює наступним чином*

Вал 4, починаючи обертатися, передає обертання на корпус 1, який починає здійснювати обертальний рух навколо нерухомої вісі 2 (рис. 3.20). Ведені вісі 5 починають здійснювати обертальний рух разом з корпусом 1 навколо нерухомої вісі 2 і переміщують навколо нерухомої вісі 2 опорні стійки 6, здійснюючи тим самим переносний рух опорних стійок 6. Проміжні вісі 9 починають разом з корпусом 1 здійснювати обертальний рух навколо нерухомої вісі 2. Некруглі шестерні 10 починають перекочуватися по некруглому зубчастому колесу 11, при цьому проміжні вісі 9 набувають обертання відносно корпусу 1. Зубчасте колесо 8, обертаячись разом з проміжними осями 9, передає обертання через шестерні 7 на ведені вісі 5, які тим самим отримують обертання навколо власної вісі і повертають опорні стійки 6, укріплені на них, відносно корпусу 1, створюючи тим самим відносний рух опорних стійок 6.

Абсолютний рух вільних частин опорних стійок 6, як сума переносного і відносного рухів, являє собою криву *A* (рис. 3.19) з прямолінійною опорною ділянкою *BB*.

Некругле зубчасте колесо 11 і шестерні 10 забезпечують в точці *B* швидкість, рівну поздовжній швидкості транспортного засобу. Це сприяє безударному опусканню опорних стійок на ґрунт без поздовжнього зминання останнього, а також постійну, рівну поздовжній швидкості руху транспортного засобу, швидкість вільних частин опорних стійок 6 на ділянці траєкторії *BB*. Це в свою чергу забезпечує рівномірний, без поздовжніх коливань, рух транспортного засобу та виключає волочіння опорних стійок по ґрунту в точці *B* траєкторії і на ділянці *BB* траєкторії. Коли одна опорна стійка 6 опускається на ґрунт в точці *B*, інша опорна стійка 6 відривається від ґрунту в точці *B* і цикл повторюється.

Для зміни напрямку руху вал 4 починає обертатися у зворотний бік.

### 3.3 Колісний рушій змінного діаметра

Запропоновано колісний рушій змінного діаметра, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків спрощується конструкція та досягається регульована зміна діаметра зі збереженням цілісності опорної поверхні, що дозволяє використовувати такі колісні рушії в колісних транспортних засобах з новим принципом керування зміною напрямку їхнього руху [32].

Колісний рушій змінного діаметра складається з наступних частин (рис. 3.21, 3.22):

- двох опорних дисків 1, 2;
- еластичного опорного котка тороїдальної форми 3;
- жолобу;
- вісі 4;
- кріпильного пристрою 6;
- втулки 5.

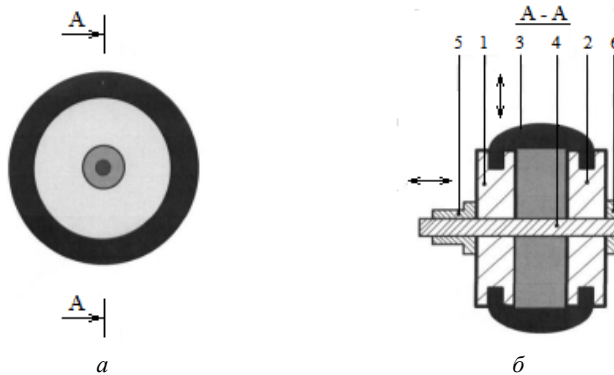


Рисунок 3.21 – Схематичне зображення колісного рушія змінного діаметра:  
а – вид збоку; б – переріз А-А; 1, 2 – опорні диски; 3 – опорний коток;  
4 – вісь; 5 – втулка; 6 – кріпильний пристрій

Опорний коток розміщується в жолобі, який утворений внутрішніми поверхнями опорних котків. Опорний коток 3 нерухомо закріплений на вісі 4 за допомогою кріпильного пристрою 6. Опорний диск 1 закріплений на втулці 5, яка може переміщуватися по вісі 4.

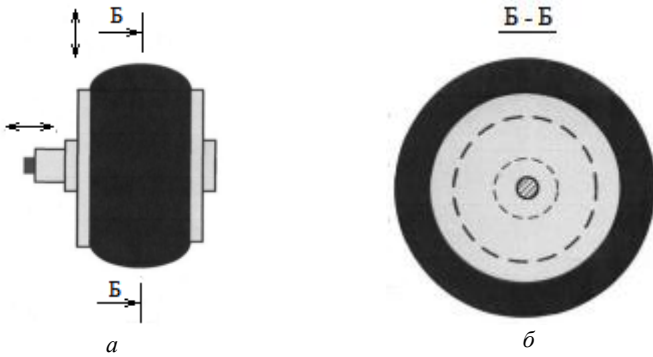


Рисунок 3.22 – Схематичне зображення колісного рушія змінного діаметра:  
*a* – вид спереду; *б* – переріз Б-Б

Колісний рушій змінного діаметра функціонує наступним чином.

При переміщенні втулки 5 разом з опорним диском 1 в напрямку до опорного диска 2 еластичний опорний коток тороїдальної форми 3 деформується таким чином, що його діаметр, а отже і діаметр колісного рушія, збільшується.

При переміщенні втулки 5 разом з опорним диском 1 в напрямку від опорного диска 2 еластичний опорний коток тороїдальної форми 3 деформується таким чином, що його діаметр, а отже і діаметр колісного рушія зменшується.

В обох випадках опорна поверхня колісного рушія залишається цілісною, а зміна його діаметра виконується плавно.

### **3.4 Осциляторний колісний рушій конструкції Л.М. Петрова**

Запропоновано конструкцію осциляторного колісного рушія для підвищення динамічності тягово-транспортного засобу, наприклад, трьохвісних повнопривідних автомобілів УРАЛІ [33].

Осциляторний колісний рушій (рис. 3.23) встановлюється на тягово-транспортний засіб 1, який має колісні рушії 2.

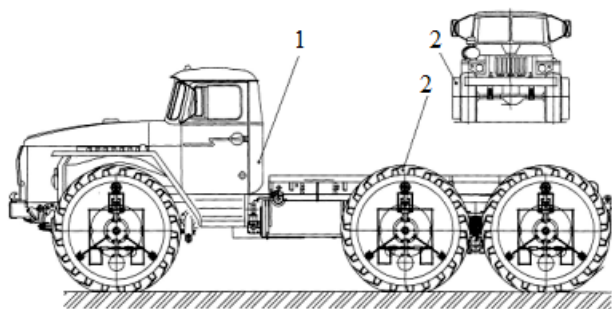


Рисунок 3.23 – Осциляторний колісний рушій Л.М. Петрова:  
 1 – тягово-транспортний засіб; 2 – колісні рушії

Цапфа 3 (рис. 3.24), штифтами 4, пружинами 5 з'єднана з піввіссю 6 тягово-транспортного засобу 1 за допомогою технологічних отворів 7.

На цапфу 3 за допомогою упорних підшипників 8 та 9 насунуті втулки 10 та 11. Між втулками 10 та 11 встановлений підшипник 12. До втулки 10 гвинтами 13 приєднана регульовальна кришка 14. На цапфу 3 надіта шайба 15 та нагвинчена гайка 16. На втулку 11 маточиною надіта важка спиця 17.

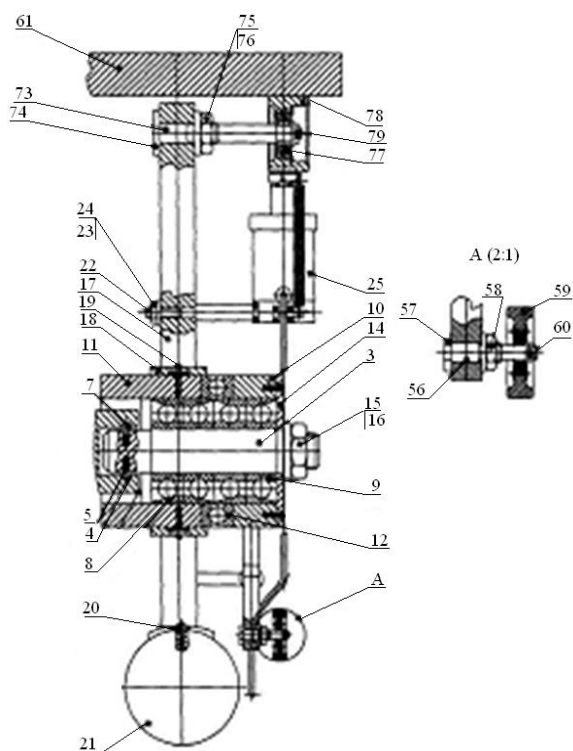
Маточина 18 важкою спицею 17 гвинтами 19 закріплена на втулці 11. Гвинтами 20 до важкої спиці 17 прикріплена гравітаційна вага 21. До важкої спиці 17 шпилькою 22 та гайкою 23 і пружною шайбою 24 прикріплений циліндр 25.

У днище циліндра загвинчені дозувальні штуцери 26 та 27, які за допомогою гнучких трубопроводів 28 та дозувальних штуцерів 29 та 30 з'єднані з циліндрами 31 та 32.

У циліндрах 31 та 32 розташовані пружини 33, які утримують поршень 34 та шток 35 з фланцем 36 впритул до фланця 37, який упором 38 жорстко закріплений на важкій спиці 17. Циліндри 31 та 32 кронштейнами 39 та 40, шарнірами 41 та 42 з'єднані з кронштейнами 43 та 44, які гайками 45 та 46 закріплені на опорних важелях 47 та 48, вони гайками 49 закріплені на втулці 10. Опорні важелі 47 та 48 на нижніх кінцях мають пустоти 50 та 51, в які встановлені пружини 52 та 53, в які уперті штоки 54 та 55. В штоки 54 та 55 вставлені пальці 56, які закріплені фланцем 57 та регульовальною гайкою 58.

На палець 56 надітий ролик 59, який закріплений гайкою 60. Ролики 59 опираються на технологічний диск 61. У циліндрі 25 розташований поршень 62, до якого гайкою 63 прикріплено шток 64. На штоку 64 закріплено гальмівну колодку 65, на якій знаходиться фрикційна накладка 66. Гальмівна колодка 65 кронштейном 67 з'єднана з пружинами 68 та 69, які кронштейном 70 приєднані до днища 71 циліндра 25.

В отвір 72 важкої спиці 17 встановлений осьовий болт 73, який регулювальною гайкою 74 через шайбу 75 і гайку 76 закріплений на цій спиці. На осьовому болті 73 на підшипнику 77 встановлено слідкуюче колесо 78, яке закріплено гайкою 79.



a



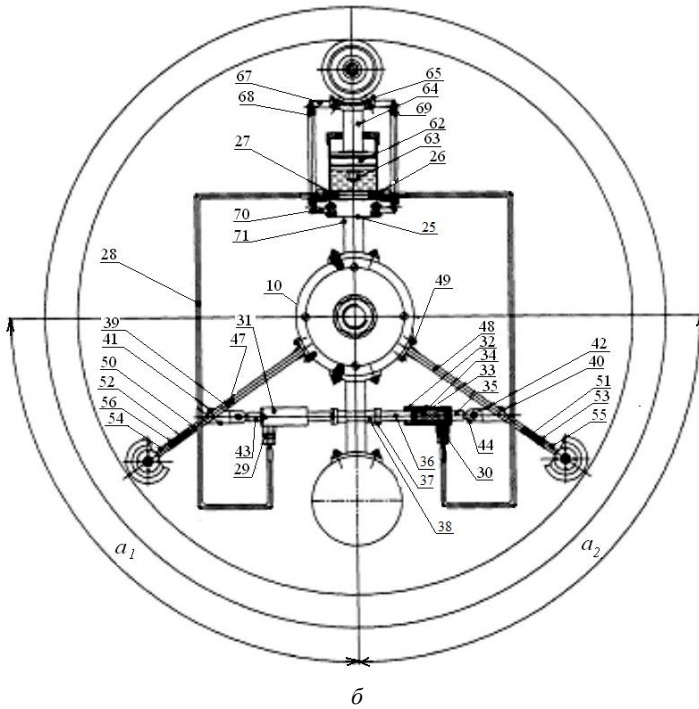


Рисунок 3.24 – Конструкція осциляторного рушія:

- a* – вид збоку; *б* – вид спереду; 3 – цапфа; 4 – штифти; 5 – пружини;  
 6 – піввісь; 7 – технологічні отвори; 8, 9 – упорні підшипники;  
 10, 11 – втулки; 12 – підшипник; 13 – гвинти; 14 – регульовальна кришка;  
 15 – шайба; 16 – гайка; 17 – важка спиця; 18 – маточина;  
 19, 20 – гвинти; 21 – гравітаційна вага; 22 – шпилька; 23 – гайка;  
 24 – пружна шайба; 25 – циліндр; 26, 27, 29, 30 – дозувальні штуцери;  
 28 – трубопроводи; 31, 32 – циліндри; 33 – пружини;  
 34 – поршень; 35 – шток; 36, 37, 57 – фланці; 38 – упор;  
 39, 40, 43, 44 – кронштейни; 41, 42 – шарніри; 45, 46, 49 – гайки;  
 47, 48 – опорні важелі; 50, 51 – пустоти; 52, 53 – пружини;  
 54, 55 – штоки; 56 – палець; 58 – регульовальна гайка; 59 – ролик;  
 60, 63, 76, 79 – гайки; 61 – технологічний диск; 62 – поршень;  
 64 – шток; 65 – гальмівна колодка; 66 – фрикційна накладка;  
 67, 70 – кронштейни; 68, 69 – пружини; 71 – днище; 72 – отвір;  
 73 – осьовий болт; 74 – регульовальна гайка; 75 – шайба;  
 77 – підшипник; 78 – слідкуюче колесо

*Робочий процес за допомогою осциляторного колісного рушія здійснюється таким чином.*

Крутний момент від двигуна (рис. 3.23) тягово-транспортного засобу 1 підводиться до колісних рушіїв 2.

Гравітаційна вага 21 в момент початку руху (рис. 3.24) знаходиться у положенні, що ділить відстань між роликками 59 на два однакові значення, яким відповідають два кута рівних між собою та замкнених між опорними важелями 47 і 48 і важкої спиці 17  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

За рахунок тертя між роликками 59 та технологічним диском 61, кут  $\alpha_1$  буде зменшуватись, а кут  $\alpha_2$  буде збільшуватись. Слідкуючим колесом 78, яке прижимається до технологічного диска 61 встановлюється рівнозначність кутів  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$ , так як гравітаційна вага 21 відхиляється у напрямку обертання технологічного диска 61 на різницю кутів  $\alpha_1 - \alpha_2$ .

Таким чином кінетична енергія обертального руху технологічного диска 61 переходить у потенційну енергію положення гравітаційної ваги 21, яке буде визначатися різницею відстані між нижнім положенням гравітаційної ваги та її верхнім положенням щодо різниці кутів 1-2.

В момент відновлення рівності кутів  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  слідкуюче колесо 78 починає вільно обертатися відносно технологічного диска 61. Тим самим за рахунок накопиченої потенційної енергії гравітаційна вага 21 свій рух спрямовує на зменшення кута  $\alpha_1$ , а кінематичним зв'язком між важкою спицею 17 і опорними важелями 47 і 48 гравітаційна вага 21 відновлює положення роликків 59 відносно технологічного диска 61, тобто симетрично відносно центру контакту колісного рушія 2 з опорною поверхнею. В подальшому, процес взаємозаміни кутів  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  повторюється. Таким чином миттєве перекидання кінетичної енергії обертального руху колісного рушія у потенційну енергію положення відцентрових гравітаційних складових технологічного обладнання колісного рушія створює осциляторний режим кочення колісного рушія відносно опорної поверхні.

*Тягово-транспортний засіб з осциляторним колісним рушієм працює наступним чином.*

Крутний момент від двигуна підводиться до колісних рушіїв 2 (рис. 3.23).

Технологічний диск 61 (рис. 3.24) жорстко з'єднаний з диском колісного рушія за рахунок тертя приводить у обертальний рух ролики 59, які обертаються на пальцях 56 та через наявність різниці тертя між технологічним диском 61 та роликом 59, опорні важелі 47, 48 повертаються у напрямку обертання технологічного диска 61.

При цьому кронштейном 43 опорний важіль 47 через шарнір 41 натискає на кронштейн 39, який переміщує циліндр 31, а циліндр стискує пружину 33. При цьому рідина через штуцер 29, гнучкий трубопровід 28, дозувальний штуцер 27 подається у циліндр 25 і тисне на поршень 62. Поршень 62 переміщується вгору, штовхає шток 64 і тією колодкою 65 та фрикційною накладкою 66 натискає на слідкуюче колесо 78, яке вільно оберталося на осьовому болті 73 завдяки тертю між технологічним диском 61 та поверхнею слідкуючого колеса. Слідкуюче колесо 78 фрикційною накладкою 66 гальмується, важка спиця 17 повертається на опорному підшипнику 8. Кронштейн 39 з фланцем 37 відходить від фланця 36 і шток 35 пружиною 33, упертою у поршень 34, повертається у першопочатковий стан. Відхилена важкою спицею 17 гравітаційна вага 21 буде знаходитись у положенні нестійкої рівноваги та буде вимушена рухатись у нижнє положення, тим самим кронштейн 39 фланцем 37 тисне на фланець 36, що приводить в рух шток 35, який при одночасному розгальмовуванні слідкуючого колеса 78 гальмівною колодкою 65 та пружинами 68, 69 і упором 38 циліндра 31 тисне на кронштейн 43. Це примушує опорні важелі 47 та 48 на роликах 59 повертатися втулкою 10 на опорному підшипнику 9 відносно цапфи 3 у напрямку, протилежному напрямку обертання колісного рушія.

### **3.5 Колісний рушії, що перекочується**

Пропонується конструкція колісного рушія, що перекочується [34] для наземних транспортних засобів, зокрема, з

підвищеною вантажопідйомністю, призначених для експлуатації в різних дорожніх умовах, в т.ч. і по бездоріжжю. У рушії реалізована схема підведення силового потоку до обода з поліпшеними тягово-зчіпних і опорно-тимчасовими властивостями і підвищенням загального ККД транспортного засобу.

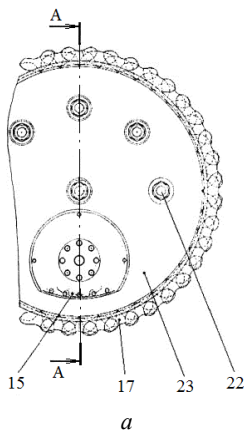
Колісний рушій складається з наступних елементів (рис. 3.25 а–в):

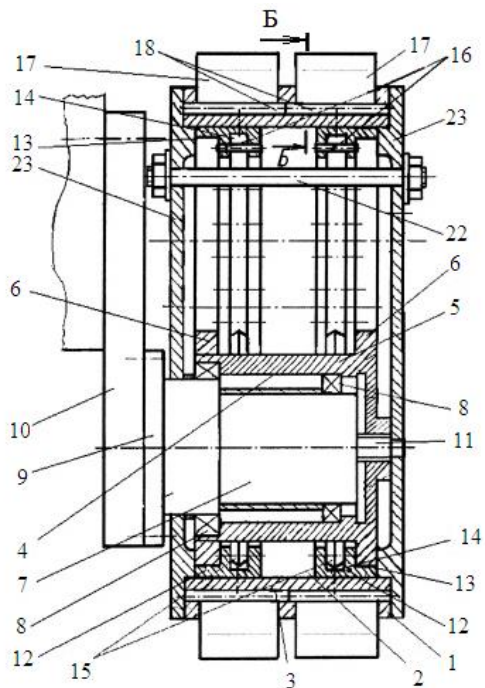
- обід *1*, виконаний з внутрішньою *2* і зовнішньою *3* поверхнями гладкої циліндричної форми;

- опорно-приводний пристрій (ОПП) *4*, що має циліндричний корпус *5* з розміщеними на його зовнішній поверхні ребрами *6*, встановлено всередині обода *1* з можливістю потактового кутового зсуву відносно нього, тобто виконано «плаваючим» на нерухомій вісі, що важливо з позиції підвищення точності зміщення;

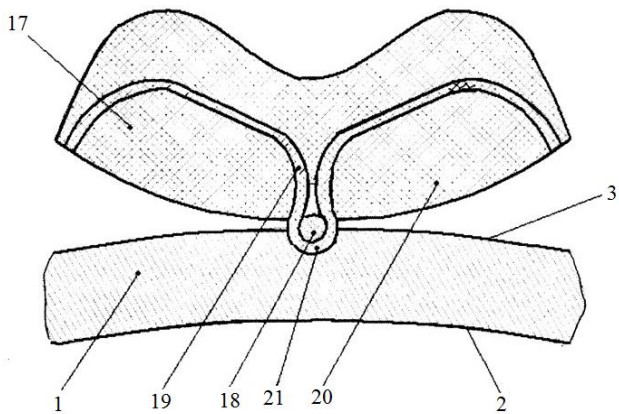
- приводний електродвигун *7*, який встановлений всередині корпусу *5* ОПП в підшипниках *8* і торцевим фланцем *9* з'єднаний, наприклад, через стійку підвіски *10* з корпусом транспортного засобу (не показаний), а його вихідний вал *11* жорстко пов'язаний з корпусом *5*.

На внутрішній поверхні *2* обода *1* закріплені два контактних кільця *12*. Кільця *12* виконані з зовнішніми доріжками *13* під реборди *6* і з внутрішніми розточеннями *14*, в які входять зубчасті зірочки *15*, що охоплюють корпус *5* (рис. 3.25 б).





*б*



*в*

Рисунок 3.25 – Колісний рушій, що перекочується:  
*а* – фронтальний вид; *б* – розріз А-А; *в* – розріз Б-Б

Усередині кілець 12 є встановлені по їх периметру з рівномірним кроком вісі 16, що входять в зачеплення із зірочками 15. Така взаємодія кілець 12 і осей 16 забезпечує необхідний кутовий зсув ОПП відносно внутрішньої поверхні обода 1.

Обід 1 також має гумоармовані башмаки 17, які шарнірно встановлені на осях 18 з утворенням на його зовнішній поверхні 3 двох опорних рядів зі зміщенням одного відносно іншого. У кожному ряду башмаки 17 розміщені з технологічним зазором між собою, що забезпечує їх взаємне кутове переміщення. Конструктивне виконання цих башмаків варіативне, в залежності від конкретних технічних параметрів рушія, і вони можуть мати різну доцільну форму.

З точки зору ефективності руху найбільш прийнятна форма башмака представлена на рисунку 3.25 в. Зовнішня поверхня – «підшва» – гумоармованого башмака має синусоїдальну форму для поліпшення пружних властивостей колеса і підвищення плавності ходу транспортного засобу. Поверхня, звернена до обода 1, має циліндричну форму, поліпшує самоочищуваність рушія при його роботі на слабких ґрунтах, наприклад, на заболоченій місцевості. При цьому башмак 17 виконаний з пружною сталевією вставкою 19, армованою гумою 20 і з вушком 21 для приєднання до вісі 18.

Для забезпечення сталого зачеплення реборд і зірочок служать бічні кришки 23 стягнуті між собою шпильками 22, що забезпечує створення між ними і ободом не звільняючого (жорсткого) зв'язку.

Бічні кришки 23 забезпечують в конструкції рушія додаткову поперечну жорсткість і служать для запобігання попадання в зону контакту взаємодіючих між собою згаданих вище елементів обода і ОПП з боку торців рушія пилу, бруду і/або сторонніх предметів, що погіршують роботу «плаваючого» опорно-приводного пристрою, зокрема, і рушія в цілому.

*Робота рушія полягає в наступному.*

На електродвигун 7, який вбудований в корпус 5 ОПП 4, від силової установки транспортного засобу (не показана), наприклад, дизель-генератора, подається напруга. Напруга створює взаємодію електромагнітних полів (перша квазіпружна

щабель), які утворюють обертовий момент  $M_{op}$  на його вихідному валу 11, жорстко пов'язаному з корпусом 5 ОПП. Корпус 5 має можливість кутового переміщення відносно обода 1 за допомогою реборд 6 і взаємодії з внутрішньою поверхнею 2 обода 1 за рахунок контактних кілець 12 з осями 16, що входять в зачеплення із зірочками 15.

Обертальний момент ротора електродвигуна 7 перекочує реборди 6, що охоплюють корпус 5, «плаваючого» на нерухомій вісі ОПП, по доріжках 13 контактних кілець 12 на ободі 1. Цим забезпечується зміщення центру ваги транспортного засобу в напрямку руху колеса з накопиченням повної механічної енергії з одночасним формуванням моменту сили, що викликає плоский поступальний рух за рахунок зовнішнього силового (гравітаційного) поля (друга квазіпружна щабель).

Реборди 6, перекочуючись по доріжках 13 кілець 12, змішують миттєвий центр тиску (вертикальну силу від ваги транспортного засобу) по траєкторії гіпоциклоїди, наприклад, по астроїді, відносно точки, де миттєва швидкість дорівнює нулю, на величину  $s$  і створюють момент сили відносно цієї точки, рівний

$$M_c = \overline{mg} \cdot s. \quad (3.2)$$

Момент сили викликає перекочування обода 1. У цей час башмаки 17 (рис. 3.25 а, в) формують опорну поверхню (дно колії) з реакцією зв'язку  $\overline{R}$ . Реакція зв'язку створюється за рахунок зовнішнього силового (гравітаційного) поля – друга квазіпружна щабель, і сил тертя. При цьому здійснюється плоский поступальний рух транспортного засобу з автоматичним регулюванням опорно-тимчасових властивостей і тягово-зчіпних якостей рушія, що перекочується в залежності від характеру поверхні руху.

ОПП 4 спільно з підвіскою транспортного засобу виконує наступні функції:

- підтримання корпусу транспортного засобу;
- передачі вертикального навантаження через реборди 6, розташовані на зовнішній поверхні корпусу 5 ОПП;

– передачі крутного моменту електродвигуна 7 і трансформації його в момент сили на ободі 1, який за допомогою башмаків 17 спеціальної форми (рис. 3.25 в) здійснює формування опорної поверхні.

В цілому, використання пропонованого колісного рушія, що перекочується, дозволяє за рахунок двоступеневої квазіпружної системи підведення силового потоку оптимізувати опорно-часові властивості, підвищити тягово-зчіпні показники і загальний коефіцієнт корисної дії транспортного засобу при русі по різних поверхнях руху і при цьому максимально мінімізувати негативний вплив транспорту на поверхню руху.

### 3.6 Колісний рушій з секціями пневматичних шин

Пропонується конструкція колісного рушія, який за рахунок наявності рухомих секцій пневматичних шин забезпечує рух по пересіченій місцевості, у водному середовищі і здійснює кочення по водній поверхні [35].

При русі по дорогах рушій працює як звичайне колесо (рис. 3.26).

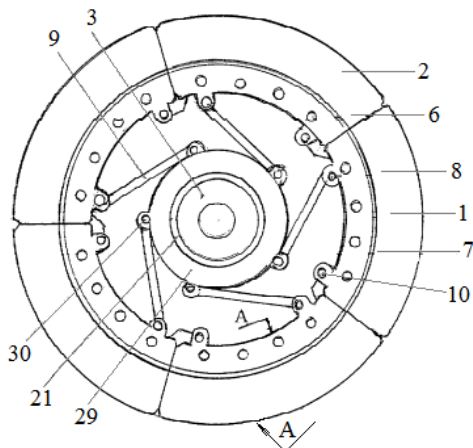


Рисунок 3.26 – Рушій в колісному варіанті: 1, 2 – секції; 3 – маточина; 6 – ряди отворів; 7 – диск; 8, 30 – вушко; 9 – тяга; 10 – пружина; 21 – втулка; 29 – кільце



Для руху по пересіченій місцевості рушій переводиться в крокуючий варіант, при цьому секції обода одночасно всі відхиляються зустрічно обертанню і руху на необхідний кут, залежний від умов місцевості. В даному випадку секції обода здійснюють рух з елементами крокування – чим більше кут відхилення секцій, тим більше виражений елемент крокування. Змінюється взаємодія секцій в цілому рушія з зовнішнім середовищем. Секції рухаються – наступають на ґрунт зверху вниз, відштовхуючи ґрунт назад, отримуючи реакцію на рушій вгору – вперед, цим обумовлюється можливість руху на плаву, а при відповідній потужності, швидкості і вазі можливо кочення по водній поверхні. При виході на твердий ґрунт або з води секції обода складаються, і рушій працює як звичайне колесо.

Рушій складається з наступних елементів (в рис. 3.26, 3.27):

- секції обода 1, 2 (рис. 3.26);
- пневматичних шин 2 (рис. 3.27);
- маточини 3 (рис. 3.26);
- механізму відхилення (рис. 3.29).

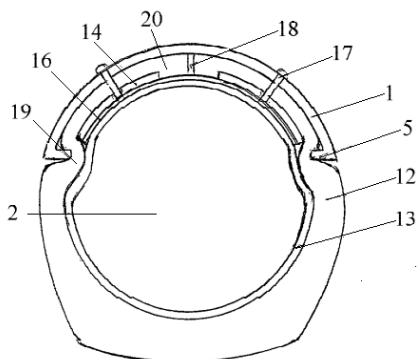


Рисунок 3.27 – Пневматична шина: 1 – секція обода; 2 – шина; 5 – відсортуння; 12 – покриття; 13 – камера; 14 – пластина; 16 – прокладка; 17 – гвинти; 18 – поздовжній розріз; 19 – вигини

Секції обода 1 виконуються з міцного матеріалу коритоподібної форми, вигнуті по дузі окружності обраного діаметра рушія. Верхні краї секцій мають відсортуння 5 (рис. 3.27), а по днищу корита виконані два ряди отворів 6 (рис. 3.26).

У складеному положенні секції спираються на диск 7 (рис. 3.26) або спиці маточини (в залежності від виконання маточини). Кожна секція має вушко 8 (рис. 3.26) для з'єднання з тягою 9 механізму відхилення. З протилежного боку секції виконана провущина 10 для шарнірного з'єднання з диском 7 маточини 3 або спицями.

Пневматична шина 2 (рис. 3.27), складається з наступних елементів:

- покоришки 12;
- камери 13;
- пластини 14 (рис. 3.27, 3.28) з різьбовими отворами 15 (рис. 3.28);
- прокладки 16 (рис. 3.27);
- гвинтів 17 (рис. 3.27).

Покоришка і камера повторюють форму секції. На стороні покоришки, прилеглої до секції обода, виконаний поздовжній розріз 18 (рис. 3.27) і два ряди отворів для гвинтів 17, вигин 19, потовщення 20.

При збірці пластина 14, прокладка 16, камера 13 через поздовжній розріз 18 вкладаються в покоришку 12, покоришка в секцію 1. В пластині 14 (рис. 3.28) є поздовжня виїмка 11, в яку при монтажі входять потовщення 20 покоришки 12, а вигини 19 покоришки заходять за відбортування 5 секції 1.

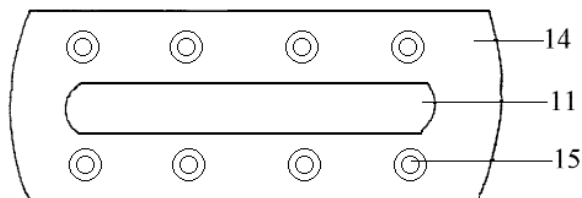


Рисунок 3.28 – Пластина кріплення шини на секції:  
11 – поздовжня виїмка; 14 – пластина; 15 – отвір

За допомогою гвинтів 17, які проходять через отвори секції в покоришці та вгвинчуються в пластину 14, кожна покоришка притискається до своєї секції обода і надійно утримується при будь-якому навантаженні.

Конструкції маточин для кожного типу машин вже розроблені та їх велика різноманітність.

Пропонується використовувати кілька варіантів виконання маточин, конструктивне виконання яких пов'язане з вибором механізму відхилення.

*Приклад 1.* На циліндричній частині маточини по зовнішній поверхні виконуються дві шліці 23 (рис. 3.29). Де немає маточини, шліці виконуються на ведучій вісі 22, далі однаково для вісі і маточини. На маточину монтується втулка 21, що має два поздовжніх паза 24 і два гвинтових паза 25, кільцеве проточення 26, на яке монтується муфта 27. Муфта 27 складається з двох півсфер і циліндрика 28, скріплених гвинтами.

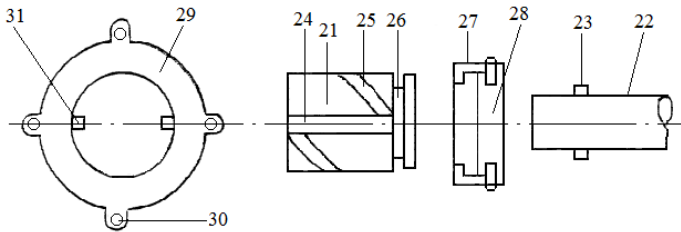


Рисунок 3.29 – Елементи механізму відхилення: 21 – втулка; 22 – ведуча вісь; 23 – шліці; 24 – поздовжній паз; 25 – гвинтовий паз; 26 – проточення; 27 – муфта; 28 – циліндрик; 29 – поворотне кільце; 30 – вушко; 31 – виступ

На втулку 21 монтується поворотне кільце 29 з вушками 30 для з'єднання з тягою 9 (рис. 3.26). Для з'єднання з втулкою 21 кільце 29 має два внутрішні виступи 31 (рис. 3.29). У зібраному вигляді втулка 21 може здійснювати поступальний рух уздовж маточини від зусиль, прикладених до муфти 27. Зусилля бажано передавати через підшипник. При русі втулки 21 поворотне кільце 29 здійснює поворот за рахунок гвинтових пазів 25 втулки 21 і своїх виступів 31, тим самим відхиляє і складає секції обода.

*Приклад 2.* Якщо на транспортному засобі немає маточини і різних приводів, крім основного, то передача зусиль можлива від провідної вісі. Для цього на вісі 22 і в циліндрику 28 нарізується різьба, накладаючи гальмо на муфту 27 при обертанні вісі, муфта (циліндрик) буде нагвинчуватися і тягнути втулку 21. При зворотному обертанні відбудеться зворотний рух втулки 21, що дозволяє відхиляти і складати секції.

*Приклад 3.* Поворотне кільце з'єднують з гідро- або електроприводом і розгортають поворотне кільце, тим самим відхиляють секції обода.

*Приклад 4.* Для важких машин – тракторів та інших можна застосувати диск зі спіраллю Архімеда, на тязі відповідна насічка, то при гальмуванні диска і обертанні вісі тяги будуть висуватися, при зворотному обертанні втягуватися.

*Приклад 5.* Для легких і водоплавних доцільніше застосувати гофровані камери, що вставляються в міждисківий простір (маються на увазі диски маточини, пов'язані з секціями). При подачі повітря в камери вони будуть відхиляти секції і створювати додаткову плавучість.

### *Робота колісного рушія*

При русі по дорогах з твердим покриттям секції обода складені і рушій працює як звичайне колесо (рис. 3.30).

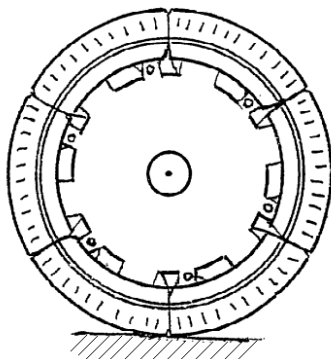


Рисунок 3.30 – Рушій в колісному варіанті

Для руху по пересіченій місцевості секції обода під впливом механізму відхилення одночасно всі відхиляються зустрічно руху і обертанню. В цьому випадку у рушія з'являється елемент крокування, чим більше кут відхилення секцій, тим більше виражений елемент крокування (рис. 3.31 *a–z*). Змінюється весь характер взаємодії рушія з ґрунтом (середовищем), рушій не просто накочується, а наступає секціями зверху вниз, відкидаючи назад, отримуючи реакцію вгору-вперед. Виникають сили, що виштовхують рушій вгору-вперед. При русі по воді на плаву

машина повинна мати попередню плавучість і не повинна занурюватися в воду не більше  $2/3$  діаметра колеса (рис. 3.31 в). Коли секундна вага води, що відкидається, перевищить вагу машини, вона вийде на поверхню і буде здійснюватися кочення по водній поверхні. При виході на твердий ґрунт секції обода складаються і рушій працює як звичайне колесо.

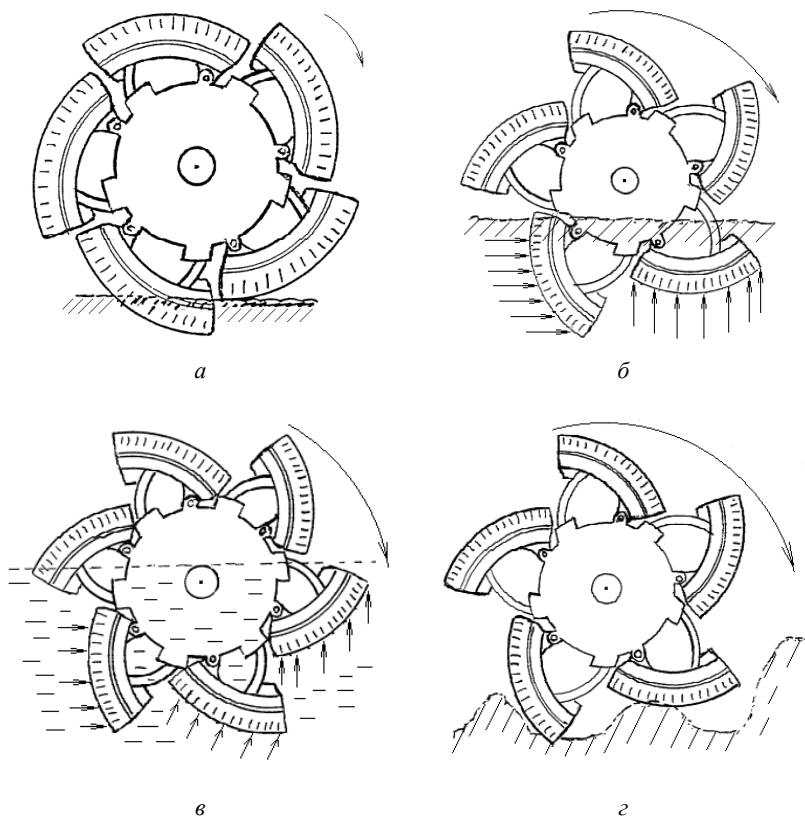


Рисунок 3.31 – Режимы роботи рушія: *а* – з відхиленими секціями на малий кут; *б* – з відхиленими секціями на великий кут; *в* – в водному середовищі; *г* – на пересіченій місцевості

### 3.7 Колісний рушій з опорними башмаками та ґрунтозачепами-штовхачами

Пропонується конструкція колісного рушія, призначеного для руху транспортних засобів по різних слабонесучим ґрунтам в умовах бездоріжжя, яка виключає викорчовування ґрунту за рахунок зміни положення опорного башмака в активному стані [36].

Рушій складається з наступних елементів (рис. 3.32):

- пневматична шина 1;
- обід 2;
- ґрунтозачеми-штовхачі 3;
- диск 4, на поверхні якого концентрично відносно його центру на відстані «а» від зовнішньої окружності рушія симетрично розташовані пальці 5 (рис. 3.33).

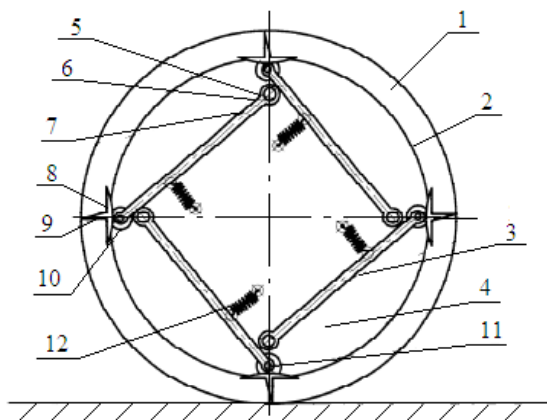


Рисунок 3.32 – Колісний рушій в неактивному стані (вид збоку):

- 1 – пневматична шина; 2 – обід; 3 – ґрунтозачеми-штовхачі; 4 – диск;  
5, 11 – палець; 6, 10 – сержка; 7 – штанга; 8 – опорний башмак з площадкою;  
9 – пластина-ґрунтозачіп; 12 – пружина

Кожен ґрунтозачіп-штовхач складається з наступних елементів:

- сержки 6 для шарнірного кріплення до пальця 5;
- штангу 7;
- опорного башмака з площадкою 8;

- пластини-грунтозачепа 9;
- серезки 10 для шарнірного кріплення на вільному кінці штанги 7 за допомогою пальця 11.

Опорний башмак може повертатися в площині, паралельній площині диска 4.

Грунтозачепа-штовхачі 3 розташовані під кутом  $\beta$  (рис. 3.33) до вісьових ліній колеса і мають довжину більшу, ніж величина «а». Кожен грунтозачіп-штовхач 3 підпружинений відносно диска 4 за допомогою пружини 12 і може повертатися відносно пальця 5 в площині диска 4 на кут, величина якого обмежена зворотною дією пружини 12.

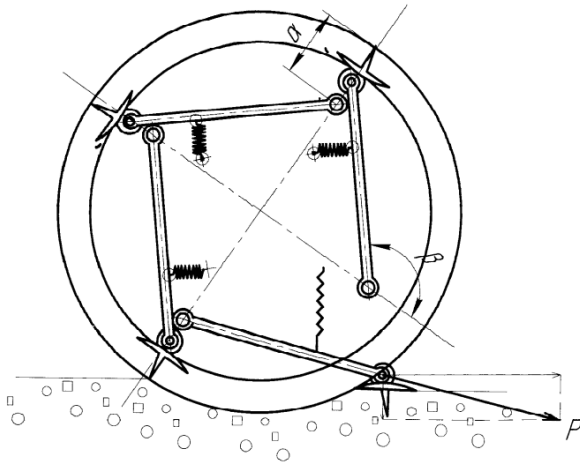


Рисунок 3.33 – Колісний рушій в русі по слабонесучому ґрунту (вид збоку)

*Колісний рушій працює наступним чином.*

При русі по твердій поверхні дорожнього покриття кожен грунтозачіп-штовхач 3 за допомогою пружини 12 знаходиться в неактивному стані так, що опорний башмак не контактує з поверхнею і впертий в торець диска 4.

При русі в умовах бездоріжжя колісний рушій занурюється в ґрунт на певну глибину таким чином, що при повороті колеса пластина-грунтозачіп 9 заглиблюється диском 4, а опорна площадка 8 розташовується горизонтально опорній поверхні ґрунту, за рахунок шарнірного з'єднання зі штангою 7.

У разі початку буксування за рахунок збільшення окружної швидкості колісного рушія ґрунтозачіп-штовхач 3 отримує додатковий момент, що призводить до тиску на ґрунт опорною площадкою 8. При подальшому повороті колісного рушія ґрунт ущільнюється під опорною площадкою 8, а пластина-ґрунтозачіп 9 перешкоджає прослизанню опорного башмака. Тим самим створюється необхідна опора для штовхаючої дії штанги 7, отримавши яку, транспортний засіб за рахунок дії горизонтальної складової сили  $P$  призупиняє буксування і рухається вперед.

При подальшому повороті колісного рушія за рахунок того, що ґрунтозачіп-штовхач 3 може повертатися відносно пальця 5 в площині, паралельній площині диска 4, дія сили  $P$  триває до тих пір, поки наступний ґрунтозачіп-штовхач 3 не отримає опору. Після цього настає момент, коли дія утримуючої сили слабшає настільки, що сила зворотної дії пружини 12 змушує ґрунтозачіп-штовхач 3 повернутися в неактивний стан, що не викорчовуючи ґрунт опорним башмаком, так як опорний башмак, за рахунок шарнірного з'єднання зі штангою 7 розташовувався горизонтально і не був заглиблений.

### **3.8 Колісний рушій з лопатями**

Колісні амфібії з водонепроникним кузовом автомобільного, човнового або понтонного типу оснащуються двома видами рушіїв. Для руху по суші в якості рушія амфібія використовує ведуче колесо автомобільного типу, поєднане з кузовом за допомогою підвіски. Такий рушій приводиться в робочий рух головним двигуном амфібії за допомогою трансмісії. Для подолання водних перешкод на днище кузова амфібії, в спеціальній ніші, розташований гребний гвинт або водометний рушій, які наводяться в робочий рух через додаткову трансмісію головним або допоміжним двигуном амфібії.

Сукупна наявність двох різних видів рушійних пристроїв з двома трансмісійними системами в одному колісному транспортному засобі:

- значно ускладнює виробничий процес виготовлення амфібії та її професійне обслуговування;
- піддає ризику експлуатаційну живучість гребного гвинта і водометного рушія при експлуатації амфібії на дорогах з



покриттям низької якості і на забруднених або неглибоких водоймах з нерівною або кам'янистою поверхнею донного ґрунту.

Пропонується конструкція єдиного універсального колісного рушія, яка об'єднує рушійні властивості автомобільного колеса, гребного гвинта і водометного рушія в єдиний компактний, багатофункціональний агрегат і може застосовуватися в колісних амфібіях, призначених для перевезення людей і вантажів по наземним і водним поверхнях [37].

Елементами конструкції рушія є (рис. 3.34–3.36):

- обід  $I$ ;
- маточина 2;
- лопать 3;
- підвіска 4;
- кожух 5;
- вхідний отвір  $d_1$ ;
- вихідний отвір  $d_2$ ;
- трубчастоподібний канал 6;
- гальмівний диск 7.

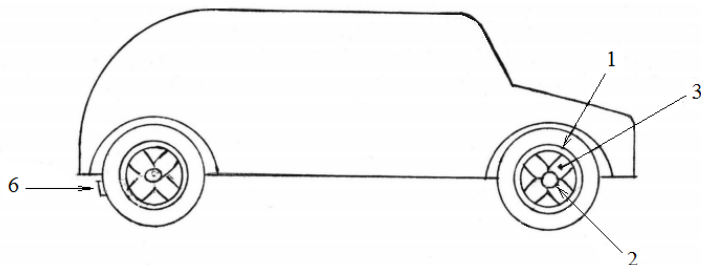


Рисунок 3.34 – Загальний вид амфібії: 1 – обід; 2 – маточина; 3 – лопать; 6 – трубчастоподібний канал

Колісний рушій здійснює рух амфібії по землі в режимі традиційного автомобільного ведучого колеса. Колісний рушій, обертаючись по землі, привозить амфібію, наприклад, до русла річки, занурює її водонепроникний, володіючий позитивною плавучістю кузов в воду і, не зупиняючись, продовжує обертатися в воді.

Обертаються в воді лопаті 3 гребного гвинта, розташовані в отворі між маточиною 2 і ободом 1 колісного рушія, починають загібати водні маси, направляючи їх через зазор між ободом і гальмівним диском 7 колеса, потім через вхідний отвір  $d_1$  всередину кожуха 5. У кожусі 5 вода за рахунок відцентрових сил, за допомогою лопатей гребного гвинта, притискаючись і розкручуючись навколо радіальної поверхні кожуха, набирає швидкість. Вода, зустрічаючи на своєму шляху трубчастоподібний канал 6, спрямовується в нього і під тиском, у вигляді реактивного струменя, через отвір  $d_2$  викидається в кормовому (кільватерному) напрямку (рис. 3.35), використовуючи водометний ефект. При цьому колісний рушій здійснює рух амфібії, наприклад, до протилежного берега річки. Амфібія, подолавши водний потік, з обертливими колісними рушіями виходить на берег і продовжує свій шлях в заданому напрямку.

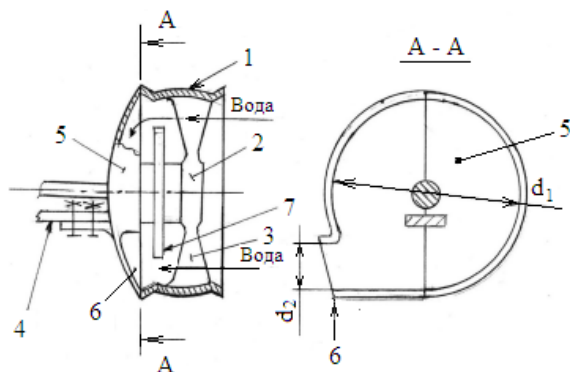


Рисунок 3.35 – Водометний вузол колісного рушія амфібії (вид збоку):  
 1 – обід; 2 – маточина; 3 – лопать; 4 – підвіска; 5 – кожух; 6 – канал; 7 – диск

Управління рушієм амфібії здійснюється на землі і по воді традиційним автомобільним способом. Швидкістю руху керують за допомогою акселератора, регулюючи подачу палива в циліндри двигуна внутрішнього згорання або подачу іншої енергії, наприклад, електричної, в електродвигун електромобіля-амфібії.

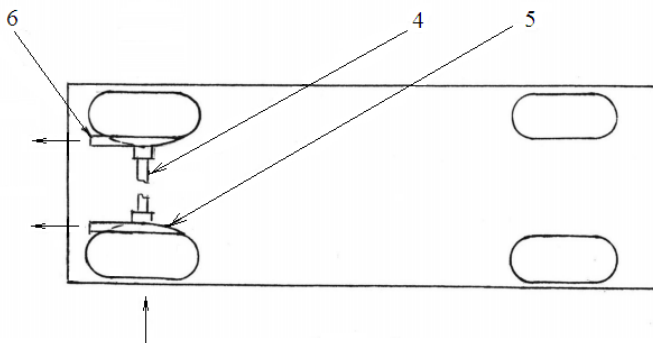


Рисунок 3.36 – Вид знизу амфібії з двома ведучими колесами в момент, коли її колісні рушії здійснюють рух амфібії по воді: 4 – підвіска; 5 – кожух; 6 – канал. Стрілками вказано напрямок руху робочих потоків води

Керування напрямком руху і на землі, і по воді здійснюється поворотом коліс за допомогою рульового пристрою. У разі, коли поворотні колеса мають ведучий привід і переобладнані в універсальний колісний рушій, управління рухом амфібії по воді стає більш ефективним (рис. 3.37).

Задній хід по воді здійснюється, як і на землі, перемиканням напрямку обертання колісних рушіїв амфібії в протилежному напрямку (рис. 3.38).

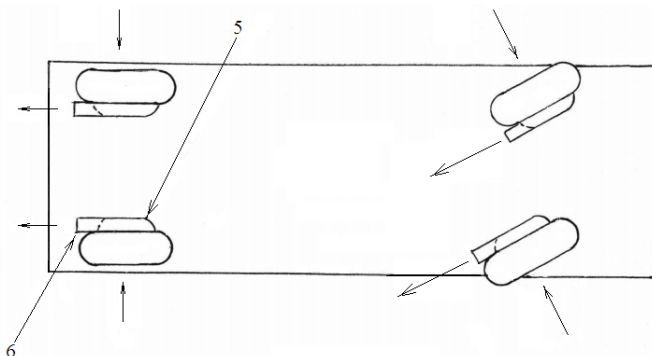


Рисунок 3.37 – Загальний вид знизу амфібії з чотирма ведучими колесами в момент її маневрування на воді за допомогою передньої пари колісних рушіїв: 5 – кожух; 6 – канал. Стрілками вказано напрямок руху робочих потоків води

Таким же способом перемикаання напрямку обертання колісних рушіїв на протилежне здійснюється гасінням швидкості амфібії до повної її зупинки на воді.

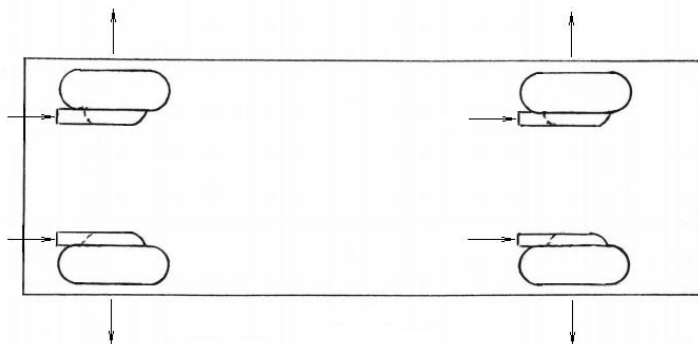


Рисунок 3.38 – Загальний вид знизу амфібії з чотирма ведучими колесами в момент її гальмування на воді або в момент маневрування в сторону заднього (кормового) напрямку

При герметизації і балансуванні позитивної плавучості, більшість моделей легкових автомобілів можуть бути перетворені в амфібії, без порушення контуру модельного дизайну (рис. 3.34) їх кузовного пристрою.

### 3.9 Точковий колісно-кроковий рушій

Пропонується крокуючий рушій, в якому реалізовані такі технічні завдання [38]:

- плавне точкове крокування по опорній поверхні;
- спрощення конструкції рушія за рахунок оригінальних технічних рішень;
- підвищення кліренсу без істотного збільшення радіусу колісно-крокових рушіїв;
- переміщення по воді і по сходових маршах.

Рушій може бути використаний для пересування керованих і автономних транспортних засобів по пересіченій місцевості, включаючи болотисті і водні перешкоди, рілля і сніговий покрив, а також в місті по сходах та іншим пороговим перешкодам, включаючи можливість ходу по неспорядкованим майданчикам біля під'їздів будинків.

Основними елементами конструкції колісно-крокового рушія є (рис. 3.39):

- три опори, як мінімум;
- вал;
- компенсатор коливань.

Опори рушія закріплені на загальному валу симетрично відносно його вісі обертання і похило один до одного, утворюючи бічні ребра уявної піраміди. Вал розташований під кутом до опорної поверхні таким чином, щоб опорної поверхні торкалися не більше двох опор від кожного колісно-крокового рушія одночасно. Також вал закріплений рухомо з можливістю поперечних рухів і кінематично пов'язаний з компенсатором коливань. Компенсатор коливань закріплений на шасі.

На рисунку 3.39 показаний колісно-кроковий рушій, вид збоку, в різних положеннях опор 1 відносно опорної поверхні 2. На кінці кожної опори знаходиться сферична п'ята 3. Опори 1 сходяться на загальному валу 4, який обертається в маточині 5. Вид збоку означає, що зображені колісно-крокові рушії при обертанні вала 4 рухаються вліво або вправо, в залежності від напрямку обертання. В іншому варіанті опори 1 можуть бути закріплені на маточині, що обертається на валу, що ніяк не змінює суті винаходу.

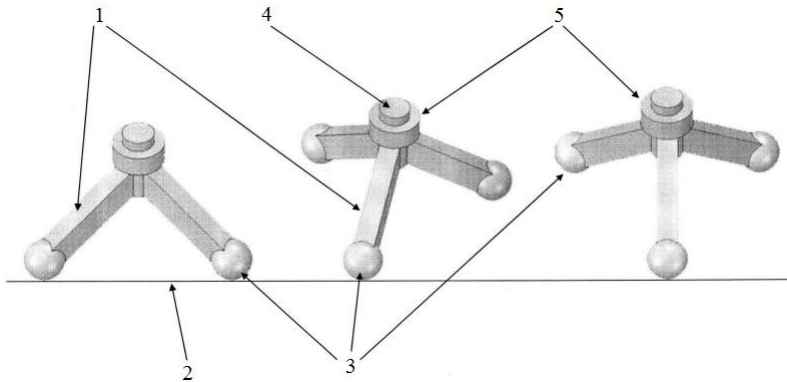


Рисунок 3.39 – Колісно-кроковий рушій в різних положеннях опор 1 відносно опорної поверхні 2 (вид збоку): 3 – сферична п'ята; 4 – загальний вал; 5 – маточина

На рисунку 3.40 показаний той же колісно-кроковий рушій відом спереду в різних положеннях опор *1* відносно опорної поверхні *2*.

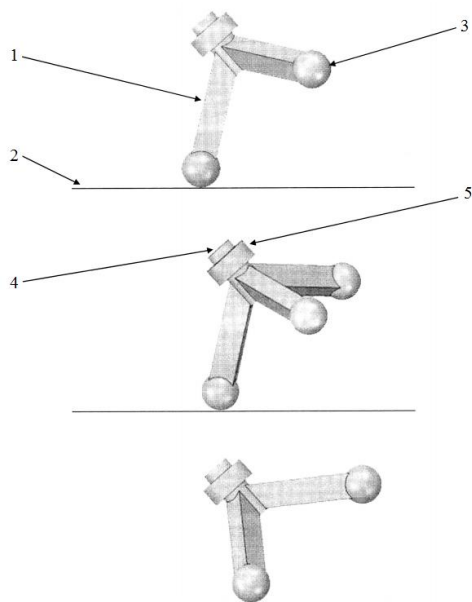


Рисунок 3.40 – Колісно-кроковий рушій в різних положеннях опор *1* відносно опорної поверхні *2* (вид спереду): *3* – сферична п'ята; *4* – вал; *5* – маточина

Найбільш оптимальна кількість опор дорівнює трьом, кут між опорами *1* дорівнює  $90^\circ$ , а кут між кожною опорою *1* і віссю обертання валу *4* дорівнює значенню  $\arccos(1/\sqrt{3})$ . В окремих випадках можливі інші варіанти кількості опор і кутів між ними, що ніяк не змінює суті винаходу.

На рисунку 3.41 показано шасі *б*, з колісно-кроковими рушіями, закріпленими до шасі *б* через компенсатори коливань *7*. Як видно, компенсатори коливань *7* дозволяють автоматично регулювати висоту валу *4* при різних положеннях опор *1*.

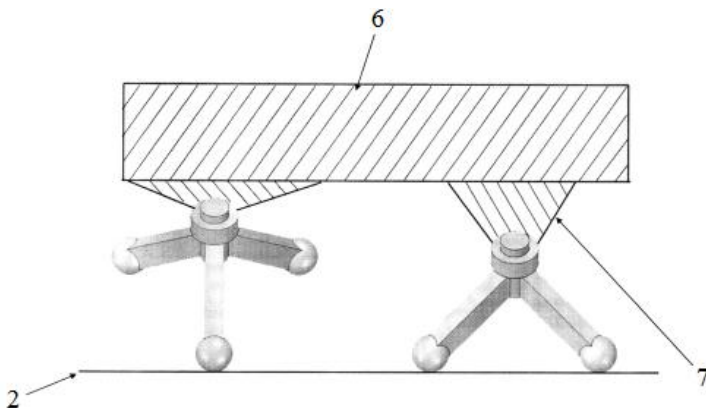


Рисунок 3.41 – Колісно-кроковий рушій, закріплений до шасі 6 через компенсатори коливань 7

На рисунку 3.42 показаний варіант компенсатора коливань в зборі з колісно-кроковим рушієм. Компенсатор коливань складається з важеля 8, що качається на нерухомій вісі 9, закріпленій на рамі 10 шасі. На вільному кінці важеля 8 закріплена маточина 5, в якій на валу 4 обертаються опори 1. Зверху на важіль 8 діє поворотна пружина 11, а знизу на важіль 8 діє кулачковий механізм 12. Кулачковий механізм 12 складається з трьох роликів 13. При цьому він обертається на валу 14, що проходить через раму 10 шасі. Вал 4 і кулачковий механізм 12 приводяться в обертання від загального приводу і обертаються синхронно з однаковою частотою, що дозволяє повністю згладити коливання вала 4. Кулачковий механізм за допомогою роликів 13 піднімає важіль 8 вгору, а поворотна пружина 11 опускає важіль 8 вниз.

В іншому варіанті кулачковий механізм в компенсаторі коливань замінений на два кривошипно-шатунних механізми, що працюють в протифазі і кінематично пов'язаних з приводом колісно-крокового рушія.

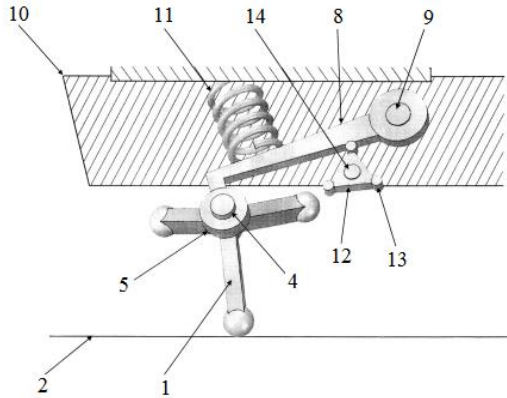


Рисунок 3.42 – Компенсатор коливань в зборі: 1 – опори; 2 – опорна поверхня; 4 – вал; 5 – маточина; 8 – важіль; 9 – нерухома вісь; 10 – рама; 11 – пружина; 12 – кулачковий механізм; 13 – ролики; 14 – вал

На рисунку 3.43 показаний третій варіант компенсатора коливань. При використанні парної кількості колісно-крокових рушіїв, кожна пара має загальний компенсатор коливань, який складається із загального важеля 15, що качається на нерухомій вісі 16, закріпленій на рамі 10 шасі. В цьому випадку, в кожній парі колісно-крокових рушіїв вали приводяться в синхронне обертання від загального приводу, а опори на даних валах встановлюють в протифазі.

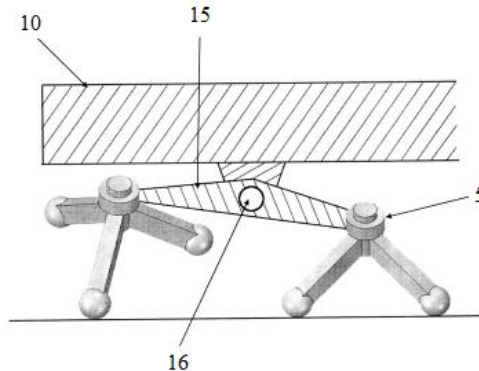


Рисунок 3.43 – Варіант компенсатора коливань в зборі: 5 – маточина; 10 – рама; 15 – загальний важіль; 16 – нерухома вісь



На рисунку 3.44 показаний варіант колісно-крокового рушія з опорними башмаками 17, натягнутими на сферичні п'яти 3 опор 1. У загальному випадку башмак 17 вільно обертається на сферичній п'яті 3.

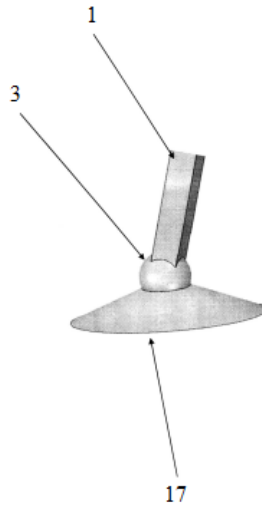


Рисунок 3.44 – Варіант колісно-крокового рушія з опорними башмаками:  
1 – опора; 3 – сферична п'ята; 17 – башмак

У деяких випадках, наприклад, якщо на шасі встановлений тільки один колісно-кроковий рушій, між башмаком 17 і опорою 1 знаходиться керований, наприклад, електродвигун з редуктором.

Механізм обертання служить для маневрування. Якщо шасі потрібно повернути, то даний механізм обертання повертає опору 1 і все шасі з нею в потрібний напрямок, при цьому башмак 17 нерухомо знаходиться на опорній поверхні. Повертання здійснюється, коли опорної поверхні стосується тільки один башмак 17. При використанні на шасі тільки одного колісно-крокового рушія, для забезпечення стійкості, на шасі встановлюється силовий гіроскоп. А стійке положення шасі в нерухомому стані забезпечується за рахунок додаткового механізму повороту вала 4 відносно рами 10 шасі в такий стан, при якому всі три опори 1 стосуються опорної поверхні 2.

В інших випадках маневрування здійснюється за рахунок повертання самих колісно-крокових рушіїв. Повертання колісно-крокової рушія здійснюється тільки тоді, коли опорної поверхні торкається одна опора даного колісно-крокової рушія. При використанні на шасі трьох або більше колісно-крокових рушіїв, для можливості маневрування використовують механізм, що приводить в одночасне і синхронне повертання в загальній площині одночасно всіх колісно-крокових рушіїв, за умови, що в даний момент кожен з них торкається опорної поверхні тільки однією опорою. При цьому самі колісно-крокові двигуни працюють синхронно. Такий спосіб маневрування дозволяє розвертатися аж до  $360^\circ$ . Якщо на опорах використовуються башмаки *17*, то башмаки, які в момент маневрування знаходяться на опорній поверхні – нерухомі на ній, а опори вільно обертаються сферичною п'ятою *3* в башмаках *17*.

Для переміщення шасі по водним опорним поверхням, опори *1* можуть бути виконані у вигляді герметичних об'ємних тел. У цьому випадку транспортний засіб зможе переміщатися по воді так само, як і по суші.

А для переміщення шасі по сходових маршах різного розміру опори виконані з можливістю зміни своєї довжини. У цьому випадку кожна опора виконана у вигляді керованого телескопічного механізму висування. Оператор або автоматика транспортного засобу визначає за допомогою приладів розміри сходів сходового маршруту – висоту і глибину, і під ці розміри підлаштовує довжину опор *1* таким чином, щоб з кожним кроком башмак *17* вставав приблизно на середину сходинки. У разі використання таких телескопічних опор, компенсатор коливань може бути виконаний у вигляді пружин, поміщених усередину кожної телескопічної опори *1*. Пружина розташована таким чином, щоб максимально висувати телескопічну опору *1*. При обертанні колісно-крокового рушія, кут положення телескопічних опор *1* відносно опорної поверхні *2* змінюється і відповідно змінюється навантаження на кожен опору. Внаслідок реакції пружини, розміщеної всередині телескопічної опори, довжина опори буде мінятися, тим самим знижуючи коливання вала колісно-крокового рушія.

### 3.10 Тягово-транспортна система з гнучко-пружними елементами

Запропоновано конструкцію рушія, в якій реалізовано процес створення сили поштовху для нетрадиційного способу переміщення, що дозволяє розширити можливий діапазон тягової динаміки тягово-транспортної системи, зменшити час на її розгін та підвищити мобільність тягово-транспортної системи [9].

Спосіб переміщення тягово-транспортної системи включає гнучко-пружні елементи 1, на якому вільні кінці 2 загнуті, а інші кінці приєднано до маточини 3 (рис. 3.45). Маточина 3 закріплена на півосі 7.

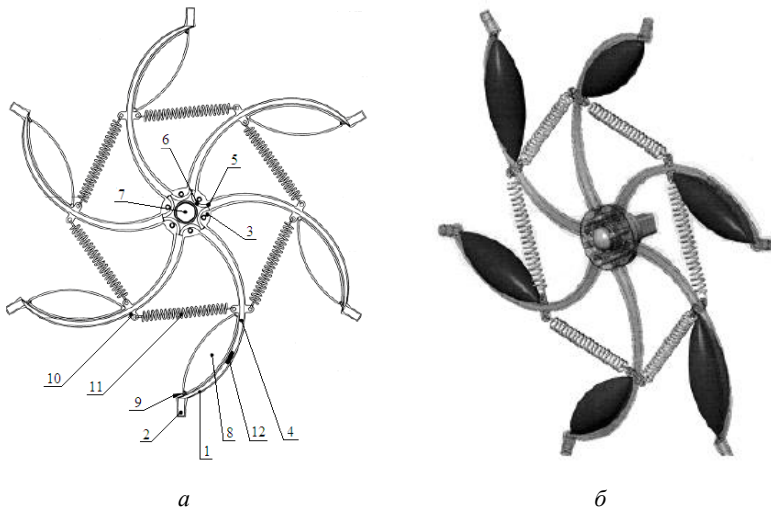


Рисунок 3.45 – Рушія з гнучко-пружними елементами:  
*a* – загальний вид: 1 – пружний елемент; 2 – вільні кінці; 3 – маточина;  
4, 6 – канал; 5 – клапан; 7 – піввісь; 8 – пневмобалон; 9 – пневмоциліндр;  
10 – кронштейн; 11 – пружини; 12 – краплина важкого металу (наприклад, ртуть); *б* – макетний зразок

Всередині гнучко-пружного елемента 1 зроблено канал 4, який через пропускний 30 клапан 5 з'єднано з перепускним каналом 6. Протилежний кінець перепускного каналу 6 з'єднано через пропускний клапан 5 з наступним гнучко-пружним елементом 1.

На гнучко-пружних елементах 1 з внутрішньої сторони жорстко встановлено пневмобалон 8 з можливістю його деформування, як в сторону зменшення так і в сторону збільшення об'єму. До вільного кінця 2 гнучко-пружного елемента 1 через пневмопривід 9 під'єднаний пневмобалон 8. Гнучко-пружні елементи 1 за допомогою кронштейнів 10, пружинами 11 зв'язані між собою. Всередині канал 4 гнучко-пружного елемента 1 розміщена краплина 12 важкого металу (наприклад, ртуті), яка знаходиться в зоні дії пневмобалона 8, тобто вона не опускається у вільний кінець 2 гнучко-пружного елемента 1.

*Робочий процес переміщення тягово-транспортної системи здійснюється таким чином.*

До півосі 7 від трансмісії (на кресленні не показана) підводиться крутний момент. При цьому маточина 3 разом з гнучко-пружними елементами 1 починає обертатись. В зоні дотикання з опорною поверхнею гнучко-пружний елемент 1 починає деформуватися (згинатися) і одночасно стискає пневмобалон 8.

Стиснуте у пневмобалоні 8 повітря через пневмопровід 9 тисне на краплину 12, яке переміщує її по каналу 4. Обертання тягово-транспортної системи приводить до вивільнення вільного кінця 2 гнучко-пружного елемента 1 з зони контакту та здійсненню поштовху в напрямку руху краплини 12.

Одночасна дія пневмоудару та сили поштовху на краплину 12 примушує її потрапити у перепускний канал 6 й відкрити пропускний клапан 5 та опинитися в наступному каналі 4 гнучко-пружного елемента 1.

Пружиною 11 забезпечують гасіння коливань між деформованого гнучко-пружного елемента 1 і передачі енергії деформованого гнучко-пружного елемента 1 до недеформованого гнучко-пружного елемента 1.

Таким чином, у тягово-транспортній системі поєднуються сила поштовху та сила пневмоудару, при цьому їх сумісна дія спрямовується на переміщення краплини важкого металу, кінетичну енергію якої прикладають до наступної фази обертання гнучко-пружного елемента.

### 3.11 Колісний рушій з системою пластинчатих ґрунтозачепів

Запропоновано конструкцію колісного рушія, що забезпечує відсутність відхилення дійсної траєкторії руху машини за рахунок використання системи пластинчатих ґрунтозачепів, які занурюються в ґрунт на відповідну глибину, внаслідок чого запобігають бічному уводу та збільшують коефіцієнт зчеплення колісного рушія з ґрунтом [39]. Тобто елементи такого рушія представляються системою стабілізації траєкторії руху машини.

Система стабілізації траєкторії руху землерийно-транспортних машин являє собою механічну систему, установлену на колеса.

Механічна система включає в себе:

- пневматичну шину;
- обід;
- пластинчасті ґрунтозачеми;
- диск, на поверхні якого симетрично розташовані пальці.

Кожен пластинчастий ґрунтозачіп містить:

- сережку;
- штангу;
- опорний башмак.

Ґрунтозачеми мають Т-подібну форму, які як наслідок зменшують бічний зсув, збільшують коефіцієнт зчеплення з ґрунтом і тим самим збільшують силу тяги, стабілізують траєкторію руху машини.

На рисунку 3.46 зображений ґрунтозачіп, який виконує дві функції завдяки своїй формі. Поверхня «А» – запобігає бічному уводу, а поверхня «Б» – збільшує коефіцієнт зчеплення з ґрунтом і тим самим збільшує силу тяги.

На рисунку 3.47 зображено схему автогрейдера, на якій пояснюється як компенсується бокова сила.

На рисунку 3.48 зображено колісний рушій в неактивному стані, профільний вид.

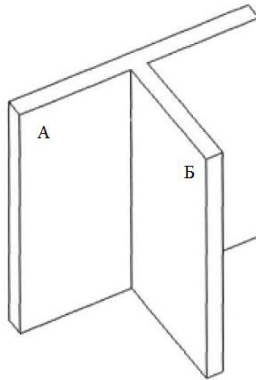


Рисунок 3.46 – Ґрунтзачіп

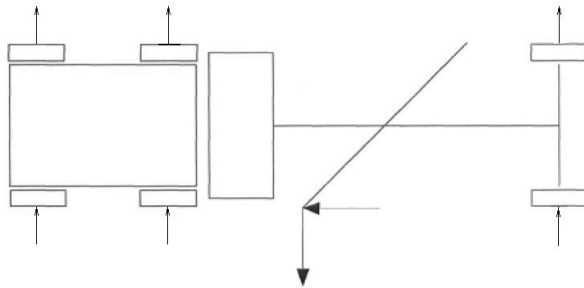


Рисунок 3.47 – Схема автогрейдера

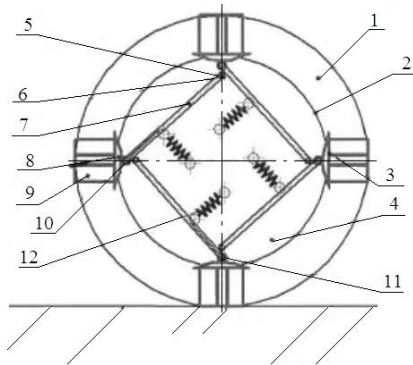


Рисунок 3.48 – Колісний рушій в неактивному стані, профільний вид:  
 1 – пневматична шина; 2 – обід; 3 – ґрунтзачепи; 4 – диск; 5, 11 – пальці;  
 6, 10 – сорежка; 7 – штанга; 8 – майданчик; 9 – пластина; 12 – пружина

На рисунку 3.49 зображений колісний рушій при русі машини, профільний вигляд.

Колісний рушій містить пневматичну шину 1, обід 2, пластинчасті ґрунтозачепи 3, диск 4, на поверхні якого концентрично відносно його центру на відстані « $a$ » від зовнішнього кола рушія симетрично розташовані пальці 5 (рис. 3.49).

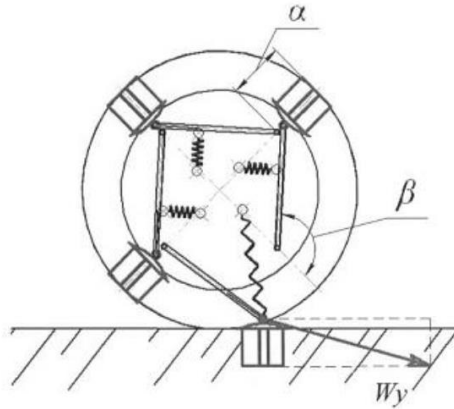


Рисунок 3.49 – Колісний рушій при русі машини, профільний вид

Кожен пластинчастий ґрунтозачіп складається з сережки 6 для шарнірного кріплення до пальця 5, штанги 7 і опорного башмака, який містить майданчик 8, жорстко встановлену перпендикулярно до нього пластину 9 і сережку 10 для шарнірного кріплення на вільному кінці штанги 7 пальцем 11.

Опорний башмак може повертатися в площині, паралельній площині диска 4.

Пластинчасті ґрунтозачепи 3 розташовані під кутом  $\beta$  до осевих ліній колеса і мають довжину, більшу, ніж величина « $a$ ». Кожен пластинчастий ґрунтозачіп 3 підпружинений відносно диска 4 за допомогою пружини 12 і може повертатися відносно пальця 5 в площині диска 4 на кут, величина якого обмежена зворотною дією пружини 12.

*Колісний рушій працює наступним чином.*

При русі по твердій поверхні дорожнього покриття кожен пластинчастий ґрунтозачіп 3 за допомогою пружини 12 знаходиться в неактивному стані так, що опорний башмак не контактує з поверхнею та зістикований з торцем диска 4.

При русі по ґрунтових поверхнях колісний рушій занурюється в ґрунт на певну глибину таким чином, що при повороті колеса пластина 9 заглиблюється диском 4, а опорний майданчик 8 розташовується горизонтально до опорної поверхні ґрунту, за рахунок шарнірного з'єднання зі штангою 7.

У разі початку буксування за рахунок збільшення окружної швидкості колісного рушія пластинчастий ґрунтозачіп 3 отримує додатковий момент, що призводить до тиску на ґрунт опорним майданчиком 8. При подальшому повороті колісного рушія ґрунт ущільнюється під опорним майданчиком 8, а пластина 9 перешкоджає прослизанню опорного башмаку, тим самим створюючи необхідну опору для штовхаючої дії штанги 7, отримавши яку, транспортний засіб за рахунок дії горизонтальної складової сили  $W_y$  призупиняє буксування і за рахунок площі пластини, занурюючись у ґрунт, виникає утримуюча сила, діюча на колісний рушій.

При подальшому повороті колісного рушія за рахунок того, що пластинчастий ґрунтозачіп 3 може повертатися відносно пальця 5 в площині, паралельній площині диска 4, дія сили  $W_y$  триває 5 до тих пір, поки наступний пластинчастий ґрунтозачіп 3 не отримає опору. Після цього настає момент, коли дія утримуючої сили слабшає настільки, що сила зворотної дії пружини 12 змушує пластинчастий ґрунтозачіп 3 повернутися в неактивний стан.

Розроблена корисна модель може бути використана для стабілізації руху автогрейдера під час виконання робочих операцій, а також для землерийно-транспортних машин з колісним ходовим обладнанням.



## Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які основні елементи входять до складу рушія з опорними башмаками?
2. За рахунок чого здійснюється крокуючий режим руху при використанні рушія з опорними башмаками?
3. З яких основних частин складається колесо з опорними стійками? (Рекомендується не підглядати на підписанні надписи).
4. У чому полягає особливість переміщення рушія з опорними стійками?
5. Що собою представляє привід опорних стійок крокуючого колеса?
6. За рахунок чого можливо здійснювати регульовану зміну діаметра колеса?
7. Які функції виконує осциляторний колісний рушій?
8. У чому полягає принцип здійснення робочих процесів при роботі осциляторного колісного рушія?
9. У чому полягає принцип дії колісного рушія, що перекочується?
10. З яких частин складається колісний рушій, що перекочується? (Рекомендується не підглядати на підписанні надписи).
11. Які функції виконує опорно-привідний пристрій колісного рушія, що перекочується?
12. В яких режимах може працювати колісний рушій з секціями пневматичних шин?
13. За рахунок чого секції колісного рушія, наведеного на рисунку 3.26, змінюють своє положення?
14. З яких елементів складається пневматична секція колісного рушія, наведеного на рисунку 3.27? (Рекомендується не підглядати на підписанні надписи).
15. З яких елементів складається ґрунтозачіп рушія, наведеного на рисунку 3.32? (Рекомендується не підглядати на підписанні надписи).
16. Які положення може займати ґрунтозачіп-штовхач при роботі рушія, наведеного на рисунках 3.32 і 3.33?

17. У чому полягають відмінності конструкції рушіїв, які наведені на рисунках 3.33 і 3.48?

18. За рахунок яких частин виконано водометний вузол колісного рушія з лопатями?

19. Які елементи входять до складу точкового колісно-крокуючого рушія?

20. Яку функцію виконують компенсатори коливань в конструкції точкового колісно-крокуючого рушія?

21. Якими елементами представляється тягово-транспортна система з гнучко-пружними елементами?

22. У чому полягає принцип дії системи з гнучко-пружними елементами?

23. Що поєднує, на Вашу думку, конструкції рушіїв, які наведено на рисунках 3.1 і 3.31?

24. В яких розглянутих конструкціях використовуються ґрунтозачеми? Сформулюйте назви рушіїв.

25. Які з розглянутих конструкцій можуть виконувати функції водохідного рушія? Сформулюйте їх назви.

## 4 РУШІЙ У СКЛАДІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ (БАГАТОКОЛІСНІ РУШІЙ)

### 4.1 Рушій з парою коліс на повздовжніх важелях балансірної підвіски

Запропоновано технічні рішення для транспортного засобу високої прохідності, які забезпечують [40]:

- підвищення рівня профільної прохідності за рахунок забезпечення різного виду узгодженого переміщення коліс різних пар або коліс однієї пари, що забезпечує підвищення маневреності, і вибір необхідного характеру переміщення коліс (ходи транспортного засобу, що підбираються для конкретного профілю місцевості);

- зменшення габаритних розмірів в транспортувальному положенні шляхом забезпечення можливості складання коліс в межах мінімальних габаритних розмірів транспортного засобу.

Транспортний засіб високої прохідності включає наступні елементи конструкції (рис. 4.1):

- раму 1;
- першу пару коліс 2 і 3;
- другу пару коліс 4 і 5;
- вали 6, 9;
- поздовжні важелі 7, 8, 10, 12 балансірної підвіски;
- приводи переміщення коліс 13, 14;
- зубчастий диференційний механізм 15.

У пасивному режимі диференційний механізм 15 забезпечує адаптивність прилягання коліс до поверхні ґрунту (тобто зрівнює навантаження на ґрунт з боку різних коліс, виключаючи можливість опори транспортного засобу на три колеса). При активному режимі диференційний механізм забезпечує крокуючий режим руху коліс 4 і 5.

На одному кінці кожного поздовжнього важеля 7, 8, 10, 12 балансірної підвіски відповідно встановлені двигуни 16 для переміщення коліс 2–5 у ведучому режимі кочення.

Зубчастий диференційний механізм 15 виконаний у вигляді планетарної передачі з сонячними зубчастими, наприклад, конічними колесами 17 і 18, які знаходяться в зачепленні з сателітом, який встановлений на корпусі 19 з внутрішньої сторони.

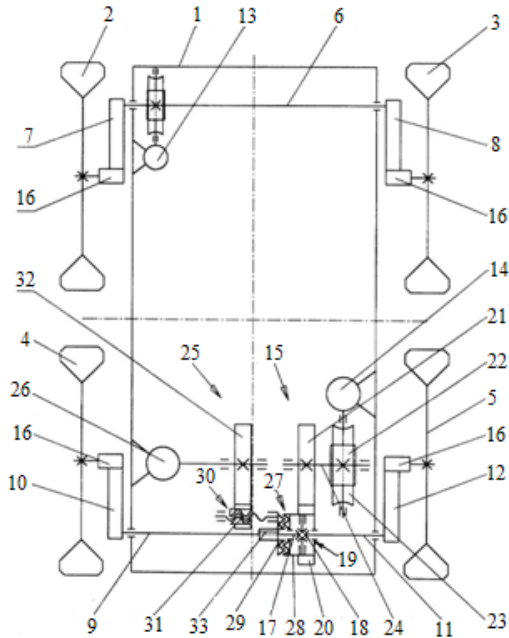


Рисунок 4.1 – Кінематична схема приводу рушіїв:

1 – рама; 2, 3 – перша пара коліс; 4, 5 – друга пара коліс; 6, 9, 11 – вали;  
 7, 8, 10, 12 – поздовжні важелі; 13 – перший привід; 14 – другий привід;  
 15 – диференційний механізм; 16 – двигуни; 17, 18 – колеса; 19 – корпус;  
 20, 21 – зубчасті колеса; 22 – черв'як; 23 – черв'ячне колесо; 24 – проміжний вал;  
 25 – засіб блокування; 26 – привід управління; 27 – зубчаста зчіпна муфта;  
 28 – перше зубчасте колесо; 29 – друге зубчасте колесо; 30 – зубчаста передача;  
 31 – гвинтова пара; 32 – зубчаста пара; 33 – цапфа муфти

На зовнішній циліндричній поверхні корпусу 19 розташований вінець зубчастого колеса 20, що утворює зубчасту пару з колесом 21.

Привід 14 кінематично пов'язаний через черв'як 22, черв'ячне колесо 23, проміжний вал 24, зубчасте колесо 21 і зубчасте колесо 20 з корпусом 19 зубчастого диференціального механізму 15. Такий кінематичний зв'язок призначений для переміщення коліс в режимі крокуючого руху.

Сонячне зубчасте конічне колесо 17 зубчастого диференціального механізму 15 встановлено на кінці вала 9 з протилежного боку від поздовжнього важеля 10 балансірної підвіски.

Сонячне зубчасте конічне колесо 18 зубчастого диференціального механізму 15 встановлено на кінці вала 11 з протилежного боку від кожного поздовжнього важеля 12 балансірної підвіски.

Конічні колеса 17 і 18 змонтовані в корпусі 19 зубчастого диференціального механізму 15 так, що мають загальну геометричну вісь, яка збігається з геометричними осями валів 9 і 11.

Зубчастий диференціальний механізм 15 забезпечений засобом блокування 25 ведучої ланки – корпусу 19 відносно веденої ланки – сонячного зубчастого конічного колеса 18.

Засіб блокування 25 складається з наступних частин:

- приводу управління 26;
- зубчастої зчпної муфти 27 з торцевим зачепленням першого зубчастого колеса 28 і другого зубчастого колеса 29;
- зубчастої передачі 30, що складається з гвинтової пари 31 і зубчастої пари 32.

Перше зубчасте колесо 28 муфти 27 жорстко пов'язане з корпусом 19, а її друге зубчасте колесо 29 встановлено на шліцах вала 9 з можливістю осевого переміщення.

Перший привід 13 призначений для розгортання важелів 7 і 8 першої пари коліс 2 і 3.

Другий привід 14 призначений для розгортання важелів 10 і 11 другої пари коліс 4 і 5 положення балансірної підвіски з компактного положення (рис. 4.2, 4.3) в робоче положення.

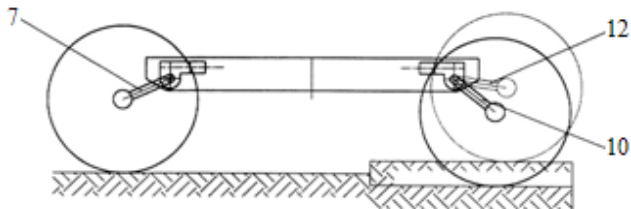


Рисунок 4.2 – Схема стабілізації при розгорнутому положенні балансірів коліс: 7, 10, 12 – поздовжні важелі

При включенні тільки двигунів *16* здійснюється звичайний режим руху рами *1* транспортного засобу в ведучому режимі кочення.

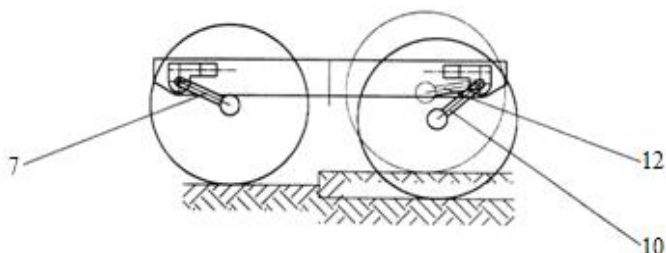


Рисунок 4.3 – Схема стабілізації при компактному положенні балансирів коліс: 7, 10, 12 – поздовжні важелі

При переході на крокуючий режим руху потрібне встановлення важелів 7, 8, 10, 11 в однозначне положення відносно рами *1*.

При включенні тільки приводів *13* і *14* здійснюється режим крокуючого руху рами *1* транспортного засобу при індивідуальній послідовності блокування двигунів *16*.

Наявність двох пар коліс *2, 3, 4, 5* спільно з важелями *7, 8, 10, 11* балансирної підвіски дозволяє транспортному засобу реалізувати різні ходи, вибір яких залежить від висоти перешкод на ґрунті і цілі пересування (одночасне переміщення пари коліс або по чергове переміщення коліс пари).

Включення засобу блокування корпусу *19* зубчастого диференціального механізму *15* відносно конічного колеса *17* від приводу *25* управління дозволяє транспортному засобу долати більш високі перешкоди при русі по пересіченій місцевості, який внаслідок цього володіє більш високою прохідністю.

Можливість розташування поздовжніх важелів балансирних підвісок різних пар коліс назустріч один одному забезпечує високу маневреність за рахунок мінімального радіуса повороту транспортного засобу і мінімальний розмір при його транспортуванні до місця призначення.

В цілому транспортний засіб дозволяє вибрати найбільш вигідний для даного рельєфу місцевості режим пересування, що в

максимальному ступені буде сприяти виконанню поставленого завдання, особливо якщо врахувати, що подібні транспортні засоби призначені, як правило, для роботи з дистанційним управлінням, коли оператор далеко не завжди може точно визначити характер подоланих перешкод.

Схема подолання перешкод наведена на рисунку 4.4.

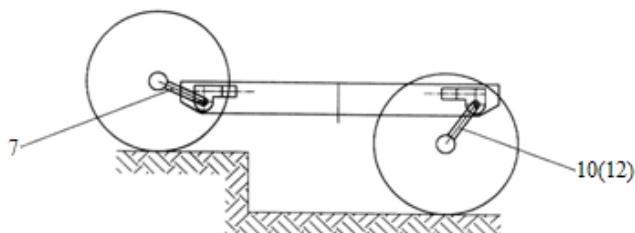


Рисунок 4.4 – Схема подолання перешкоди: 7, 10, 12 – поздовжні важелі

## 4.2 Крокуючий рушій транспортного засобу

Запропонована конструкція крокуючого рушія транспортного засобу дозволяє підвищити його прохідність [41].

Види транспортного засобу представлені на рисунках 4.5 *а, б*.

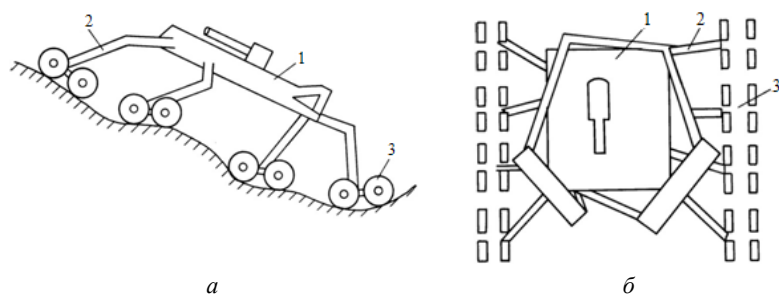


Рисунок 4.5 – Транспортний засіб: *а* – загальний вид збоку; *б* – загальний вид зверху; 1 – корпус; 2 – крокуючі рушії; 3 – колеса

Транспортний засіб містить корпус 1 з силовою установкою всередині і побортно розташовані крокуючі рушії 2 з колесами 3.

Кожен крокуючий рушій 2 містить (рис. 4.6):

- захисний чохол 4 з тканини кевлару;
- порожнисті металеві, наприклад, трубчасті секції 5;

- порожнисті шарніри 6;
- чотири силових елемента 7 у вигляді ремня для управління положенням кожної секції 5;
- гумові камери 8.

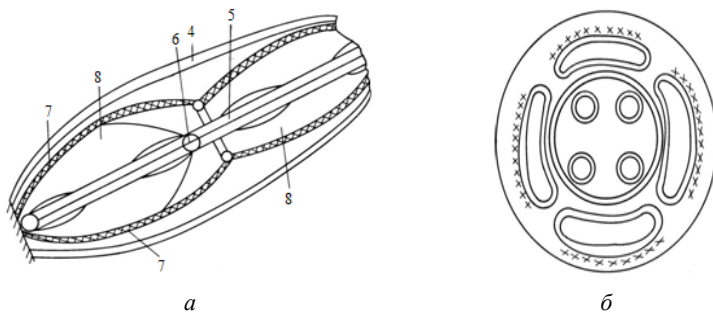


Рисунок 4.6 – Крокуючий рушій: *a* – поздовжній розріз; *б* – поперечний розріз; 4 – захисний чохол; 5 – трубчасті секції; 6 – порожнисті шарніри; 7 – силові елементи; 8 – гумові камери

При цьому в порожнинах секції 5 і шарнірів 6 розташовані гідрошланги 9 управління, які підключені відповідно до гумових камер 8 і до силових установок.

На вільному кінці крайньої секції 5 рушія 2 рухомо встановлена каретка 10 (рис. 4.7 *a, б*) з чотирма колесами 3, які розташовані на двох осях попарно, з загальним гідравлічним приводом 11 в кожній парі. Каретка 10 має можливість повороту навколо центральної вісі 12 на заданий кут в межах 0–90° в обидві сторони.

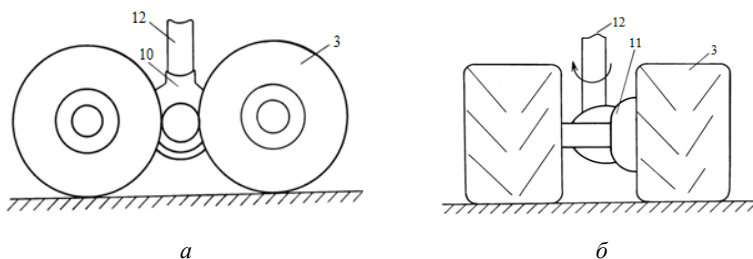


Рисунок 4.7 – Каретка з колесами: *a* – загальний вид збоку; *б* – вид спереду; 3 – колеса; 10 – каретка; 11 – гідравлічний привод; 12 – центральна вісь



*Транспортний засіб працює наступним чином.*

Двигун внутрішнього згорання надає рух гідравлічному компресору.

Гідрокомпресор забезпечує необхідний тиск оливи в гумових порожнинах 8 і гідромоторах 11 кареток 10. При заданій програмі бортового комп'ютера або прямого управління водія транспортного засобу крокуючий рушій може прийняти будь-яку форму.

До відповідних гумовим порожнинам 8 через шланги управління 9 подається олива під тиском.

Відповідна гума порожнина 8 розширюється і переміщає ремінь 7 від трубчастої секції 5. У свою чергу ремінь 7 тягне подальшу секцію. При використанні цього методу крокуючий рушій можна застосовувати як ноги для подолання перешкод глибиною або висотою до 6 метрів, що показано на рисунку 4.5.

При переміщенні по відносно рівній поверхні транспортний засіб використовує каретки 10 з колесами 3 як звичайний транспортний засіб.

Гідрокомпресор забезпечує гідромотор 11 оливою високого тиску, в свою чергу гідромотор 11 приводить в рух колеса 3. При переміщенні каретки 10 кожного крокуючого рушія 2, навколо центральної вісі 12 на заданий кут, транспортний засіб може міняти напрямки руху. При цьому транспортний засіб не буде підставляти борти вогню противника. Транспортний засіб може переміщатися уздовж фронту атаки, при цьому зберігаючи своє становище.

Захисний чохол 4 з куленепробивної тканини кевлар захищає крокуючий рушій 2 проти куль, осколків, мін або снарядів. При пошкодженні коліс 3, каретки 10 або всього крокуючого рушія 2 транспортний засіб може відстрілювати каретку 10 або крокуючий рушій 2.

Кожен крокуючий рушій 2 або мотор 11 каретки 10 має достатню потужність, щоб витягнути транспортний засіб з поля бою, навіть з огляду на те, що транспортний засіб буде мати тільки один крокуючий рушій 2.

### 4.3 Колісно-крокуючий рушій з тандемними колесами

Запропоновано конструкцію колісно-крокуючого транспортного засобу (рис. 4.8) [42].

Транспортний засіб складається з наступних частин:

- корпус 1;
- чотири пари тандемно розташованих коліс 2, 3 – опори;
- балансири 4, 5;
- приводи балансирів;
- чотири спарених гідروциліндра 6 з поршнями 7 і штоками-вісями 8.

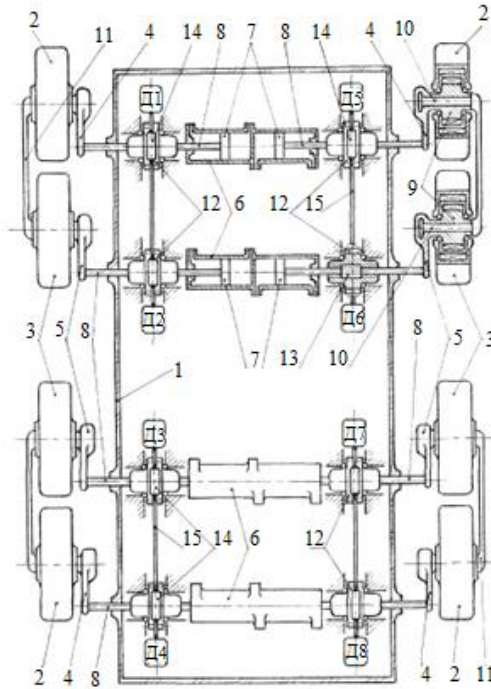


Рисунок 4.8 – Розріз транспортного засобу по сумісним в одній площині осям основ балансирів і коліс: 1 – корпус; 2, 3 – колеса; 4, 5 – балансири; 6 – гідроциліндри; 7 – поршні; 8 – штоки-вісі; 9 – маточини; 10 – поворотні вісі; 11 – поворотні важелі; 12 – черв’ячні колеса; 13 – рухливі шліцьові з’єднання; 14 – черв’яки; 15 – вали

Маточини 9 коліс 2, 3 мають вільні в окружному напрямку поворотні вісі 10, попарно тандемно жорстко пов'язані поворотними важелями 11.

Привід балансирів 4, 5 здійснюється за допомогою черв'ячних передач, що складаються з:

- черв'ячних коліс 12, що взаємодіють за допомогою рухомих шліцьових з'єднань 13 зі штоками-осями 8;

- черв'яків 14, попарно тандемно жорстко пов'язаних валами 15 і забезпечених індивідуальними приводними електродвигунами Д1, Д2, Д3, Д4, Д5, Д6, Д7, Д8.

Кожна опора транспортного засобу складається з двох тандемно розташованих коліс 2, 3.

Компонування наведених елементів конструкції обумовлює такі переважні відмінні риси:

- використовуються колеса 2, 3 (мотор-колеса) меншого діаметру і ваги. Знижується центр ваги транспортного засобу, підвищується надійність – рух (з меншою швидкістю) можливий при виході з ладу кількох коліс 2, 3. Немає гострої необхідності в запасному колесі, а при наявності колеса воно має менший об'єм і вагу;

- підвищується прохідність через менші навантаження на колеса 2, 3, послідовно меншого опору руху других, третіх і четвертих коліс 2, 3, які йдуть по сліду першого колеса 2. Істотно збільшується можлива ширина подоланих ровів і ям;

- підвищується швидкість руху і плавність ходу через нівелювання нерівностей дороги, меншої жорсткості підвіски і величини безпружинних мас коліс 2, 3;

- підвищується ефективність і надійність гальмування через велику кількість коліс (більше місць контактів коліс з дорогою і краще їх охолодження) і відсутність аквапланування у більшості коліс при русі з великою швидкістю по мокрій дорозі;

- наявність в кожній опорі двох тандемно розташованих коліс 2, 3, пов'язаних поворотним важелем 11, забезпечує при повороті можливість знаходження коліс 2, 3 одного борта в одній колії, шляхом їх осьового переміщення з кутовим курсовим зміщенням кожного колеса 2, 3;

– наявність коліс 2, 3 з кожного борту з щитками-обтікачами на кожній тандемній парі коліс 2, 3 підвищує безпеку транспортного засобу при бічному зіткненні.

Поворот з усіма керованими колесами 2, 3 характеризується порівняно малими кутами їх повороту. При русі по бездоріжжю найбільший опір відчуває перше колесо 2, що прокладає колію, і послідовно менші опори – інші колеса, що рухаються по цій колії. При повороті найбільш сприятливим є знаходження коліс 2, 3 одного борта в одній колії.

Для повороту олива під тиском подається до відповідних порожнин гідроциліндрів 6, а з протилежних порожнин олива відводиться на злив в бак. Зусилля від поршнів 7 через штоки-вісі 8 передаються на балансири 4, 5 з колесами 2, 3, одні з тандемних коліс 2, 3 переміщуються до борту, інші – від борта (рис. 4.9). Можливе повне потрапляння всіх коліс 2, 3 одного борта в одну колію.

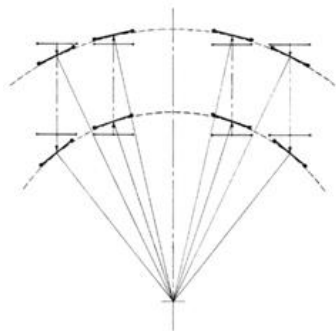


Рисунок 4.9 – Схема повороту транспортного засобу на бездоріжжі

Зв'язок тандемних коліс 2, 3 за допомогою поворотного важеля 11 призводить до пружних деформацій поворотних важелів 11, балансірів 4, 5, штоків-осей 8 і бортів корпусу 1, в результаті чого колеса 2, 3 отримують кутовий зсув, що сприяє повороту транспортного засобу. Величина кутового зміщення кожного колеса 2, 3 залежить від осьових переміщень тандемних коліс 2, 3 і від відносної жорсткості деталей 1, 4, 5, 8, 11.

При повороті, при осьовому відносному переміщенні тандемних коліс 2, 3 відстань між місцями кріплення поворотного важеля 11 «збільшується». При крутих поворотах, при великих осьових зсувах тандемних коліс 2, 3 можливі небезпечні напруги в деталях. Для зменшення напруг здійснюється зближення тандемних коліс 2, 3 шляхом повороту їх балансирів 4, 5 один до одного, за допомогою індивідуальних електродвигунів, наприклад, Д1 і Д2. При цьому їх сполучний вал 15 (малого діаметра і великої довжини) закручується на деякий кут.

Після закінчення повороту олива під тиском надходить в протилежні порожнини гідроциліндрів 6 і колеса 2, 3 повертаються в нейтральне положення.

Враховуючи можливість наявності пружних деформацій в деталях шасі, колеса 2, 3 встановлені на кулькових підшипниках.

Поворот і обертання тандемних балансирів 4, 5 здійснюються спареними електродвигунами Д1 і Д2, Д3 і Д4, Д5 і Д6, Д7 та Д8 за допомогою черв'ячних передач 12, 14 і рухливих шліцьових з'єднань 13.

Кероване балансірне підвищування коліс конструктивно обумовлює такі відмінні риси:

- при повороті на великій швидкості можливий нахил корпусу 1 – підйом зовнішнього і опускання внутрішнього бортів по відношенню до полюса повороту, здійснюваний шляхом повороту балансирів 4, 5 з колесами 2, 3 відповідних бортів. Це збільшує поперечну стійкість і швидкість проходження повороту транспортного засобу;

- при великих кутах повороту можливо зближення тандемних коліс 2, 3 для зменшення напружень в деталях 1, 4, 5, 8, 11 шляхом кутового зміщення тандемних балансирів 4, 5 за допомогою спарених електродвигунів Д1 і Д2, Д3 і Д4;

- можливий припідйом зовнішніх коліс 2, що полегшує і прискорює поворот на місці шляхом обертання внутрішніх коліс 3 кожного борта в протилежні сторони;

- при виході із ладу будь-якого електродвигуна Д поворот і обертання балансирів 4, 5 забезпечує спарений електродвигун, при цьому підвищується надійність приводу;

- шляхом управління роботою електродвигунами Д можливе створення активної підвіски.

Передня і задня пари сумішених гідроциліндрів 6 спільно зі штоками-осями 8, балансирами 4, 5, колесами 2, 3 і поворотними важелями 11 утворюють силові кільця, які спільно з корпусом 1 добре протистоять зовнішнім впливам.

Тандемні балансири 4, 5 рівні по довжині і паралельні, кінематично пов'язані за допомогою спарених черв'ячних передач 12, 14 і спільно з колесами 2, 3 і поворотним важелем 11 утворюють шарнірний паралелограм. Його зміна положення і обертання здійснюється двома електродвигунами, наприклад, Д1 і Д2. При цьому поворотний важіль 11 зберігає горизонтальне положення, завдяки чому на ньому можлива установка щитка-обтічника тандемної пари коліс 2, 3.

Тандемні пари коліс 2, 3 незалежні один від одного і при повороті на бездоріжжі. Кожне колесо 2, 3 за допомогою свого гідроциліндра 6 встановлюється в колію свого борту, при цьому колеса 2, 3, завдяки поворотному важелю 11 отримують кутовий зсув, що сприяє повороту транспортного засобу. Додатково керованість може бути поліпшена за рахунок різниці обертів обертання мотор-коліс 2, 3 кожного борту.

Залежно від умов руху можливо, при нормально керованих передніх тандемних колесах 2, 3, мати найбільш сприятливі кути повороту задніх тандемних коліс 2, 3. Це можливо здійснювати з запізненням або блокувати поворот задніх тандемних коліс 2, 3.

При повороті на асфальті, бетоні можливий кутовий зсув тандемних балансирів 4, 5 з відривом внутрішніх тандемних коліс 3 від полотна дороги і опорою тільки на передні і задні колеса 2.

Оптимальна керованість транспортного засобу забезпечується при найпоширеніших кутах повороту коліс 2 шляхом їх повороту поворотними важелями 11 з внутрішніми, середніми колесами 3, які не контактують з дорогою, але які можуть обертатися без навантаження з оборотами ведучих коліс 2.

При русі по хорошій дорозі забезпечується нормальна керованість транспортного засобу, а при великій швидкості – додаткова стійкість на поворотах за рахунок нахилу корпусу 1. При їзді по бездоріжжю забезпечується двоколіїний шлях навіть на повороті, підвищується прохідність ТЗ, зменшується потрібна потужність двигуна.

Кінематичний зв'язок балансирів 4, 5 з колесами 2, 3 за допомогою черв'ячних передач 12, 14 дозволяє здійснювати підйом або обертання будь-якої пари тандемних коліс 2, 3, або двох пар, або всіх пар. При цьому:

- підвищуються кути подоланих підйомів, спусків, косогорів;
- забезпечується висота корпусу 1, зручна для вантаження-вивантаження;
- забезпечується змінний кліренс.

Подолання важких ділянок шляху (бруд, сніг) можливе шляхом обертання будь-якої пари тандемних балансирів 4, 5 з загальмованими колесами 2, 3 або поперемінного обертання діагонально розташованих тандемних пар балансирів, або синхронного обертання всіх балансирів 4, 5.

Можлива зміна бази транспортного засобу. На рисунку 4.8 довжина бази – середня. При повороті передніх тандемних балансирів 4, 5 на  $180^\circ$  – довжина бази мінімальна. При повороті задніх тандемних балансирів 4, 5 на  $180^\circ$  – довжина бази максимальна.

Можливе подолання водних перешкод вброд (змінний кліренс) і вплав шляхом підйому неведучих коліс вище рівня води і опускання ведучих коліс в воду на певну глибину з використанням їх в якості водного рушія і для повороту. Обтічний корпус забезпечує мінімальний гідравлічний опір.

В екстремальних випадках можливе інтенсивне гальмування транспортного засобу шляхом опускання корпусу 1 на полотно дороги (на днищі корпусу 1 мають бути спеціальні накладки).

Можливе поперечне зміщення бортових коліс 2, 3 за допомогою гідроциліндрів 6 для зміни колії транспортного засобу. Полегшується рух по будь-яких дорогах і в колоні різних транспортних засобів.

Можливе наближення коліс 2, 3 одного борта до корпусу 1, наприклад, лівих, і віддалення коліс 2, 3 іншого борту (правих). Це змінює навантаження на бортові колеса 2, 3, підвищує комфортабельність їзди (зазвичай середня частина дороги більш горизонтальна і знаходиться в кращому стані), простір між корпусом 1 і правими колесами, можливо використовувати для довгомірних вантажів. Забезпечується можливість мати

мінімальні габарити транспортного засобу при парковці, транспортуванні, зберіганні.

Навантаження від коліс 2, 3 сприймаються балансирами 4, 5 і штоками-осями 8, при малій їх жорсткості на кручення і вигин вони виконують функції підвіски, при великій жорсткості – можливий пристрій активної підвіски з використанням електродвигунів Д1-Д8.

Привід транспортного засобу здійснюється мотор-колесами 2, 3 з шинами або металоеластичними колесами.

При пересуванні по снігу можлива заміна кожної передньої тандемной пари коліс 2, 3 на лижу.

При експлуатації транспортного засобу відпадає необхідність в запасному колесі і домкраті.

Конструкція транспортного засобу порівняно проста, надійна, маневрена, має високу прохідність, швидкість руху і плавність ходу, змінний кліренс, змінну базу і колію, малі габарити при парковці, транспортуванні і зберіганні. Все це підвищує техніко-експлуатаційні якості транспортного засобу.

#### **4.4 Колісно-крокуючий рушій М.І. Ловчікова**

Запропонована конструкція колісно-крокуючого рушія для всюдихода, що володіє підвищеною надійністю в подоланні перешкод, розмір висоти яких більше величини діаметра колеса, стабілізацією значення величини кліренсу при русі по твердому, рівному ґрунту і зручностями експлуатації [43].

Транспортний засіб з крокуючими колісними рушіями (на прикладі всюдихода з чотирма рушіями, число рушіїв може бути і іншим) містить такі складові частини (рис. 4.10):

- корпус 1;
- чотири рушія 2-5 в складі:
  - ведучого вала 6;
  - коромисла 7;
  - коліс 8 і 9;
  - вісі 10 і 11;
  - коромисла 7;
- редуктор 13 (трансмісія);
- передачі: зубчасті (рис. 4.11), ланцюгові (рис. 4.12).



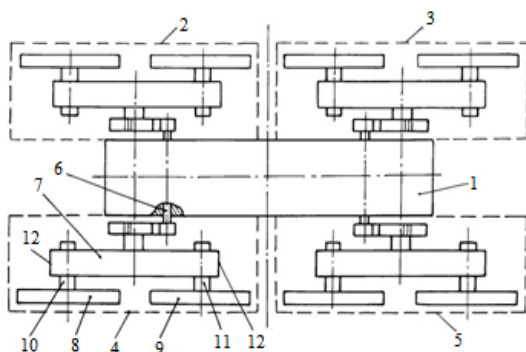


Рисунок 4.10 – Вид в плані транспортного засобу з крокуючими колісними рушіями: 1 – корпус; 2, 3, 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 6 – ведучий вал; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 10, 11 – вісі; 12 – кромки

Редуктор 13 виконаний (рис. 4.11) планетарним з двома сателітами 14 і 15, встановленими на відповідних осях 10 і 11 коліс 8 і 9. Водило сателітів виконано здвоєним (з двох водил 16 і 17) у вигляді коромисла 7.

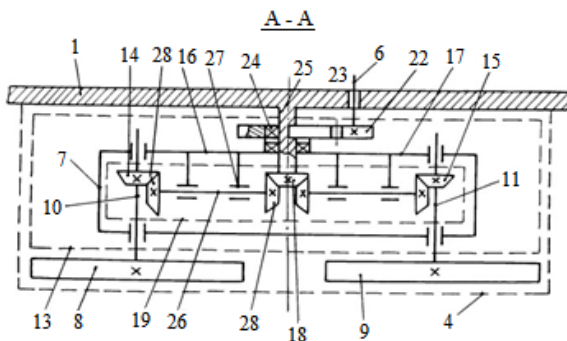


Рисунок 4.11 – Зубчасті передачі трансмісії: 1 – корпус; 4 – крокуючий колісний рушії; 6 – ведучий вал; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 10, 11 – вісі; 13 – трансмісія; 14, 15 – зіркові сателіти; 16, 17 – здвоєні водила; 18 – сонячна шестерня; 19 – конічні передачі; 22, 23 – шестерні; 24, 27 – підшипники; 25 – стрижень; 26 – вал; 28 – конічні шестерні

Сонячна шестерня 18 з'єднана нерухомо з корпусом 1 і з сателітами 14 і 15:

– циліндричними (не показані) або конічними 19 передачами (рис. 4.11);

– або гнучкими, зокрема, ланцюговими передачами 20 (рис. 4.12), що забезпечують однакові напрямки і значення швидкостей обертання коромисла і сателітів.

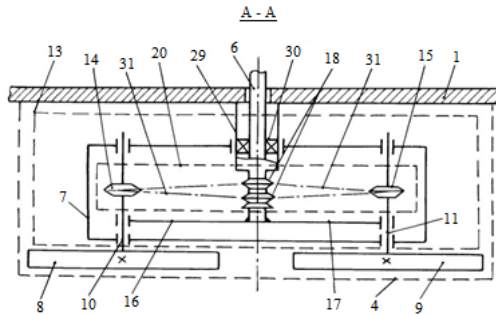


Рисунок 4.12 – Ланцюгова передача трансмісії: 1 – корпус; 4 – крокуючий колісний рушій; 6 – ведучий вал; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 10, 11 – вісі; 13 – трансмісія; 14, 15 – зіркові сателіти; 16, 17 – здвоєні водила; 18 – сонячна шестерня; 20 – передача; 29 – порожнистий стрижень; 30 – підшипники; 31 – низхідні гілки ланцюга

Колеса 8 і 9 встановлені (рис. 4.13) на ексцентрично розташованих осях 10 і 11 обертання з однаковою величиною ексцентриситету (величина відстані між точками Б і Е колеса 8 і точками В і Ж колеса 9 однакові, де Б і В – центри осей 10 і 11, а Е і Ж – геометричні центри коліс 8 і 9 відповідно).

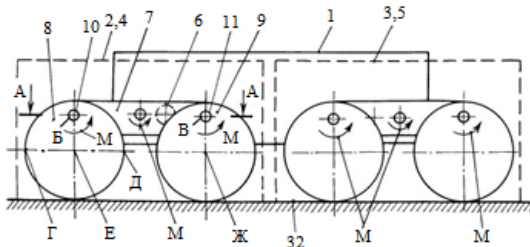


Рисунок 4.13 – Вид збоку в плані транспортного засобу з крокуючими колісними рушійми: 1 – корпус; 2, 3, 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 6 – ведучий вал; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 10, 11 – вісі; 32 – ґрунт

У положенні коліс 8 і 9, коли їх діаметри  $3I$  і  $KЛ$ , що проходять (рис. 4.14) через геометричні центри  $E$  і  $Ж$  коліс і центри  $B$  і  $B$  осей обертання, збігаються з поздовжньою віссю  $2I$  коромисла 7, рівновеликі плечі ексцентриситету (наприклад,  $BI$  і  $BL$ ) спрямовані від осей обертання  $10$  і  $11$  коліс 8 і 9 в одну сторону (на рис. 4.14 вгору).

Величина зовнішнього радіуса сателітів  $14$  і  $15$  (рис. 4.12 і 4.13) менше відстані (рис. 4.14) між центром  $B$  вісі  $10$  обертання колеса і найближчою точкою  $3$  зовнішньої окружності колеса 8.

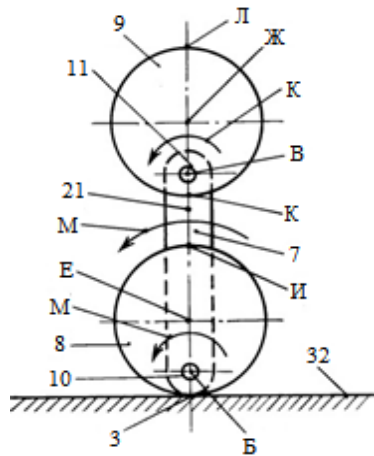


Рисунок 4.14 – Проміжне становище крокуючого колісного рушія:  
 3 – крокуючий колісний рушія; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса;  
 10, 11, 21 – вісі; 32 – ґрунт

Крім того, коромисла 7 окремих рушіїв, наприклад, 2, 4 і 3, 5, зрушені по фазі (рис. 4.15) відносно один одного на кут  $\alpha$ , величина якого не перевищує  $90^\circ$  (величина кута між поздовжніми осями  $2I$  коромисел 7 рушіїв 2, 4 і 3, 5).

Ведучий вал 6 може бути з'єднаний або з загальним двигуном для всіх чотирьох рушіїв 2-5, або з індивідуальним двигуном для кожного рушія і може обертатися в обох напрямках, забезпечуючи прямий і зворотний ходи.

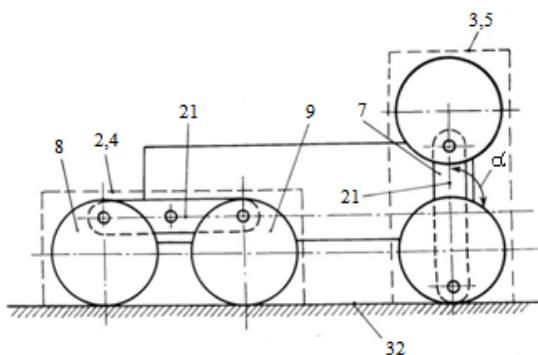


Рисунок 4.15 – Транспортний засіб, вид збоку: 2, 3, 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 21 – вісь; 32 – ґрунт

На рисунку 4.12 показано, що з корпусу 1 виступає ведучий вал 6, на торці якого встановлена шестерня 22, поєднана з шестернею 23, через які обертання передається через здвоєні водила 16 і 17 коромислу 7, виконаному порожнистим. Коромисло 7 встановлено на підшипниках 24 з можливістю обертання щодо стрижня 25, на торці якого встановлена конічна сонячна шестерня 18, нерухома відносно корпусу 1. Усередині коромисла 7 встановлені на осях 10 і 11 конічні сателіти 14 і 15, з'єднані з сонячною шестернею 18 конічними передачами 19. Кожна конічна передача включає вал 26, встановлений на опорах і підшипниках 27 на коромислі 7 і забезпечений на торцях конічними шестернями 28 на осях 10 і 11 встановлені колеса 8 і 9. Коромисло 7 і вісі 10 і 11 обертаються від ведучого вала 6 в одну задану сторону.

На рисунку 4.13 показано, що з корпусу 1 виступає ведучий вал 6, що проходить через сонячні шестерні 18, виконані у вигляді зірочок, нерухомо з'єднаних з корпусом 1 порожнистим стрижнем 29, всередині якого встановлені підшипники 30. Ведучий вал 6 закінчується здвоєними водилами 16 і 17, розташованими на одній лінії. Усередині порожнистого коромисла 7 встановлені на осях 10 і 11 зіркові сателіти 14 і 15, з'єднані нескінченним ланцюгом 31, що утворює дві вісімки, з сонячною шестернею 18. Зверху кожного сателіта 14 і 15 низхідні гілки ланцюга 31 йдуть знизу нижньої на кресленні сонячної шестерні 18, а знизу кожного сателіта 14 і 15 висхідні гілки

ланцюга 31 йдуть зверху верхньої на кресленні сонячної шестірні 18. На осях 10 і 11 встановлені колеса 8 і 9. Коромисла 7 і вісі 10 і 11 обертаються від ведучого вала 6 в одну задану сторону.

На рисунку 4.15 показано, що у рушіїв 3 і 5 вісь 21 коромисла 7 зрушена відносно вісі 21 коромисла 7 рушіїв 2 і 4 на кут  $\alpha$ , наприклад, на  $90^\circ$ , так що в момент часу, зафіксований на кресленні, з восьми коліс стосується ґрунту 32 тільки шість коліс.

Рух всюдихода з колісними крокуючими рушіями ілюструється рисунками 4.13, 4.15–4.19.

На рисунку 4.15 всюдихід контактує з ґрунтом 32 усіма колесами. Але, так як коромисла 7 і всі колеса, встановлені на них, обертаються в одну сторону, наприклад, проти годинникової стрілки, то незабаром колесо 9 (далі розглядається переміщення тільки рушія 4) відірветься від ґрунту і, рухаючись по дузі, через якийсь час буде розташовано над колесом 8, яке буде продовжувати весь цей час котитися по ґрунту 32. Це положення коліс показано на рисунку 4.14.

На рисунку 4.16 показано положення рушія 4 (рис. 4.15) після півкроку.

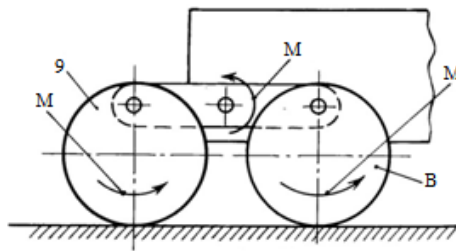


Рисунок 4.16 – Положення рушія після півкроку: 9 – колесо

Таке положення характеризується тим, що колесо 9 стало попереду колеса 8 і в наступний момент колесо 8 через обертання коромисла 7 і коліс 8 і 9 по стрілках  $M$  відірветься від ґрунту 32 і почне другий напівкрок, рухаючись по дузі над колесом 9. Коли закінчиться другий напівкрок (рушії зробить повний крок), його колеса знову займуть положення, показане на рисунку 4.15 (колесо 8 буде спереду колеса 9). За цей час ходова частина

пройде шлях, рівний подвоєній величині довжини окружності колеса плюс відстань між центрами осей 10 і 11 (величина відстані між точками *B* і *B* на рисунку 4.13). При рівній поверхні 32 при здійсненні повного кроку величина кліренсу буде залишатися незмінною.

На рисунку 4.17 показано накрокування рушія 4 при обертанні коромисел 7 і коліс 8 і 9 по стрілках *M* на перешкоду, розмір висоти якого перевищує розмір радіуса колеса, але менше розміру кліренсу. Рушії 4 і 5 в розглянутому прикладі не мають зсуву коромисел 7 цих рушіїв – вони паралельні. Корпус 1 залишається паралельним поверхні 32 і величина кліренсу буде незмінною.

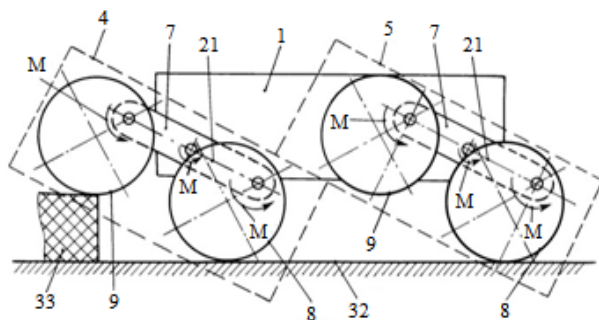


Рисунок 4.17 – Початкова стадія подолання перешкоди транспортним засобом: 1 – корпус; 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 21 – вісь; 32 – ґрунт; 33 – перешкода

На рисунку 4.18 показано, що рушій 4 при подальшому обертанні коромисла 7 і коліс 8 і 9 по стрілках *M* відірвався від ґрунту (кoleso 8 відійшло від ґрунту 32) і колесом 9 спирається на перешкоду, а його коромисло 7 стало паралельно поверхні ґрунту 32, корпус 1 при цьому перекосяться, тому що рушій 5 продовжує котитися по поверхні ґрунту 32.

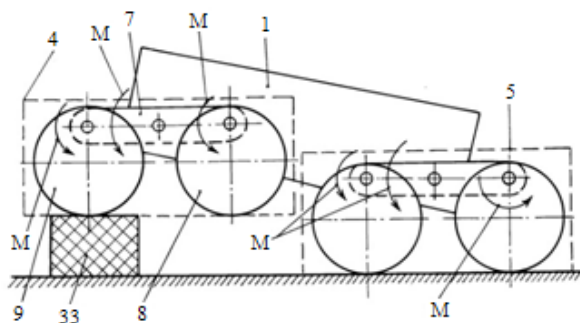


Рисунок 4.18 – Проміжна стадія подолання перешкоди транспортним засобом: 1 – корпус; 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 33 – перешкода

На рисунку 4.19 показано, що рушій 4 при подальшому обертанні коромисла 7 і коліс 8 і 9 по стрілках *M* подолав перешкоду 33, а рушій 5 ще не дійхав до перешкоди. Корпус 1 знову паралельний поверхні ґрунту 32.

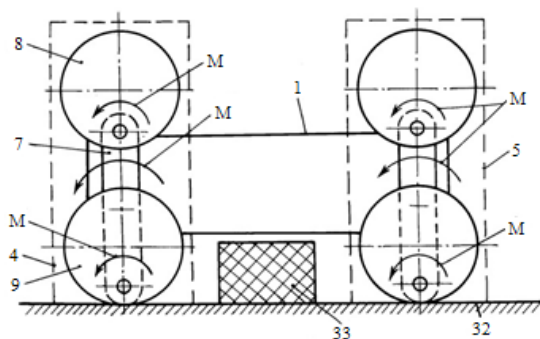


Рисунок 4.19 – Положення рушія після повного кроку: 1 – корпус; 4, 5 – крокуючі колісні рушії; 7 – коромисло; 8, 9 – колеса; 32 – ґрунт; 33 – перешкода

При подальшому обертанні коромисел 7 і коліс 8 і 9 по стрілках *M* в рушіях 4 і 5 рушій 5 подолає перешкоду 33 аналогічно тому, як це робив рушій 4, і всюдихід прийме положення, що показане на рисунку 4.19.

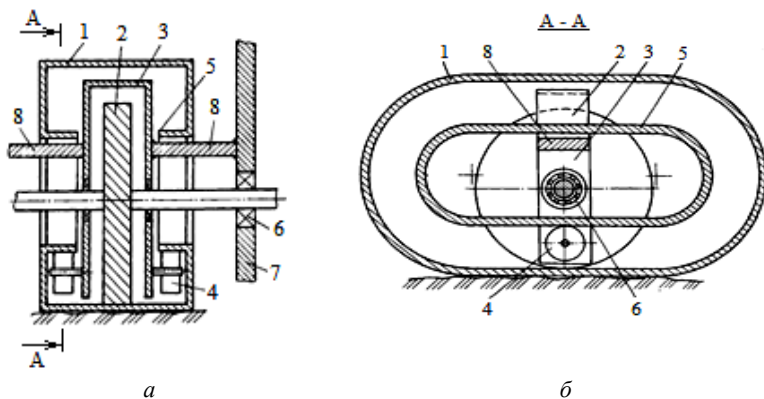
Граничний розмір висоти перешкоди, яку може подолати заявлений транспортний засіб, більше розміру діаметра колеса (у тому випадку, якщо перешкоди розташовані по сторонам дороги якраз під рушіями).

#### 4.5 Колісно-крокуючий рушій з порожнистим корпусом

Запропоновано конструкцію колісно-крокуючого рушія для транспортного засобу, яка забезпечує надійний притиск основного колеса до поверхні порожнього корпусу, по якій воно котиться [44].

Колісно-крокуючий рушій складається з наступних елементів конструкції (рис. 4.20):

- порожнистого корпусу 1;
- колеса з віссю 2;
- П-подібного кронштейна 3;
- притискних роликів 4;
- стінки 5;
- підшипника 6;
- борту транспорту 7;
- фіксатора П-подібного кронштейна 8.





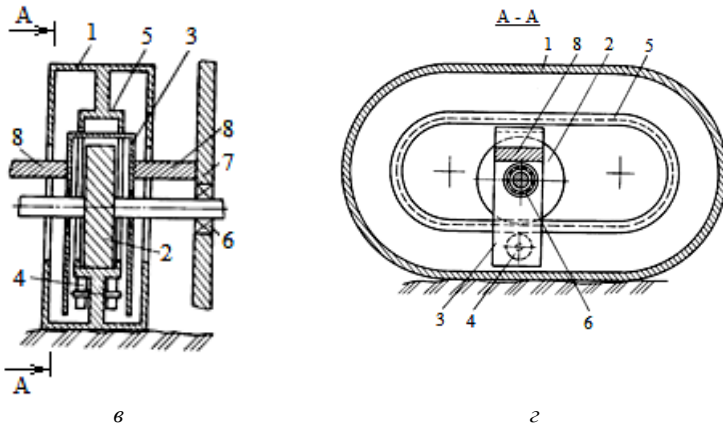


Рисунок 4.20 – Колісно-крокуючий рушій транспортного засобу з коченням ведучого колеса по внутрішньому (а, б), зовнішньому (в, г) контуру порожнистого колеса: 1 – порожнистий корпус; 2 – колесо з віссю; 3 – П-подібний кронштейн; 4 – притискні ролики; 5 – стінка; 6 – підшипник; 7 – борт транспорту; 8 – фіксатор П-подібного кронштейна

*Рушій транспортного засобу працює наступним чином.*

Колесо 2 обертається двигуном транспортного засобу і котиться всередині порожнистого колеса 1 до переходу лінійної ділянки в криволінійний. Під час прокату колеса по криволінійній ділянці, радіус кривизни якого завжди більше кривизни колеса, корпус 1 перевертається, і колесо продовжує котитися знову по прямолінійній ділянці. Притискні ролики 4, розташовані на П-подібному кронштейні 3, котяться по стінках 5 і не дають колесу 2 вийти із зачеплення з корпусом 1.

Запропонований колісно-крокуючий рушій транспортного засобу можна інтерпретувати як автоматичну (закільцьовану) дошку, яку періодично підкладають під колесо.

Фіксатор П-подібного кронштейна 8 може встановлюватися для певної орієнтації корпусу або частини корпусу транспортного засобу відносно колісно-крокуючого рушія транспортного засобу і поверхні землі (рис. 4.21).

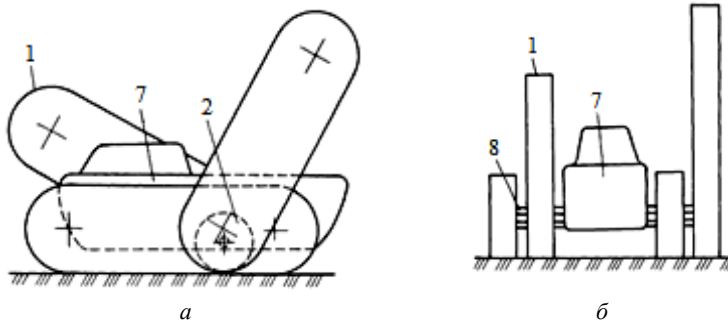


Рисунок 4.21 – Колісно-крокуючий рушій транспортного засобу:  
 1 – порожнистий корпус; 2 – колесо з віссю; кронштейн;  
 7 – борт транспорту; 8 – фіксатор П-подібного кронштейна

Форма порожнього корпусу не обмежується, тобто вона може мати будь-яку кількість і довжину прямолінійних ділянок, з'єднаних криволінійними. Також між колесами і корпусом допускаються зубчасті з'єднання тощо. Криволінійні зовнішні поверхні порожнього корпусу можуть бути виконані слизькими для зменшення навантаження в разі пробуксовки рушія.

#### 4.6 Колісно-крокуючий рушій з подвійними паралельними балансирами

Запропонована конструкція колісно-крокуючого транспортного засобу з поліпшеними техніко-експлуатаційними якостями [45].

Транспортний засіб містить корпус 1, колеса 2, які забезпечені поворотними важелями 3, поворотними кулаками 4, рознесеними шарнірами 5 і вилками 6 (рис. 4.22).

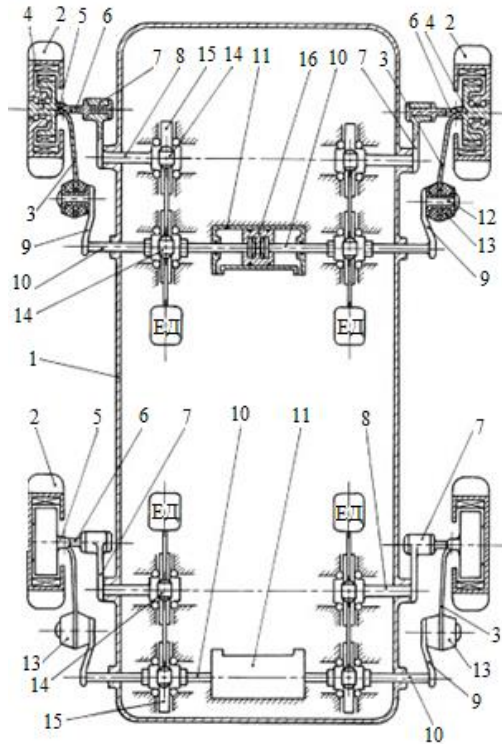


Рисунок 4.22 – Колісно-крокуючий транспортний засіб:

- 1 – корпус; 2 – колеса; 3 – поворотні важелі; 4 – поворотні кулаки;  
 5 – рознесені шарніри; 6 – вилки; 7 – балансири; 8 – вали; 9 – додаткові балансири; 10 – штоки; 11 – гідроциліндр; 12 – стрижні; 13 – пружні опори;  
 14 – черв'як; 15 – черв'ячне колесо; 16 – поршень

Балансири 7 кожного колеса 2 з'єднані рухомо з вилками 6 і жорстко пов'язані з валами 8. Додаткові балансири 9 жорстко пов'язані зі штоками 10 гідроциліндра 11 і зі стрижнями 12. Стрижні 12 встановлені рухомо в окружному напрямку в пружних опорах 13 поворотних важелів 3. Балансири 7, 9 виконані рівної довжини і кінематично попарно зв'язані за допомогою співвісних черв'ячних передач, що складаються з черв'яка 14 і черв'ячного колеса 15, із загальним електроприводом.

Штоки 10 в поршні 16 циліндра 11 пов'язані в осьовому напрямку і вільні в окружному напрямку.

Передні (задні) поворотні важелі 3 зі своїми балансирами 9, гідроциліндром 11 зі штоками 10 утворюють рульову трапецію, що забезпечує узгоджений поворот коліс 2 лівого і правого борта при повороті.

Для повороту транспортного засобу олива під тиском подається до відповідної порожнини циліндра 11, а олива з протилежної порожнини направляється на злив в бак. Зусилля від поршня 16 через штоки 10, балансири 9, стрижні 12 з пружною опорою 13 і поворотні важелі 3 передаються на колеса 2, які повертаються в рознесених шарнірах 5 вилки 6 на відповідні кути. Після проходження повороту і скидання тиску в циліндрі 11 колеса 2 повертаються в нейтральне положення за рахунок стабілізуючих моментів або примусово гідроциліндром 11.

При повороті коліс 2 пружні опори 13 компенсують лінійне зміщення поворотного важеля 3 відносно стрижня 12 і пом'якшують ударні навантаження між ними.

Штоки 10 пов'язані з поршнем 16 у осьовому напрямку і вільні в окружному напрямку, це забезпечує можливість незалежного їх обертання. Балансири 7, 9 рівні по довжині і паралельні, а також рухомо пов'язані з протилежними кінцями поворотного важеля 3, утворюючи шарнірний паралелограм. Фіксація шарнірного паралелограма і його зміна здійснюються електродвигуном за допомогою черв'ячних передач.

Черв'ячні передачі складаються з двох співвісних черв'яків 14 з черв'ячними колесами 15. Причому одне з них жорстко пов'язано з валом 8 балансира 7 колеса 2, а інше має рухливе шлицеве з'єднання зі штоком 10 гідроциліндра 11. Такий взаємозв'язок дозволяє мати змінний кліренс, опускати корпус 1 на ґрунт, здійснювати підйом одного, двох або всіх коліс 2. Також підвищуються кути подоланих підйомів, спусків, косогорів, забезпечується зручність вантаження і вивантаження вантажів. Подолання важких ділянок шляху (болото, ями) можливе шляхом обертання будь-якого балансира 7 з колесом 2, шляхом синхронного обертання або діагонально розташованих балансірів 7, або всіх балансірів 7.

Балансири 7 коліс 2 з вилками 6 і валами 8 сприймають основне навантаження від коліс 2. При нежорстких деталях вони виконують роль підвіски. Наявність шарнірного паралелограма дозволяє мати щитки над колесами 2 з надійним кріпленням і ефективними при будь-якому положенні балансірів 7.

На рисунку 4.22 довжина бази транспортного засобу – середня. При повороті задніх балансірів 7 на  $180^\circ$  – довжина бази найбільша. При повороті передніх балансірів 7 на  $180^\circ$  – довжина бази найменша.

Проходження поворотів можна здійснювати з нахилом корпусу 1 в сторону повороту, шляхом опускання і підйому коліс 2 відповідних бортів. Це дозволяє проходити поворот з більшою швидкістю або з меншим радіусом.

Передні (задні) колеса 2 завдяки рульовій трапеції мають жорстку механічну залежність. Між передніми і задніми колесами 2 жорсткої залежності немає. Це дозволяє:

- в залежності від умов мати синфазний або протифазний поворот передніх і задніх коліс;
- при нормально керованих передніх колесах мати при великій швидкості найбільш сприятливі кути повороту задніх коліс 2;
- здійснювати поворот задніх коліс 2 з запізненням;
- мати блоковані задні колеса 2.

Пропонована конструкція зумовлює наступні переваги:

- при великій швидкості руху підвищуються керованість і стійкість транспортного засобу;
- при їзді по бездоріжжю забезпечується двоколійність при повороті, підвищується прохідність, знижується потужність, що витрачається на рух;
- в екстрених випадках, при небезпеці зіткнення, можна здійснити інтенсивне гальмування шляхом опускання корпусу 1 на поверхню дороги (на днищі корпусу 1 повинні бути накладки).

Привід транспортного засобу здійснюється за допомогою мотор-коліс. Зважаючи на збільшення величини непідресорених мас можливе використання шин регульованого тиску або металеоеластичних коліс.

Альтернативним приводом може бути:

- гідропривід – за допомогою гідромотор-коліс;

– повітряний гвинт.

При подоланні водних перешкод можливий:

– підйом всіх коліс 2 вище рівня води;

– опускання ведучих коліс 2 на певну глибину;

– використання коліс в якості рушія і для повороту, при цьому єдиний корпус 1 здійснює мінімальний гідро- і аеродинамічний опір.

При експлуатації транспортного засобу відпадає необхідність в домкраті. При збільшенні числа осей зберігаються техніко-експлуатаційні якості двовісного транспортного засобу, збільшуються здатність навантаження і можлива ширина подоланого рову. При тривісній рівномірній схемі розташування коліс (1-1-1) середні колеса не вимагають управління (балансир колеса зв'язується з віссю колеса). При цьому підвищується надійність, при виході з ладу навіть трьох коліс рух можливий, але з меншою швидкістю.

#### **4.7 Рушій з круговим обертанням коліс**

Запропонована конструкція рушія, який забезпечує підвищення маневреності, прохідності і живучості транспортного засобу за рахунок можливості здійснення стрибкових рухів при подоланні перешкод, можливості здійснення лазательних рухів при подоланні ескарпів, контрескарпів і траншей, а також можливості самоперевертання рами при перекиданні (рис. 4.23). Знайдені рішення дають можливість здійснювати наведення нерухомо закріпленого на рамі озброєння в широкому діапазоні кутів вертикального наведення і кругове горизонтальне наведення, що дозволяє відмовитися від використання веж та інших засобів наведення зброї, знижує масогабаритні і вартісні характеристики роботів, підвищує їх живучість і надійність [46].

Транспортний засіб (рис. 4.23, 4.24) включає наступні елементи конструкції:

– раму або корпус 1;

– двигуни або приводи 2;

– колеса 4;

– чотири поздовжніх важеля підвіски 3;

– приводні вали 5;

– приводи повороту 6;

- засоби блокування 7;
- електронну систему управління рухом 9 (процесор 10, датчики куткових і лінійних прискорень 11).

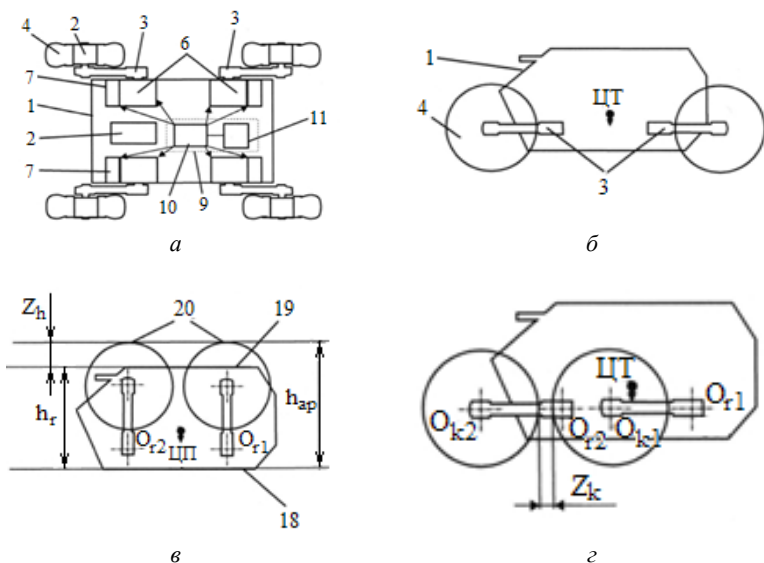


Рисунок 4.23 – Транспортний засіб високої прохідності:

- a* – електронна система управління рухом; *б* – вид збоку при направленні важелів підвіски передніх вперед, задніх назад; *в* – положення на днищі при положенні важелів підвіски в вертикальному верхньому положенні;
- г* – положення поздовжніх важелів підвіски 3 в площині, що проходить через вісі валів 5 поздовжніх важелів підвіски 3; 1 – рама або корпус; 2 – двигун або привід обертання коліс; 3 – поздовжній важіль підвіски; 4 – колесо;
- 6 – привід повороту; 7 – засіб блокування; 9 – електронна система управління рухом; 10 – процесор; 18 – днище; 19 – дах; 20 – верхні точки кіл коліс

Вали 5 встановлені в рамі 1 і з'єднані з приводами повороту 6 поздовжніх важелів підвіски 3 і засобами блокування 7 валів 5 поздовжніх важелів підвіски 7.

На рисунку 4.23 *a* також показана електронна система управління рухом 9, що містить процесор 10, з'єднаний з датчиками куткових і лінійних прискорень 11. Пам'ять електронної системи управління рухом містить наступні програми:

- управління при колісному русі шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски;
- управління при крокуванні шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски;
- зміни висоти корпусу в русі і на місці шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски;
- зміни кута нахилу корпусу по вертикалі шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски на різні кути, при цьому поворот корпусу по горизонталі на потрібний кут здійснюється обертанням коліс лівого і правого борта з різною швидкістю;
- здійснення стрибка на місці;
- здійснення стрибка в русі, при цьому стабілізація рами в стрибку здійснюється шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски за допомогою електроприводів на основі даних від датчика кутових і лінійних прискорень;
- подолання стандартних перешкод – ескарпу, контрескарпу і траншеї – шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски;
- програма самоперевертання шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски.

На рисунку 4.23 б показаний вид збоку при направленні важелів підвіски 3 передніх вперед, задніх назад. У цьому положенні транспортний засіб має максимальну довжину міжколісної бази і максимальну поздовжню стійкість.

На рисунку 4.23 в показано положення на днищі 18 при положенні важелів підвіски 3 в вертикальному верхньому положенні. При цьому положенні поздовжніх важелів підвіски 3, колеса 4 знаходяться над дахом 19 транспортного засобу. Причому окружності коліс перевищують рівень даху 19 транспортного засобу, утворюючи «верхній» кліренс  $Z_h$ , що забезпечує при необхідності рух в перевернутому положенні (як на рисунку 4.30 в) або його стабілізацію перед самоперевертанням.

На рисунку 4.23 г показано положення поздовжніх важелів підвіски 3 в площині, що проходить через вісі валів 5 поздовжніх важелів підвіски 3. При цьому поздовжні важелі підвіски 3 повернені в одному напрямку, а між колами коліс 4 є зазор  $Z_k$ . Цей зазор дозволяє колесам 4 вільно обертатися. При цьому



центр ваги транспортного засобу (ЦВ) знаходиться між осями  $O_{rl}$  валів 5 задніх поздовжніх важелів підвіски 3 і осями  $O_{kl}$  задніх коліс 4.

На рисунку 4.24 показано пристрій підвіски. Вал 5 важеля підвіски 3 з'єднаний з приводом повороту 6 поздовжніх важелів підвіски 3 через полімерну торсіонну втулку 12, зроблену, наприклад, з поліуретану, вуглепластика або кевлара. Вал 5 важеля підвіски 3 проходить через осьовий канал 14 в полімерній торсіонній втулці 12, при цьому привід повороту 6 поздовжніх важелів підвіски 3 управляється електронною системою управління рухом 9.

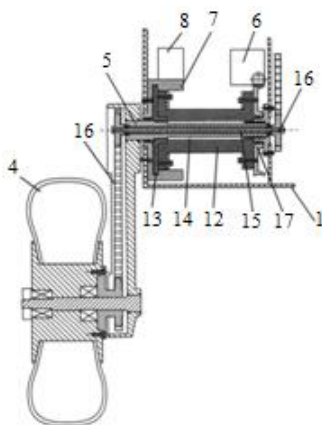


Рисунок 4.24 – Пристрій підвіски: 1 – рама або корпус; 4 – колесо; 5 – вал; 6 – привід повороту; 7 – засіб блокування; 8 – електропривод; 12 – полімерна торсіонна втулка; 13 – з'єднувальний диск або зубчасте колесо; 14 – осьовий канал; 15 – передавальний вал; 16 – зубчаста або ланцюгова передача; 17 – черв'ячне колесо

На вал 5 важеля підвіски 3 одягнений з'єднувальний диск і (або) зубчасте колесо 13, поєднане з валом 5 важеля підвіски 3, наприклад, за допомогою шліцьового з'єднання.

До з'єднувального диску 13 кріпиться засіб блокування 7 вала 5 поздовжнього важеля підвіски 3 і один торець полімерної торсіонної втулки 12. Другим своїм торцем полімерна торсіонна втулка 12 з'єднується з черв'ячним колесом 17 приводу повороту 6 поздовжнього важеля підвіски 3. При цьому засіб блокування 7

вала 5 важеля підвіски 3 управляється електронною системою управління рухом 9.

На рисунку 4.23 показаний варіант, в якому кожне колесо 4 має окремий електричний привід 2.

На рисунку 4.24 показаний варіант, в якому кожне колесо 4 приводиться в обертання за допомогою передавального валу 15, який проходить через вал 5. При цьому передавальний вал 15 з'єднаний однією стороною зубчастою або ланцюговою передачею 16 з двигуном транспортного засобу 2, а іншою стороною зубчастою або ланцюговою передачею 16 з колесом 4.

*Пристрій працює наступним чином.*

При колісному русі по дорозі або пересіченій місцевості колесо 4, наїжджаючи на нерівності дороги, повертає важіль підвіски 3, який передає крутний момент на вал 5, а потім через сполучний диск 13 на полімерну торсіонну втулку 12, а через неї на черв'ячне колесо 17. Привід повороту 6 поздовжнього важеля підвіски 3 при цьому утримує черв'ячне колесо 17 в заданому положенні. Внаслідок цього, крутний момент від важеля підвіски 3 закручує полімерну торсіонну втулку 12 на певний кут і накопичує в ній енергію. Ця енергія може потім витратитися, наприклад, при зворотному повороті вала 5 або в засобі блокування 7 вала 5 поздовжнього важеля підвіски 3, якщо воно буде здатне працювати як енергопоглинач. Таким чином, здійснюється амортизація корпусу при колісному русі. При повороті черв'ячного колеса 17 приводом повороту 6 полімерна торсіонна втулка 12 повертається, повертаючи вал 5 і важіль підвіски 3. Таким чином, встановлюється положення важелів підвіски.

Змінюючи положення важелів підвіски, можна змінювати кут нахилу транспортного засобу у вертикальній площині від  $+45-60^\circ$  (рис. 4.25 а) до  $-45-60^\circ$  (рис. 4.25 б).

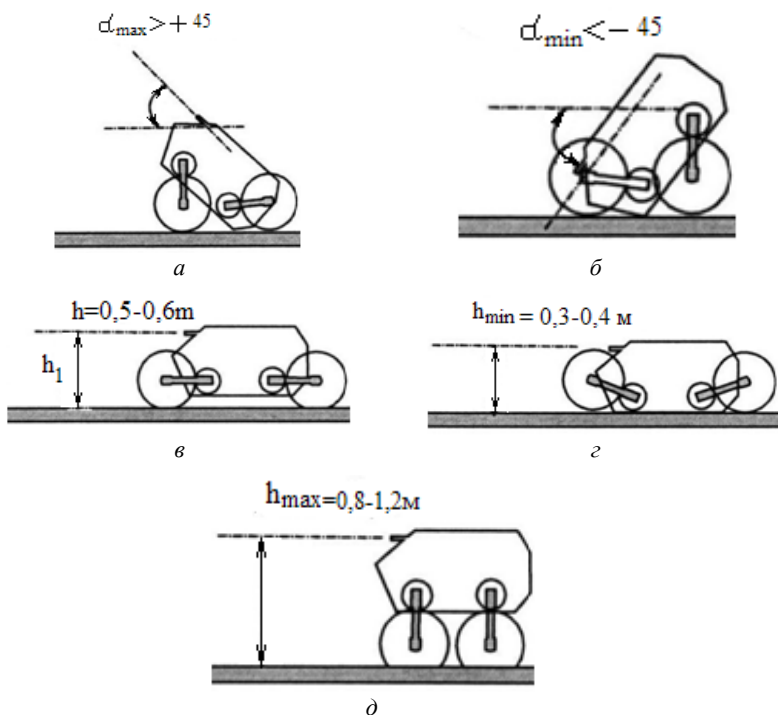


Рисунок 4.25 – Положення важелів підвіски

Конструкція транспортного засобу забезпечує йому можливість зміни кута нахилу корпусу по вертикалі, а також повороту корпусу «по-танковому». Це дозволяє забезпечити наведення зброї без використання вежі.

Колісний рух здійснюється при горизонтальному положенні важелів підвіски або при положенні, близькому до цього (рис. 4.25 в). У такому режимі передні важелі підвіски  $З$  спрямовані вперед, а задні важелі підвіски  $З$  спрямовані назад. Транспортний засіб при висоті корпусу 0,5–0,6 м і діаметрі коліс 0,4 м при такому положенні важелів матиме максимальну висоту близько 0,7–0,8 м, а гіпотетичну висоту лінії прицілювання (наприклад, це важливо для бойових роботів) на рівні 0,5–0,6 м.

При повороті передніх важелів підвіски  $З$  на 30–40° за годинниковою стрілкою, а задніх важелів підвіски  $З$  на такий же кут, але проти годинникової стрілки (рис. 9.3 з) транспортний

засіб опускається на дно. При цьому його висота складе 0,5–0,6 м, а висота лінії прицілювання буде дорівнювати 0,3–0,4 м.

При повороті передніх і задніх важелів підвіски 3 на 90° вниз (рис. 4.25 д) транспортний засіб піднімається на максимальну висоту. При цьому його висота складе 1,0–1,2 м (в залежності від довжини важелів 3), а висота лінії прицілювання буде дорівнювати 0,8–1,0 м.

При колісно-крокуючому русі, використовуючи приводи повороту 6 поздовжніх важелів підвіски 3, здійснюють обертання важелів 3 в одному напрямку. При цьому двигуни або приводи обертання коліс 2 можуть працювати. Такий режим руху може використовуватися при подоланні глибокого снігового покриву, при русі на болоті та іншій важкодоступній місцевості.

На рисунку 4.26 показані фази здійснення ТЗ стрибка на місці. Всі команди управління формує система управління рухом 9 за допомогою процесора 10. Двигуни або приводи 2 коліс 4 при цьому не працюють.

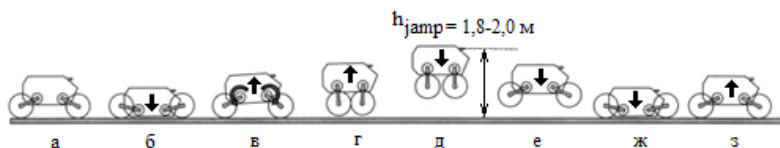


Рисунок 4.26 – Фази здійснення транспортним засобом стрибка на місці

У фазах *а* і *б* транспортний засіб переводиться в положення лежання на днищі. Потім засоби блокування 7 валів 5 всіх поздовжніх важелів підвіски 3 блокують і утримують сполучні диски 13 в початковому положенні, а приводи повороту 6 поздовжніх важелів підвіски 3 при цьому обертають черв'ячні колеса 17 на заданий кут, відповідний необхідній висоті стрибка на місці.

Внаслідок цього, обертаючі моменти від приводів повороту 6 закручують полімерні торсіонні втулки 12 на певний кут, то в них накопичується енергія, необхідна для стрибка. Полімерні торсіонні втулки мають високу енергоємність, що забезпечує стрибок ТЗ на висоту до 1,0 метра. Направлення закручування визначає процесор 10 системи управління рухом за заздалегідь

розробленою програмою. Висоту стрибка задає оператор, а всі інші параметри обчислює система управління рухом 9.

У момент здійснення стрибка (рис. 4.26 в) процесор 10 подає сигнали на електроприводи 8 засобів блокування 7, які синхронно розблокують усі з'єднувальні диски 13. Енергія, накопичена в закручених полімерних втулках 12, швидко повертає важелі підвіски 3 кожного борту назустріч один одному (фази в, з). При цьому транспортний засіб здійснює стрибок на місці, як показано на рисунку 4.26 в фазах е-з. Після завершення стрибка важелі підвіски 3 наводяться в початкове положення електронною системою управління рухом 9.

На рисунку 4.27 показано здійснення стрибка в русі.

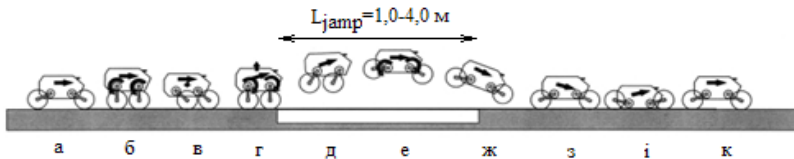


Рисунок 4.27 – Здійснення стрибка в русі

Всі команди управління формує система управління рухом 9 за допомогою процесора 10. Двигуни або приводи 2 коліс 4 при цьому працюють. Фази здійснення стрибка аналогічні фазам стрибка на місці, показаним на рисунку 4.26. Відмінністю процесу є поворот поздовжніх важелів підвіски в напрямку руху (фази б, в) у фазі закрутки полімерних торсійних втулок 12. Тому в момент здійснення стрибка поздовжні важелі підвіски 3 роблять однаковий поворот в напрямку, протилежному напрямку руху – фази з і д. Після відриву від поверхні поздовжні важелі підвіски 3 наводяться в положення приземлення фази е і ж, і транспортний засіб здійснює приземлення.

Програма здійснення стрибка в русі стежить за положенням корпусу за допомогою датчиків кутових і лінійних прискорень. Стабілізація рами в стрибку здійснюється шляхом управління поворотом поздовжніх важелів підвіски 3 за допомогою електроприводів на основі даних від датчиків кутових і лінійних прискорень. Наприклад, при виявленні кренів здійснюється синхронний поворот всіх поздовжніх важелів підвіски 3, так щоб

був створений протилежно спрямований момент обертання, що вирівнює положення корпусу. Наприклад, якщо відбувається крен корпусу на лівий борт вниз, проводиться швидкий підйом важелів правого борта і одночасно опускання поздовжніх важелів підвіски 3 лівого борту. Момент інерції від поздовжніх важелів підвіски 3, що піднімаються, з колесами 4 здатний ефективно балансувати положення корпусу, вирівнюючи його в польоті. Аналогічним способом можна вирівнювати положення корпусу по тангажу. Наприклад, в разі небезпечного нахилу корпусу вниз, можна опустити передні поздовжні важелі підвіски 3 і підняти задні поздовжні важелі підвіски. При проміжних кренах, процесор 10 обчислює необхідні корективи за заданою програмою і здійснює стабілізацію польоту ТЗ в стрибку. Це дозволить уникнути переворотів ТЗ і падінь в непередбаченому положенні. Розрахунки показують, що запропоноване ТЗ буде здатне здійснювати горизонтальні стрибки в русі протяжністю до 4-х метрів. При цьому, чим вище швидкість руху ТЗ, тим більшу довжину в стрибку він зможе подолати. При проміжних кренах, процесор 10 обчислює необхідні корективи за заданою програмою і здійснює стабілізацію польоту ТЗ в стрибку. Це дозволить уникнути переворотів ТЗ і падінь в непередбаченому положенні. Розрахунки показують, що запропоноване ТЗ буде здатне здійснювати горизонтальні стрибки в русі протяжністю до 4-х метрів. При цьому, чим вище швидкість руху ТЗ, тим більшу довжину в стрибку він зможе подолати.

На рисунках 4.28 і 4.29 показані фази подолання ескарпу і контрескарпу. Як видно з натурного моделювання, пропонований транспортний засіб при висоті корпусу 0,5–0,6 м і діаметрі коліс 0,4 м здатний долати ескарпи висотою 1,0–1,2 метра, а контрескарпи до 2,0–3,0 м, що перевершує показники прохідності найкращих сучасних танків висотою 2,7–3,0 метра.

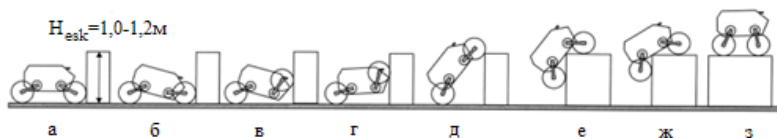


Рисунок 4.28 – Фаза подолання ескарпу

При стрибках з контрескарпу положення  $TЗ$  в польоті стабілізується шляхом балансування поздовжніми важелями підвіски, як було описано раніше.

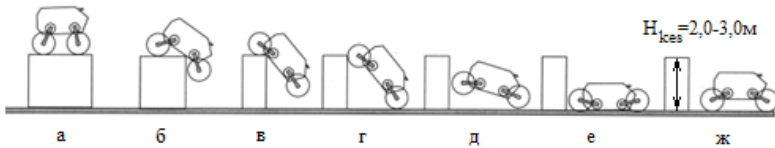


Рисунок 4.29 – Фаза подолання контрескарпу

На рисунку 4.30 показані фази самоперевертання транспортного засобу. При перевороті на дах або на бік у фазі  $a$  відбувається зведення коліс (фази  $б$  і  $в$ ) і вирівнювання положення. Потім в фазі  $г$  проводиться підйом передніх коліс і опускання задніх коліс. Якщо виконується умова, при якому центр ваги транспортного засобу знаходиться між осями валів задніх важелів підвіски і осями задніх коліс, відбудеться самоперевертання по фазах  $д$ ,  $е$  і  $ж$  і транспортний засіб прийме нормальне положення в фазі  $з$ .

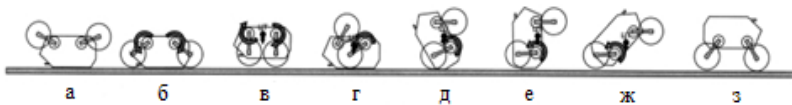


Рисунок 4.30 – Фази самоперевертання транспортного засобу

Здатність до самоперевертання значно підвищує живучість і прохідність транспортного засобу, робить його нечутливим до помилок операторів.

Можливість компактного перевезення дозволяє в короткі терміни створити високу концентрацію роботів на місці бойових дій.

Пропонована конструкція транспортного засобу забезпечує йому можливість:

- самоперевертання, тобто повернення в початкове положення при випадковому перекиданні;
- руху в перевернутому положенні;
- опускання на днище;

- підйому корпусу на висоту важелів підвіски;
- лазання при подоланні перешкод;
- компактного укладання при транспортуванні.

Як видно з результатів натурного моделювання, пропонується транспортний засіб при висоті корпусу 0,5–0,6 м і діаметрі коліс 0,4 м здатний долати ескарпи висотою 1,0–1,2 м, а контрескарпи до 2,0–3,0 м.

## **4.8 Колісно-крокуючий рушій з попарно згрупованими колісними вузлами**

### **4.8.1 Варіанти конструктивного виконання**

Запропоновано конструкцію колісно-крокуючого рушія в складі наземного транспортного засобу, що належить за своєю функціональністю до всюдиходів для міського господарства (для прибирання дворових територій, тротуарів та сходів) і екстремальних умов (для важкого бездоріжжя, наприклад, сильнопересіченої місцевості, боліт, руїн, завалів на лісових і гірських дорогах) [47]. Запропоновано два варіанти конструктивного виконання.

Транспортний засіб високої прохідності за першим варіантом містить (рис. 4.31):

- несучу конструкцію (раму, що має корпус, основу крісла водія чи інший їх аналог) *1*;
- колісно-крокуючий рушій в складі попарно згрупованих передніх *2* і задніх *3* колісних вузлів.

Відстань від поверхні дороги до нижнього рівня розташування несучої конструкції *1* або жорстко пов'язаних з нею «корпусних» деталей визначає дорожній просвіт *H* транспортного засобу.



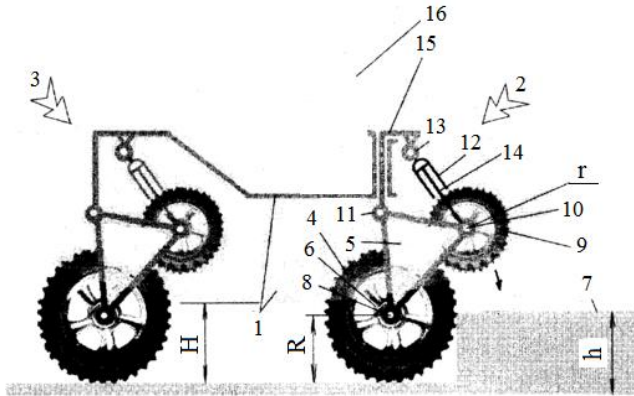


Рисунок 4.31 – Схема транспортного засобу (перший варіант конструкції, вид збоку):  $H$  – дорожній просвіт транспортного засобу;  $R$  – радіус ведучого колеса (за вирахуванням вертикальної деформації шини в плямі контакту з дорогою);  $r$  – радіус веденого (упорного) колеса;  $h$  – висота бордюрного каменю або сходової ступені; 2, 3 – колісні вузли; 4 – ведуче колесо; 5 – привід повороту важеля; 6 – привід обертання колеса; 8, 10, 11, 13 – шарніри; 14 – ланка

Кожен з колісних вузлів 2, 3 містить:

- ведуче колесо 4;
- важіль 5;
- привід обертання колеса 6;
- привід повороту важеля 5.

Колісні вузли 2, 3 виконані і орієнтовані однаково.

Важіль 5 виконаний з рознесеними по вершинах трикутника поперечними шарнірами (тобто шарнірами, вісі яких перпендикулярні площині обертання колеса 4).

Колесо 4 встановлено на нижньому шарнірі 8.

Друге колесо 9 встановлено на винесеному вперед другому шарнірі 10.

За допомогою третього шарніра 11 важіль 5 встановлений на несучій конструкції 1 з можливістю повороту в своїй площині в діапазоні менше  $180^\circ$ .

Привід повороту важеля виконаний у вигляді силового циліндра 12, який шарнірно закріплений (поперечний шарнір 13)

на несучій конструкції 1 вище шарнірів 8, 10, 11 і пов'язаний висувною ланкою (в даному випадку – штоком) 14 з шарніром 10.

Шарніри 11 і 13 встановлені на загальній для них проміжній ланці 15, яка, в свою чергу, встановлена на несучій конструкції 1 з можливістю повороту навколо вертикальної вісі в діапазоні не більше  $\pm 90^\circ$  по азимуту. При цьому проміжні ланки 15 передніх колісних вузлів 2 можуть бути виконані у вигляді поворотних стійок (рис. 4.31), пов'язаних з рульовим пристроєм 16.

Друге колесо 9, встановлене на шарнірі 10, виконано веденим і меншого діаметру ( $2r$ , де  $r$  – його радіус в вільному стані) в порівнянні з діаметром  $2R$  колеса 4 (рис. 4.32).

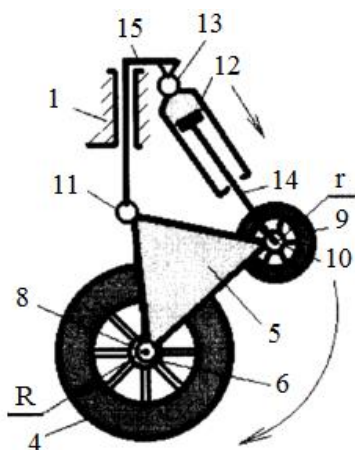


Рисунок 4.32 – Схема переднього колісного вузла: 5 – важіль; 8 – основне колесо; 9 – мале колесо; 10, 11 – шарнір; 12 – циліндр; 14 – шток; 15 – опора циліндра

Важіль 5 з силовим циліндром 12 виконані і встановлені з можливістю силового упору в опорну поверхню піднесеної профільної перешкоди 7, наприклад, ступеня, на рівні  $h$  не нижче вісі колеса 4, тобто не нижче величини  $R$ .

Силовий циліндр 12 виконаний гідравлічним.

#### **4.8.2 Порядок роботи рушія за першим варіантом конструктивного виконання**

При русі по рівній поверхні транспортний засіб переміщується на колесах 4 за звичайною схемою 4x4, при вивішених ведених колесах 9. При відсутності в конструкції поворотної проміжної ланки 15, поворот транспортного засобу здійснюють бортовим (силовим) способом (за рахунок різного напрямку обертання коліс 4 лівих і правих колісних вузлів 2, 3). При наявності ланки 15, поворот здійснюють, залежно від конкретних умов експлуатації, або бортовим, або кінематичним способом – синхронним поворотом, за допомогою приводу 16, лівого і правого колісних вузлів 2 в одну сторону.

Для подолання ступеневої перешкоди 7 транспортний засіб рухається до упору колеса 4 (лівого і правого або одного з них) в його торець і (або кромку). Потім опускають, за допомогою циліндра(ів) 12, колесо (колеса) 9 на перешкоду (на ступень) 7. При цьому важіль 5 повертається на шарнірі 11 за годинниковою стрілкою. Це зображено пунктирним фрагментом на рисунку 4.31. Продовжуючи силовий вплив штока 14 циліндра 12 на вісь колеса 9 (на шарнір 10) забезпечують поворот важеля 5. Це призводить до відриву колеса 4 від дороги і його підйом. Таким чином, опорна функція переднього колеса (коліс) 4 тимчасово переходить до колеса (коліс) 9, причому вже на ступені 7. При недостатності зчеплення ведучого колеса 4 з щаблем 7, поступальний рух транспортного засобу забезпечується задніми ведучими колесами. Надалі, при вході переднього колеса (коліс) 4 в конус (кут) тертя ступені 7, воно (вони) знову переходить в ведучий режим. Починаючи з цього моменту, колесо (колеса) 9 можуть бути підняті за допомогою циліндра(ів) 12, в тому числі як підготовка до подолання чергової сходинки описаним способом. При цьому важіль 5 повертається проти годинникової стрілки. Задні колісні вузли 3 можуть працювати, зрозуміло, аналогічно.

Використання конструкції рушія за першим варіантом дозволяє поліпшити техніко-експлуатаційні характеристики транспортних засобів високої прохідності з підвищеними масогабаритними показниками (що відносяться до середньорозмірних транспортних засобів) в умовах дорожніх і

комунальних робіт з очищення території (з точки зору профільної прохідності).

Транспортний засіб високої прохідності за другим варіантом містить (рис. 3.33):

– несучу конструкцію (раму, несучий корпус, основа крісла водія чи інший їх аналог) 17;

– колісно-крокуючий рушій, що включає в себе попарно згруповані передні 18 і задні 19 колісні вузли.

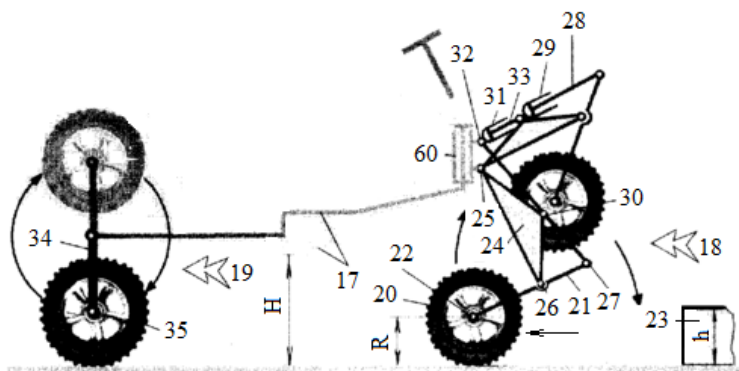


Рисунок 4.33 – Схема транспортного засобу (другий варіант конструкції), з підвіскою заднього колісного вузла у вигляді шарнірного одноланника (вид збоку)

Відстань від поверхні дороги до нижнього рівня розташування несучої конструкції 17 або жорстко пов'язаних з нею «корпусних» деталей визначає дорожній просвіт  $H$  транспортного засобу.

Кожен з колісних вузлів 18, 19 складається з:

- одного ведучого колеса 20;
- важільного пристрою з важелем 21 колеса 20;
- приводу 22 обертання колеса 20;
- приводів зміни взаємного положення елементів важільного пристрою.

Транспортний засіб містить також систему управління приводами (не показана). Колісні вузли 18, 19 виконані неоднаковими.

Важільний пристрій кожного колісного вузла 18 забезпечено додатковим важелем 24 з рознесеними по вершинах трикутника поперечними шарнірами (тобто шарнірами, вісі яких перпендикулярні площині обертання колеса 20).

Важіль 24 прикріплений до несучої конструкції 17 за допомогою шарнірів 25, з можливістю повороту в своїй площині менше 180°.

Важіль 21 закріплений (в точці, що лежить між його кінцями, переважно на відстані 2/3 його довжини від вісі колеса 20) в шарнірі 26 і шарнірно з'єднаний (шарнір 27) вільним кінцем з висувною ланкою 28 силового циліндра 29. Останній закріплений на важелі 24 за допомогою шарніра 30, який у вихідному своєму становищі винесений вперед по відношенню до шарнірів 25 і 26.

Привід зміни взаємного положення елементів важільного пристрою в цілому додатково містить силовий циліндр 31, який шарнірно закріплений (поперечний шарнір 32) на несучій конструкції 17 вище шарнірів 25, 26, 30 і пов'язаний кінцем висувної ланки (в даному випадку – штока) 33 з шарніром 30.

Пристрій передбачає, переважно, бортову (силову) схему повороту транспортного засобу. З метою поліпшення маневреності, несуча конструкція може бути виконана зчленованою.

В принципі, лівий і правий колісні вузли 18 можуть бути максимально наближені до поздовжньої вісі транспортного засобу (при значно рознесених один від одного, в поперечному напрямку, лівому і правому колісних вузлах 19). При цьому забезпечується триточковий симетричний контакт транспортного засобу (і, відповідно, стійкість) при піднятому лівому або правому колесі 20. Однак, це тягне за собою ускладнення системи повороту транспортного засобу.

Силові циліндри 29 і 32 виконані однаковими.

Всі колісні вузли (18, 19) виконані з можливістю незалежного один від одного підйому коліс вище рівня днища несучої конструкції 17, при цьому можливе зменшення дорожнього просвіту  $H$  до нуля (при підйомі всіх коліс вище зазначеного рівня).

Важільний пристрій заднього колісного вузла 19 виконано у вигляді важеля 34, пов'язаного з приводом його обертання (не

показаний) в площині обертання колеса 35, тобто у вигляді одноланкового механізму. У цьому випадку зазначений підйом колеса 35 вище рівня днища несучої конструкції 17 можливий саме за рахунок приводу обертання важеля 34 (рис. 4.33).

Як інший конструктивний варіант заднього колісного вузла 19, його важільний пристрій виконаний у вигляді детально описаного нижче замкнутого шарнірного п'ятиланника (рис. 4.34, 4.35).

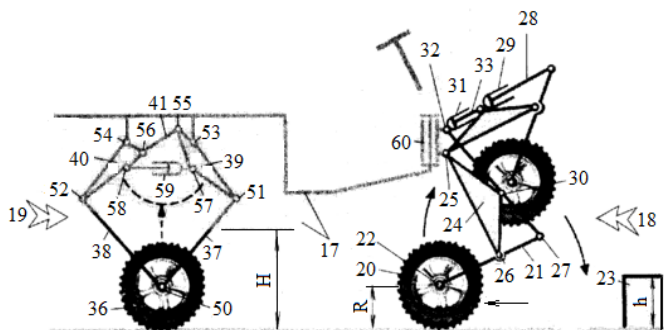


Рисунок 4.34 – Схеми транспортного засобу (другий варіант конструкції), з підвіскою заднього колісного вузла у вигляді замкнутого шарнірного п'ятиланника (вид збоку)

П'ятиланник включає в себе ромбоутворюючі важелі (ланки) 37–40 і замикаючий важіль (ланку) 41, які симетрично розташовані щодо поперечної вертикальної площини, що проходить через вісь колеса 36. При цьому:

– важелі (ланки) 39 і 40 виконані в площині обертання колеса 36, чотирьохсторонниками (сторони 42–45 і 46–49 відповідно) розрахункової геометрії;

– важелі 37 і 38 взаємопов'язані поперечним шарніром 50, на якому встановлено колесо 36.

На важелях (ланках) 39, 40 передбачено по чотири поперечних шарніра 51–58 (в порядку парності «справа-зліва» п'ятиланника). Верхні шарніри 53 і 54 важелів 39 і 40 відповідно закріплені на несучій конструкції 17 транспортного засобу). Шарніри 55 і 56 взаємопов'язані замикаючим важелем 41. В центрі згаданого ромба розташований привід (переважно,

гідроциліндр) 56 підйому колеса 36, кінці нерухомого та висувного ланок якого встановлені на шарнірах 57 і 58 відповідно.

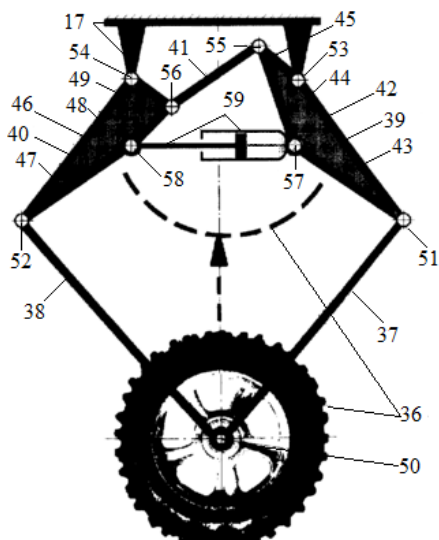


Рисунок 4.35 – Схема п'ятиланника, наведеного на рисунку 4.34

Незалежно від варіанту конструкції заднього колісного вузла 19, передні колісні вузли 18 можуть бути виконані, як і в транспортному засобі за першим варіантом, поворотними (поворотна ланка 60 аналогічна ланці 15).

#### 4.8.3 Порядок роботи рушія за другим варіантом конструктивного виконання

Прямолінійний і криволінійний рухи транспортного засобу по рівній поверхні аналогічні руху транспортного засобу за першим варіантом.

Для подолання ступеневої перешкоди 23 транспортний засіб рухається до упору колеса 20 (лівого і правого або одного з них) в його торець і (або) кромку. Після цього піднімають за допомогою циліндра 31, важіль 24, який упертий в щабель 23 колісного вузла, а значить і весь важільний пристрій з колесом 20 в незмінній конфігурації на висоту (до низу колеса 20) ступені 23

(рис. 4.32, 4.34). При цьому транспортний засіб може тимчасово виявитися на трьох точках опори. Потім важіль 24 опускають, за допомогою того ж циліндра 31, на щабель 23. Забезпечивши таким чином нову точку опори на більш високому рівні, виконують, при необхідності, аналогічну операцію з іншим колісним вузлом 18. Задні колеса 35 продовжують ведучим режимом сприяти подоланню ступеневої перешкоди 23.

В болоті, а також на іншій місцевості з несприятливою несучою здатністю, обидва задніх колеса піднімають за допомогою приводу обертання важеля 34. При цьому задня частина несучої конструкції 17 лягає на ґрунт. Після цього, по черзі перемістивши обидва колісних вузла 18 вперед-вгору забезпечують опускання на ґрунт передньої частини несучої конструкції 17. Одночасно підтягують несучу конструкцію 17 «лежачи» вперед на один «крок» за допомогою синхронної роботи циліндрів 31 і (або) 29 лівого і правого колісних вузлів 18. Подальший поступальний рух транспортного засобу здійснюють зазначеним способом покровоко. Таким же чином, способом «підтягування лежачи», можливий рух на окремих ділянках лісових завалів і руїн будівель і споруд. При цьому зачеплення коліс з 20 відбувається з тильного поверхнею профільних перешкод.

Використання конструкції рушія за другим варіантом дозволяє поліпшити техніко-експлуатаційні характеристики транспортних засобів з підвищеними масогабаритними показниками по профільній і несучій прохідності в екстремальних умовах експлуатації: сильнопересічена місцевість, болота, лісові завали, руїни, завали на лісових і гірських дорогах.

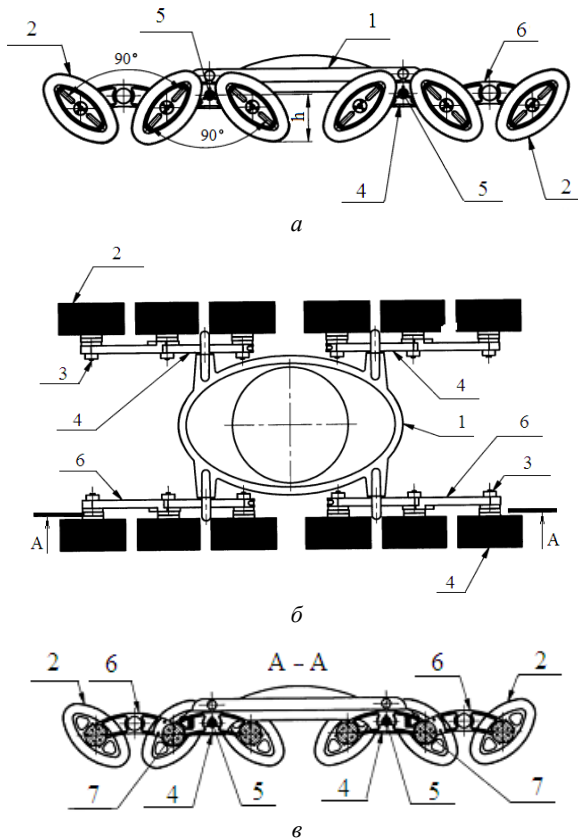
#### **4.9 Рушій з колесами у вигляді еліпса**

Пропонується конструкція колісного рушія, який володіє швидкістю еквівалентного колеса або його радіусу, рівному відрізку, що проходить від центру валу приводу обертання кронштейнів до центру обертання колеса на кронштейні, плюс радіус цього колеса [24]. Цим вирішується завдання розширення технічних можливостей колісного рушія і більш широкого застосування його на пересіченій місцевості та у важкопрохідних місцях.



Проведене комп'ютерне моделювання показало, що пропонуваній рушій долає перешкоди висотою, що перевищує не менше двох діаметрів еквівалентного по довжині окружності колеса. Такі технічні характеристики значно збільшують можливості застосування рушія в піщаних ґрунтах, болотистій і пересіченій місцевості, а також в умовах глибокого снігового покриву ґрунту або крижаних торосів.

Варіант пропонуваного колісного рушія представлений на рисунку 4.36 а–г.



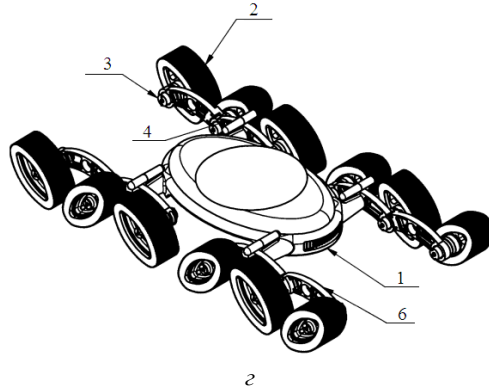


Рисунок 4.36 – Рушій з колесами у вигляді еліпса:  
*a* – вид збоку; *б* – вид зверху; *в* – розріз по А-А; *г* – вид в ізометрії

Варіант виконання пропонованого колісного рушія представлений у вигляді моделі, що складається з наступних основних частин:

- платформа *1*, забезпечена з кожного боку шістьма еліпсоїдними колесами *2*;
- приводи коліс *3*.

За два еліпсоїдних колеса *2* встановлено на коромисла *4*, які шарнірно з'єднані з платформою через вісь *5*, що проходить посередині між осями еліпсоїдних коліс *2*, встановлених на коромисло *4*.

Інші еліпсоїдні колеса *2* встановлені на важелі *6*, шарнірно пов'язані з коромислом *4* віссю *7*.

Еліпсоїдні колеса *2*, встановлені на коромисла *4* і важелі *6*, розташовані один до одного взаємно перпендикулярно великими осями та їх обертання синхронізовано.

Вісі еліпсоїдних коліс *2*, встановлених на важелі *6*, виходять за межі габаритів платформи *1*.

Коромисла *4* і важелі *6* мають можливість обмеженого повороту навколо своїх осей *5* і *7*.

Колісний рушій працює наступним чином.

Початок руху в будь-яку сторону здійснюється приводами *3* еліпсоїдних коліс *2* шляхом зміни напрямку обертання. Повороти і розвороти на місці проводяться за рахунок зміни швидкості

обертання правих і лівих еліпсоїдних коліс 2 або за рахунок їх реверсу – при розвороті на місці. Регулювання швидкості відбувається в результаті зміни числа обертів приводу 3.

Фрагменти комп'ютерного моделювання руху колісного рушія по пересіченій місцевості наведені на рисунку 4.37 *а–д*.

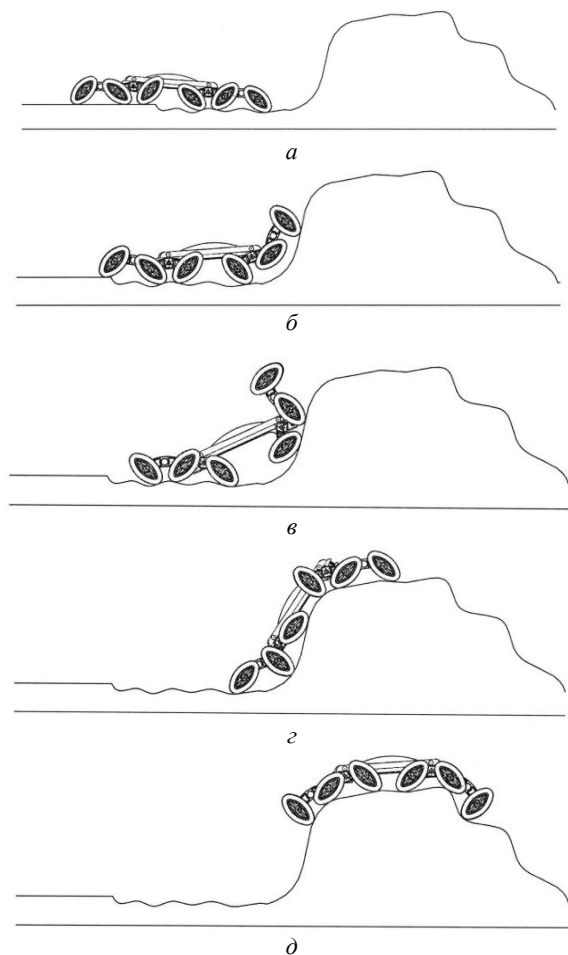


Рисунок 4.37 – Комп'ютерне моделювання руху колісного рушія:  
*а–д* – фрагменти руху

При русі колісного рушія платформа *1* не змінює положення свого центру тяжіння. Це відбувається тому що:

- одні еліпсоїдні колеса *2* встановлені на коромисла *4*, які шарнірно (вісь *5*) закріплені на платформі *1* з можливістю обмеженого повороту у вертикальній площині;

- інші еліпсоїдні колеса *2* встановлені на важелі, також шарнірно (вісь *7*), і розташовані по відношенню один до одного на коромислах *4* і важелях *6* так, що їх великі вісі еліпсів розташовані один до одного під  $90^\circ$  і обертаються синхронно.

Шарнірне (вісь *7*) закріплення важеля *6* на коромислі *4* дозволяє еліпсоїдному колесу *2*, встановленому на ньому, легко наїжджати на перешкоди. При такій установці і обертанні еліпсоїдних коліс *2* вісь *5* не змінює свого положення по відношенню до поверхні, по якій рухається колісний рушій, і її відстань від цієї поверхні постійна і дорівнює  $-h$ . У зв'язку з цим вся платформа *1* не змінює свого положення відносно ґрунту або ці зміни зведені до мінімуму.

При підході до перешкоди (рис. 4.37 *а, б*) першим на нього наїжджає колесо *2*, закріплене на важелі *6*, воно з легкістю захоплює його завдяки своїй еліпсоїдній формі. При цьому енергії витрачається стільки ж, скільки і при русі на звичайному колесі, так як незмінним залишається положення центра ваги платформи *1* при обертанні еліпсоїдних коліс *2*, але при цьому відбувається ефективний контакт з перешкодою (рис. 4.37 *б–д*) за рахунок еліпсоїдної форми колеса *2*.

Колісний рушій (рис. 4.37 *г, д*) охоплює перешкоду з усіх боків і ефективно долає його. Крім цього, при наїзді на перешкоду (рис. 4.37 *а, б*) не вся маса колісного рушія долає його. Все відбувається поетапно, спочатку заїжджають еліпсоїдні колеса *2*, розташовані на важелях *6*, а потім послідовно інші частини колісного рушія.

Порівняльний аналіз звичайного колеса, еквівалентного по довжині кола еліпсоїдному колесу *2*, показав, що при однакових умовах експлуатації значно ефективнішим є еліпсоїдне колесо *2*, встановлене вищеописаним чином. У порівнянні зі звичайним колісним рушієм пропонується колісний рушій більш ніж в два рази ефективніший при рівних енергетичних витратах на переміщення.

Найбільш важливе застосування пропонованого колісного рушія – це робота в важкопрохідних місцях – піщані, болотисті і пересічені місцевості, ґрунти з високим сніговим покривом, крижані тороси тощо.

#### **4.10 Колісно-крокуючий рушій з функцією активної підвіски**

##### **4.10.1 Загальний устрій рушія**

Пропонується конструкція колісно-крокуючого рушія, в якому для підвищення надійності, рухливості і маневреності транспортного засобу забезпечується можливість [48]:

– регулювання відносного положення коліс і корпусу по вертикалі, включаючи зміну дорожнього просвіту, безпосередньо під час руху в колісному режимі з будь-якого профілю. Це дозволяє реалізувати різні автоматичні алгоритми адаптації повнопривідного транспортного засобу до складного рельєфу.

– повертати площину обертання коліс відносно вертикальної вісі з мінімальним опором при будь-якій конфігурації механізму крокування.

Рушій (рис. 4.38) складається з наступних частин:

- двох пустотілих, шарнірно зчленованих важелів 1 і 2;
- механізму крокування з електродвигуном 9;
- тягового приводу 6 колеса з електродвигуном 23;
- рульового механізму колеса з електродвигуном 24;
- колеса.

Важіль 1 поворотно встановлений на стакані 3, конструктивно об'єднаному з корпусом (рамою) транспортного засобу.

Важіль 2 пов'язаний поворотно з корпусом рульового механізму 4. Вихідний вал рульового механізму лежить в одній площині з вільною віссю важеля 2 перпендикулярно їй і з'єднаний з кронштейном 5. Кронштейн 5 конструктивно об'єднаний з фланцем тягового приводу 6 колеса 7 таким чином, що вісь шворня, яка збігається з віссю вихідного вала рульового механізму, проходить через центр плями контакту колеса з опорною поверхнею.

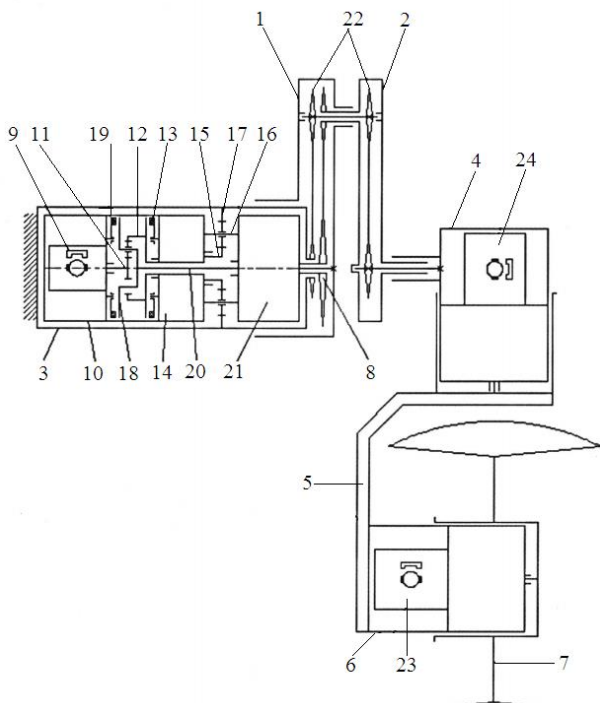


Рисунок 4.38 – Структурно-кінематична схема колісно-крокуючого рушія, в конфігурації, що забезпечує рух в колісному і колісно-крокуючому режимах: 1, 2 – важіль; 3 – стакан; 4 – рульовий механізм; 5 – кронштейн; 6 – тяговий привід; 7 – колесо; 8 – передача; 9, 23, 24 – електродвигун; 10 – поворотний корпус; 11, 15 – сонячна шестерня; 12, 17 – епіцикл; 13, 19 – електромагнітне гальмо; 14, 21 – редуктор; 16, 18 – водило; 20 – вал; 22 – ланцюгова передача

Важелі механізму крокування рушія пов'язані один з одним за допомогою передачі 8, що складає потоки потужності, виконаної у вигляді ланцюгової передачі. Передавальне відношення ланцюгової передачі від першого до другого важеля дорівнює  $+0,5$ , тому вільна вісь другого важеля 2 при обертанні першого важеля 1 здійснює строго лінійні переміщення.

Електродвигун 9 механізму крокування конструктивно об'єднаний з поворотним корпусом 10, який встановлений поворотно всередині склянки 3. Вал електродвигуна з'єднаний з сонячною шестерню 11 блокуючого механізму.

Епіцикл 12 блокуючого механізму забезпечений електромагнітним гальмом 13, встановленим в поворотному корпусі 10, і з'єднаний через редуктор 14 і планетарну передачу з корпусом транспортного засобу.

Планетарна передача складається з сонячної шестерні 15, водила 16, епіциклу 17, встановленого всередині стакана 3. Водило 18 планетарної передачі забезпечено електромагнітним гальмом 19, також встановленим в поворотному корпусі 10. Водило 18 пов'язане з валом 20, що проходить через центральний отвір редуктора 14, з редуктором 21 механізму крокування, вихідний вал якого, в свою чергу, жорстко пов'язаний з першим важелем 1.

Електромагнітне гальмо 13 забезпечує гальмування поворотного корпусу 10.

Обертанням поворотного корпусу 10 на кут  $90^\circ$  відбувається переклад рушія або в режим колісного крокування, або в режим регулювання відносного положення коліс і корпусу транспортного засобу по вертикалі, тобто в режим роботи активної підвіски.

Електромагнітне гальмо 19 забезпечує гальмування важелів 1 і 2 механізму крокування.

Усередині важелів 1 і 2 розміщена реактивна ланцюгова передача 22, яка пов'язує корпус рульового механізму 4 з корпусом транспортного засобу.

Передавальне відношення ланцюгової передачі 22 дорівнює +1, тому, при повороті важелів 1 і 2 механізму крокування рульовий механізм 4 разом з колесом 7 здійснює плоско-паралельні переміщення, зберігаючи орієнтацію вісі шворня таким чином, що вона проходить через центр плями контакту колеса з опорною поверхнею. Орієнтація вісі шворня зберігається і при обертанні поворотного корпусу 10.

Тяговий привід 6 забезпечений електродвигуном 23, а рульовий механізм 4 забезпечений електродвигуном 24. Гальмування електродвигунів 23 і 24 може вироблятися механічно, за допомогою вбудованих електромагнітних гальм (умовно не показані), або електрично, гальмівним режимом управління.

Як видно з рисунку 4.38, на горизонтальній площадці, в положенні «номінальна колісна база» всі горизонтальні вісі повороту двох вільних і двох зчленованих кінців важелів механізму крокування, а також горизонтальна вісь обертання колеса виявляються в одній площині, перпендикулярній опорній поверхні. У цій же площині знаходяться вісі обертання нових компонентів – горизонтальні вісі обертання валу двигуна 9 і поворотного корпусу 10, а також вертикальна вісь повороту кронштейна 5 (вісь шворня).

#### **4.10.2 Порядок роботи рушія**

При включених (механічно замкнутих) гальмах 13 і 19, важелі 1 і 2, і поворотний корпус 10 заблоковані з корпусом транспортного засобу як одне ціле. Тому, при одночасному включенні електродвигунів 23 тягових приводів б транспортного засобу виконується колісний режим руху, а при гальмуванні цих електродвигунів забезпечується гальмівний режим (рис. 4.38).

За допомогою електродвигунів 24 рульових механізмів 4 здійснюється поворот коліс 7 для задавання необхідної траєкторії руху транспортного засобу.

Перед переходом рушія в режим колісного крокування колеса 7 повинні бути встановлені за допомогою рульових механізмів 4 таким чином, щоб площини їх обертання були паралельні поздовжній вісі транспортного засобу.

Режим колісного крокування складається з двох етапів:

- винесення колеса;
- відштовхування (перенесення корпусу транспортного засобу).

При включенні гальма 13 і виключенні гальма 19 здійснюється етап винесення колеса. Для цього включається електродвигун 9. Крутний момент з вала електродвигуна 9 через водило 18, вал 20, редуктор механізму крокування 21 передається на важіль 1 механізму крокування і через підсумовуючу передачу на важіль 2 цього механізму. При цьому крутний момент від електродвигуна 23 тягового приводу б одночасно приводиться в обертання колеса 7.

Винесення кожного колеса (рис. 4.39) транспортного засобу проводиться по черзі, інші колеса при цьому загальмовані.



Переміщення вісі обертання колеса, навіть при відсутності його контакту з опорною поверхнею, відбувається в площині, паралельній опорній поверхні зі швидкістю  $V_K$ , величина якої визначається алгоритмами управління:

- електродвигуна 9 і, відповідно, кутовий швидкістю  $\beta$  обертання першого важеля;
- електродвигуна 23 і, відповідно, кутовий швидкістю колеса  $\omega_K$ .

При цьому поступальна швидкість корпусу транспортного засобу  $V_{Хкор}$  і його вертикальна швидкість  $V_{Zкор}$  рівні нулю.

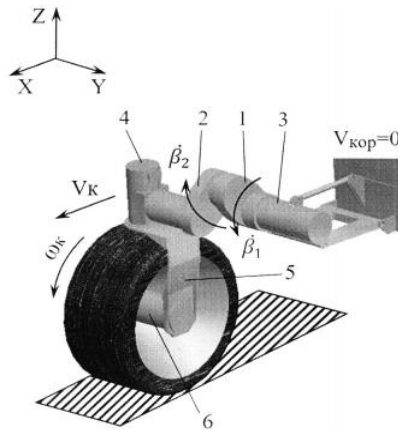


Рисунок 4.39 – Компонувочна схема рушія в конфігурації для руху в колісно-крокуючому режимі

Режим виносу коліс використовується, крім класного крокування, також для установки короткою (рис. 4.40 а) і довгою (рис. 4.40 в) колісної бази. Це досягається шляхом виносу коліс передньої і задньої колісних осей або в протилежних, або у зустрічних напрямках відносно номінального положення (рис. 4.40 б).

Колісний режим руху і поворот площини обертання коліс можливі в будь-якому положенні важелів 1 і 2 механізму крокування, в тому числі при номінальній, довгій і короткій колісних базах транспортного засобу.

При включенні гальма 13 і виключенні гальма 19 здійснюється також і етап перенесення корпусу. При цьому від електродвигуна 9 обертаються важелі 1 і 2 механізмів крокування всіх рушіїв відповідно зі швидкостями  $\beta$  і  $\beta_1$ , а тяговий привід 6 всіх мотор-колів транспортного засобу загальмовується,  $\omega_k=0$ .

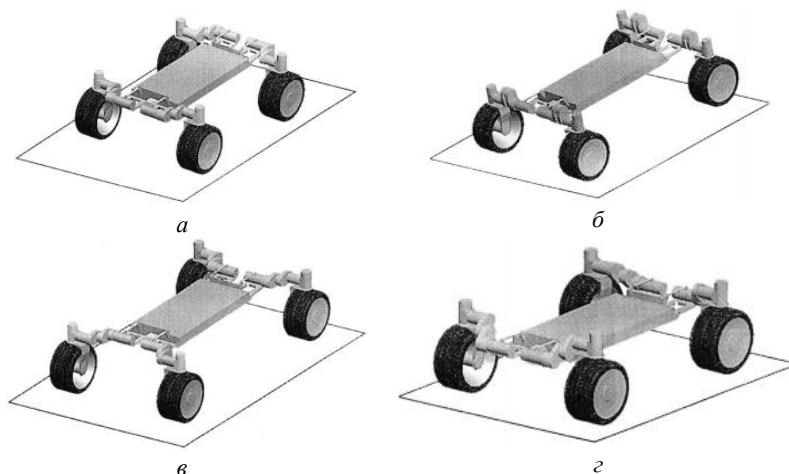


Рисунок 4.40 – Компонувачні схеми самохідного шасі транспортного засобу в конфігураціях: *a* – «коротка база»; *б* – «номінальна база»; *в* – «довга база»; *г* – «транспортувальне положення»

### 4.10.3 Підготовка рушія до роботи

Підготовку до роботи рушія в колісному режимі з можливістю регулювання відносного положення колів і корпусу транспортного засобу по вертикалі, наприклад, для зміни кліренсу (дорожнього провіту), виробляють при наступній послідовності операцій для кожного колеса рушія.

Включенням етапу перенесення колеса (гальмо 13 включене, гальмо 19 вимкнене) і одночасним включенням двигуна 9 механізму крокування і двигуна 23 тягового приводу 6 здійснюється переміщення колеса до моменту, коли вільні вісі важелів 1 і 2 збігаються. При цьому важелі займають описане вище і наведене на рис. 1 і рис. 3 *б* «номінальне становище». Після досягнення цього положення гальмо 13 вимикається, гальмо 19 включається, тяговий привід 6 колеса 7

загальмовується. При включенні електродвигуна 9 здійснюється обертання поворотного корпусу 10 в стакані 3 разом з електродвигуном 9 і важелями 1 і 2 як єдине ціле, так як вони зблоковані гальмом 13.

Поворот корпусу 10, незалежно від напрямку обертання, проводиться на  $90^\circ$ , коли загальна вісь важелів механізму крокування в зчленуванні, виявиться в одній горизонтальній площині з вільними осями повороту важелів. Після цього електродвигун 9 вимикається і включається гальмо 19. Ці операції виконуються для всіх коліс транспортного засобу по одному або для всіх одночасно і підготовка до роботи колісно-крокуючого рушія з функцією активної підвіски завершується, так як механізми крокування змінили горизонтальну траєкторію руху своїх вільних осей на вертикальну.

#### **4.10.4 Робота рушія в режимі активної підвіски**

Робота рушія в режимі активної підвіски відбувається при включеному гальмі 13 і вимкненому гальмі 19 обертанням важелів 1 і 2 в кожному приводі механізму крокування рушія за допомогою електродвигуна 9. Залежно від напрямку обертання вихідного вала двигуна 9 виробляється відповідне переміщення корпусу:

- або для збільшення дорожнього просвіту;
- або для зменшення дорожнього просвіту, причому кліренс може змінюватися в діапазоні подвійної суми довжин обох важелів.

Після виставки відповідного дорожнього просвіту проводиться відключення двигуна 9 і включення гальма 19.

Регулювання відносного положення коліс і корпусу по вертикалі може здійснюватися не тільки на стоянці, а й в русі (рис. 4.41). При цьому в усьому діапазоні роботи механізмів крокування можлива зміна площини обертання коліс за допомогою рульових механізмів. Швидкість поступального руху колеса і корпусу при цьому збігаються  $V_K = V_{Xkop}$  і визначається алгоритмами управління електродвигуном 23 тягового приводу 6. Вертикальна швидкість корпусу транспортного засобу  $V_{Zkop}$  визначається алгоритмами управління електродвигуна 9.

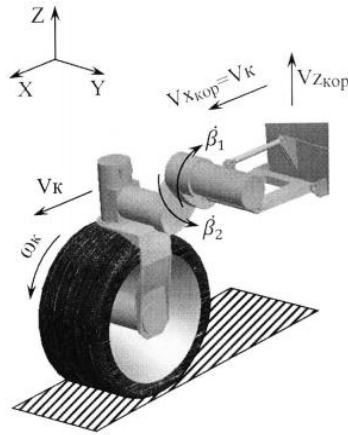
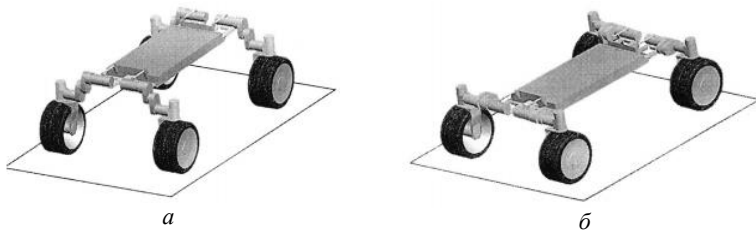


Рисунок 4.41 – Компоновочна схема рушія в конфігурації для руху в колісному режимі з функцією активної підвіски

Важелі 1 і 2 можуть встановлюватися не тільки в початкове положення з горизонтальною (колісно-крокуючий режим) або вертикальною (режим роботи активної підвіски) траєкторією руху вільних осей важелів механізму крокування, але і в будь-яке проміжне положення між цими положеннями. Це дає можливість, наприклад, зменшити габаритні розміри самохідного шасі в транспортувальному положенні (рис. 4.40 з).

Таким чином, конструкція активної підвіски рушія дозволяє адаптуватися до рельєфу місцевості (рис. 4.42). Крім того, у всіх положеннях важелів механізму крокування, як при русі із змінною колісною базою, так і при роботі механізму крокування в режимі активної підвіски забезпечується робота рульових механізмів.



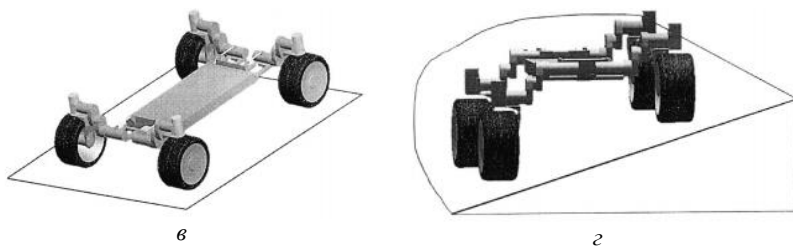


Рисунок 4.42 – Компонувочні схеми самохідного шасі транспортного засобу в конфігураціях колісно-крокуючого рушія з функцією активної підвіски в колісному режимі: *a* – з максимальним кліренсом; *b* – з номінальним кліренсом; *в* – з мінімальним кліренсом; *z* – при русі по косогуру зі збереженням горизонтального положення корпусу

На рисунку 4.43 наведено проектний варіант чотирьохколісного самохідного шасі масою приблизно 100 кг з колісно-крокуючим рушієм, розробленим на основі структурно-кінематичної схеми (рис. 4.38), здатним реалізувати функції активної підвіски при русі в колісному режимі за довільним профілем.

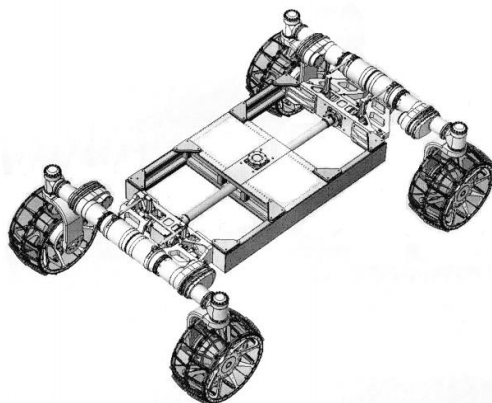


Рисунок 4.43 – Проектний варіант чотирьохколісного самохідного шасі масою приблизно 100 кг з колісно-крокуючим рушієм

На рисунку 4.44 приведена конфігурація самохідного шасі для маневрування без зміни орієнтації поздовжньої вісі транспортного засобу. Самохідне шасі здатне забезпечити рух з повною масою 750–800 кг:

– в колісному режимі руху з пасивною балансірною підвіскою по спокійному рельєфу, по зв'язному ґрунту і ґрунтам, що деформуються, з несучою здатністю більше 30 кПа, на підйоми не більше  $7^{\circ}$ – $10^{\circ}$ , зі швидкістю до 1,4 км/год;

– в колісному режимі руху зі спільною роботою пасивної і активної підвісок по складному рельєфу, включаючи камені висотою до 0,5 м (на порівняно рівній поверхні), на підйоми не більше  $20^{\circ}$ – $25^{\circ}$ , по зв'язному ґрунту і ґрунту, що деформується, з несучою здатністю 20–30 кПа зі швидкістю до 0,4 км/год;

– в колісно-крокуючому режимі з рівномірною перериваною ходою на підйоми до  $32^{\circ}$ – $34^{\circ}$  по зв'язному ґрунту і ґрунту, що деформується з несучою здатністю не менше 5–10 кПа зі швидкістю до 0,025 км/год.

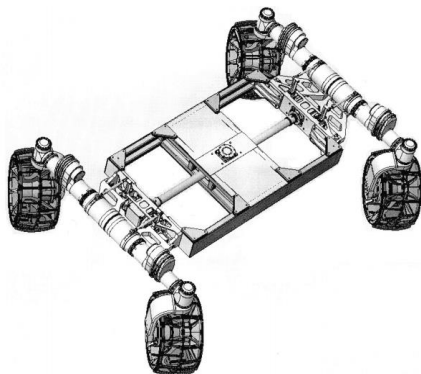


Рисунок 4.44 – Конфігурація самохідного шасі для маневрування без зміни орієнтації поздовжньої вісі транспортного засобу

## **4.11 Колісно-крокуючий рушій зчленованого транспортного засобу**

### **4.11.1 Загальний устрій рушія**

Пропонується конструкція колісно-крокуючого рушія зчленованого транспортного засобу, яка забезпечує підвищення маневреності, керованості, швидкохідності, прохідності і безпеки транспортного засобу за рахунок можливості подолання ескарпів, контрескарпів, траншей, сходів, а також можливості руху по пересіченій місцевості з високою швидкістю без відриву коліс від опорної основи [49].

Транспортний засіб (рис. 4.45 *а–в*) забезпечено процесором управління рухом і включає передню 1 і задню 2 корпусні секції, з'єднані між собою зчпним пристроєм 3. Передня і задня корпусні секції забезпечені лівим 4 і правим 5 механізмами повороту поздовжніх лівих (передніх і задніх) 6 і правих (передніх і задніх) 7 важелів, пов'язаних кожен зі своїм ведучим колесом 8. Всі ведучі колеса забезпечені індивідуальним тяговим приводом.

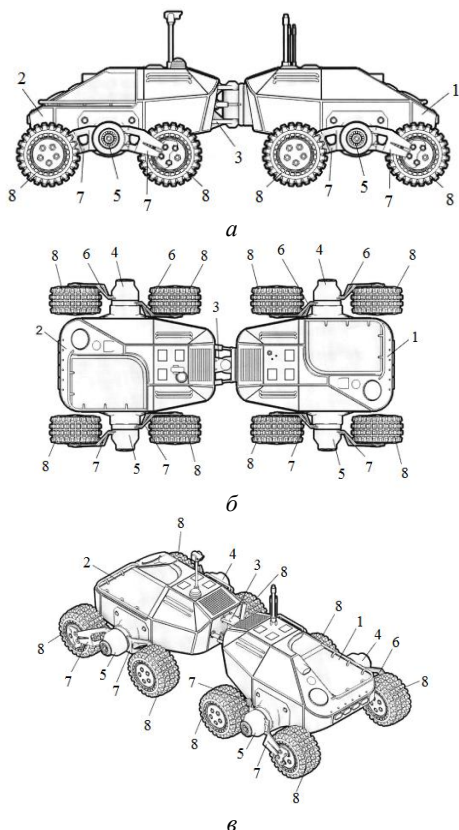


Рисунок 4.45 – Зчленований транспортний засіб: *а* – вид збоку; *б* – вид зверху; *в* – вид в ізометрії: 1 – передня корпусна секція; 2 – задня корпусна секція; 3 – зчпний пристрій; 4 – ліві механізми повороту поздовжніх важелів; 5 – праві механізми повороту поздовжніх важелів; 6 – ліві поздовжні важелі; 7 – праві поздовжні важелі; 8 – колеса

Зчіпний пристрій (рис. 4.46) забезпечує поворот передньої 1 і задньої 2 корпусних секцій один щодо одного навколо двох осей. Некерований поворот корпусних секцій здійснюється навколо поздовжньої вісі 9 транспортного засобу, а регульований поворот корпусних секцій – навколо вертикальної вісі 10 (в горизонтальній площині). Управління поворотом навколо вертикальної вісі забезпечується за допомогою керуючих актуаторів 11 по команді системи управління.

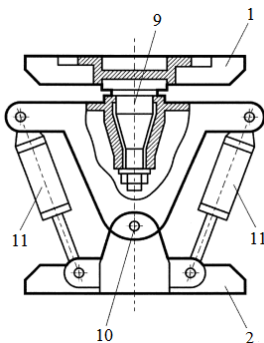


Рисунок 4.46 – Зчіпний пристрій: 1 – передня корпусна секція; 2 – задня корпусна секція; 9 – поздовжня вісь зчіпного пристрою; 10 – вертикальна вісь зчіпного пристрою; 11 – управляючі актуатори

Механізм повороту поздовжніх передніх і задніх важелів (рис. 4.47) містить вісь 12, пов'язану з корпусною секцією передньою 1 або задньою 2 в окружному напрямку за допомогою торсійного валу 13 і демпфера крутильних коливань 14. Торсійний вал, в свою чергу, з'єднаний з корпусною секцією за допомогою шліцьового з'єднання 15 і з демпфером крутильних коливань за допомогою шліцьового з'єднання 16. На вісі 12 жорстко закріплені стакани 17 і 18 і сонячні шестерні 19 і 20. Всередині стаканів встановлені електродвигуни 21 і 22, що призводять в обертання водила 23 і 24, які встановлені на вісі 12 на підшипникових опорах 25 і 26.



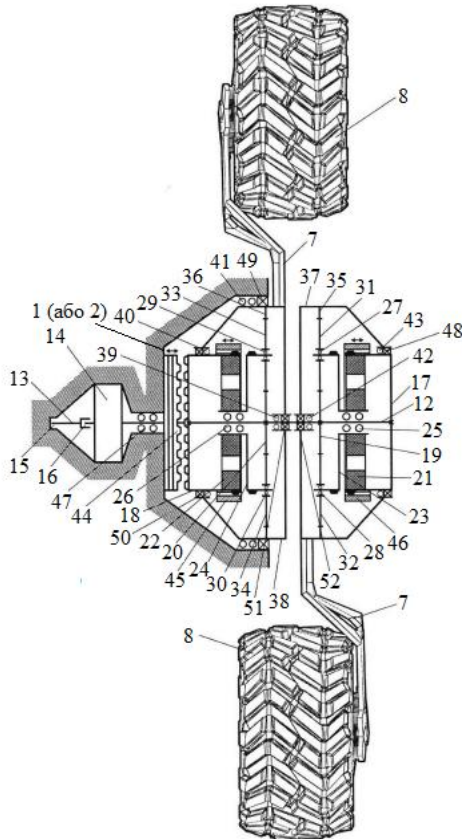


Рисунок 4.47 – Механізм повороту поздовжніх передніх і задніх важелів: 1 (або 2) – передня (або задня) корпусна секція; 7 – поздовжні важелі; 8 – колеса; 12 – вісь механізму повороту поздовжніх передніх і задніх важелів; 13 – торсіонний вал; 14 – демпфер крутильних коливань; 15, 16 – шліцьові з’єднання; 17, 18 – стакани; 19, 20 – сосячні шестерні; 21, 22 – електродвигуни; 23, 24 – водила; 25, 26 – підшипникові опори водил; 27, 28, 29, 30 – підшипникові опори сателітів; 31, 32, 33, 34 – сателіти; 35, 36 – коронні шестерні; 37, 38 – корпусні деталі; 39, 40, 41, 42, 43 – підшипникові вузли корпусних деталей; 44 – зубчаста муфта блокування повороту вісі відносно корпусної секції; 45, 46 – зубчасті муфти блокування поздовжніх важелів відносно вісі; 47 – підшипникова опора вісі; 48, 49, 50, 51, 52 – ущільнювальні пристрої

На осях кожного водила на підшипникових опорах 27, 28, 29 і 30 встановлені сателіти 31, 32, 33 і 34. Сателіти 31 і 32 знаходяться в зачепленні з сонячною шестернею 19 і з коронною шестернею 35. Сателіти 33 і 34 знаходяться в зачепленні з сонячною шестернею 20 і з коронною шестернею 36. Коронна шестерня 35 виконана разом з корпусною деталлю 37, коронна шестерня 36 – разом з корпусною деталлю 38. Корпусна деталь 38 може обертатися відносно вісі 12 (забезпечується підшипниковим вузлом 39), відносно стакана 18 (забезпечується підшипниковим вузлом 40) і відносно корпусної секції 1 або 2 (забезпечується підшипниковим вузлом 41). Корпусна деталь 37 може обертатися відносно вісі 12 (забезпечується підшипниковим вузлом 42) і відносно стакана 17 (забезпечується підшипниковим вузлом 43). Корпусні деталі 37 і 38 жорстко пов'язані з поздовжніми важелями 7, на іншому кінці яких встановлені ведучі колеса 8 з тяговим приводом.

Електродвигуни 21 і 22, сонячні шестерні 19 і 20, сателіти 31, 32, 33, 34 і коронні шестерні 35 і 36 утворюють планетарні мотор-редуктори, за допомогою яких забезпечується поворот поздовжніх важелів 7 з колесами 8 на будь-який кут в інтервалі 360°.

Блокування повороту вісі 12 відносно корпусних секції 1 або 2 забезпечується за допомогою зубчастої муфти 44. Блокування поздовжніх важелів 7 відносно вісі 12 забезпечується зубчастими муфтами 45 і 46. Для підвищення жорсткості кріплення вісі 12 в корпусній секції 1 або 2 використовується підшипникова опора 47. Для запобігання попадання бруду із зовнішнього середовища у внутрішню порожнину механізму повороту поздовжніх передніх і задніх важелів використовуються ущільнюючі пристрої 48, 49, 50, 51 і 52.

#### **4.11.2 Фази подолання перешкод**

На рисунку 4.48 показані фази подолання ескарпу, висота якого істотно перевищує радіус колеса транспортного засобу. При цьому вісі 12 (рис. 4.47) механізмів повороту 4 і 5 (рис. 4.45) поздовжніх важелів заблоковані відносно корпусних секцій 1 і 2 (рис. 4.45), поздовжні важелі 6 і 7 (рис. 4.45) відносно осей

механізмів повороту поздовжніх важелів можуть повертатися по команді системи управління.

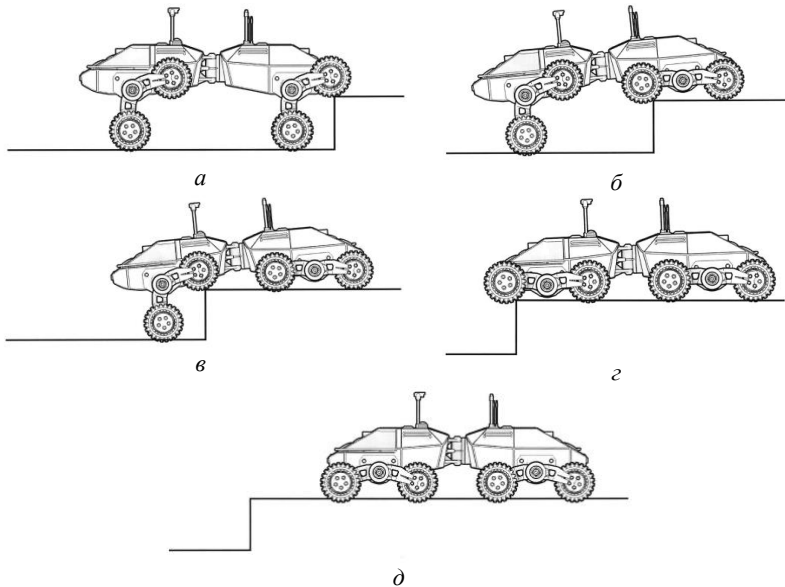


Рисунок 4.48 – Фази подолання ескарпу: *a* – заїзд передніх коліс передньої корпусної секції на край ескарпу; *б* – заїзд другої пари коліс передньої корпусної секції на ескарп; *в* – заїзд на ескарп передньої пари коліс задньої корпусної секції; *г* – заїзд другої пари коліс задньої корпусної секції на ескарп; *д* – забезпечення заданого дорожнього просвіту транспортного засобу

Фаза «*a*»: одна пара поздовжніх важелів з колесами кожної корпусної секції повернута вертикально вниз, за рахунок чого досягається максимальний дорожній просвіт транспортного засобу. Друга пара поздовжніх важелів з колесами кожної корпусної секції повернута вперед (кут повороту залежить від висоти ескарпу), що забезпечує заїзд передніх коліс передньої корпусної секції на край ескарпу.

Фаза «*б*»: передня пара коліс передньої корпусної секції заїхала на ескарп. Задні поздовжні важелі передньої корпусної секції повертаються на кут (залежить від висоти ескарпу), що забезпечує безперешкодний заїзд другої пари коліс передньої корпусної секції на ескарп.

Фаза «в»: передня пара коліс задньої корпусної секції заїжджає на ескарп.

Фаза «г»: поздовжні важелі задньої пари коліс задньої корпусної секції повертаються на кут (залежить від висоти ескарпу), що забезпечує безперешкодний заїзд другої пари коліс задньої корпусної секції на ескарп.

Фаза «д»: після заїзду транспортного засобу на ескарп всі поздовжні важелі повертаються на кут, що забезпечує заданий дорожній просвіт транспортного засобу.

На рисунку 4.49 показані фази подолання транспортним засобом траншеї. При цьому вісі 12 (рис. 4.47) механізмів повороту 4 і 5 (рис. 4.45) поздовжніх важелів заблоковані відносно корпусних секцій 1 і 2 (рис. 4.45), поздовжні важелі 6 і 7 (рис. 4.45) відносно осей механізмів повороту поздовжніх важелів можуть повертатися по команді системи управління.

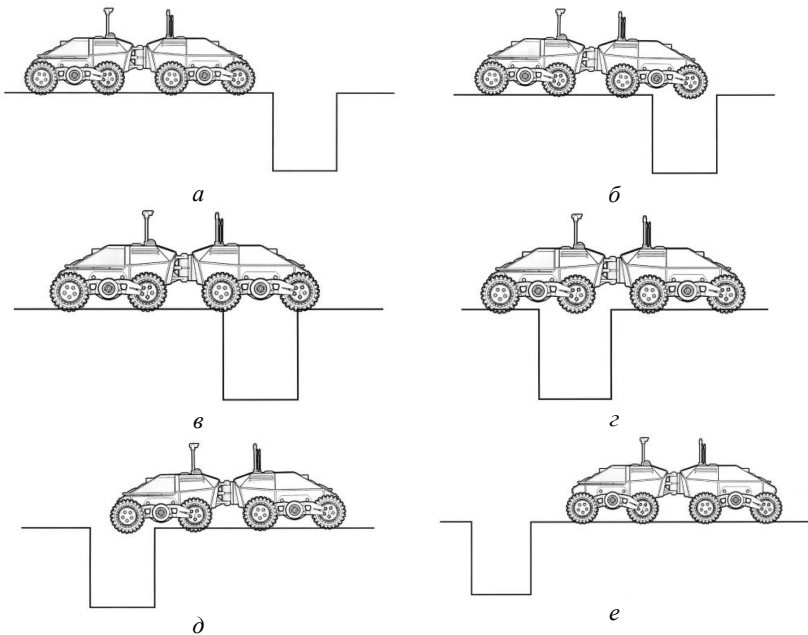


Рисунок 4.49 – Фази подолання транспортним засобом траншеї: а – підхід до траншеї; б–д – подолання траншеї; е – забезпечення заданого дорожнього просвіту транспортного засобу

Фаза «а»: при підході до траншеї всі поздовжні важелі повертаються таким чином, щоб відстані між центрами передніх і задніх коліс кожної корпусної секції стали більше ширини траншеї.

Фази «б–д»: транспортний засіб долає траншею.

Фаза «е»: після подолання транспортним засобом траншеї всі поздовжні важелі повертаються на кут, що забезпечує заданий дорожній просвіт транспортного засобу.

На рисунку 4.50 показані фази підйому транспортного засобу на сходи. При цьому вісі 12 (рис. 4.47) механізмів повороту 4 і 5 (рис. 4.45) поздовжніх важелів заблоковані відносно корпусних секцій 1 і 2 (рис. 4.45), поздовжні важелі 6 і 7 (рис. 4.45) відносно осей механізмів повороту поздовжніх важелів можуть повертатися по команді системи управління.

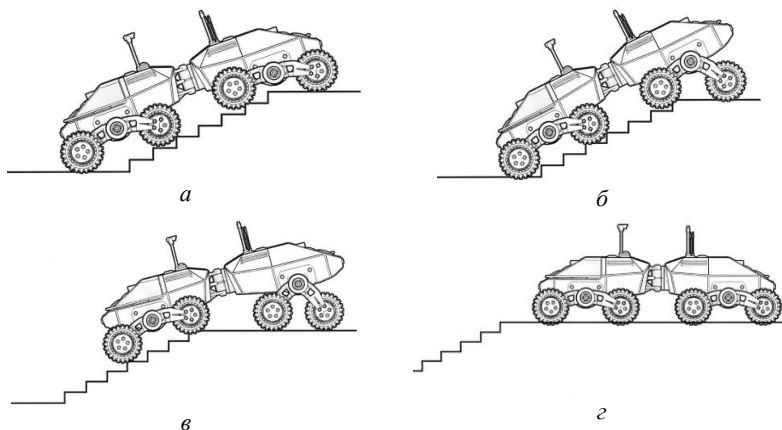


Рисунок 4.50 – Фази підйому транспортного засобу на сходи:  
а – вихід передніх коліс корпусної секції на рівну опорну поверхню;  
б, в – підтягування коліс вгору на сходи; г – забезпечення заданого  
дорожнього просвіту транспортного засобу

Фаза «а»: при підйомі транспортного засобу на сходи передні колеса передньої корпусної секції подолали підйом і вийшли на рівну опорну поверхню.

Фази «б, в»: поздовжні важелі передніх коліс передньої корпусної секції повертаються за годинниковою стрілкою, при

цьому транспортний засіб як би підтягується вгору, долаючи опір підйому решти коліс на сходинки.

Фаза «г»: після подолання транспортним засобом сходи всі поздовжні важелі повертаються на кут, що забезпечує заданий дорожній просвіт транспортного засобу.

На рисунку 4.51 показаний рух транспортного засобу по нерівностях опорної основи, висота яких порівнянна з радіусом коліс. Всі вісі 12 (рис. 4.47) механізмів повороту 4 і 5 (рис. 4.45) поздовжніх важелів відносно корпусних секцій 1 і 2 (рис. 4.45) розблоковані і мають з ними пружно-демпфуючий зв'язок в окружному напрямку. Всі поздовжні важелі 6 і 7 (рис. 4.45) відносно пов'язаних з ними осей механізмів повороту поздовжніх важелів жорстко заблоковані.

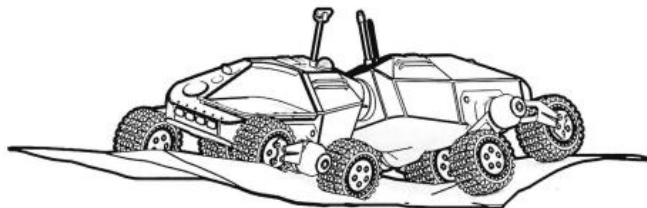


Рисунок 4.51 – Рух транспортного засобу по нерівностям опорної основи

У такій конфігурації поздовжні важелі з осями механізмів повороту поздовжніх важелів виконують роль балансиної підвіски коліс. Спільна робота балансиної підвіски коліс і зчіпного пристрою 3 (рис. 4.45), що дозволяє корпусним секціям повертатися одна відносно іншої навколо поздовжньої вісі транспортного засобу, забезпечує можливість транспортному засобу рухатися з великою швидкістю без відриву коліс від опорної основи.

#### **4.11.3 Порядок роботи рушія**

При колісному русі по дорозі або пересіченій місцевості поздовжні важелі попередньо за допомогою механізмів повороту поздовжніх важелів встановлюються в положення, що забезпечує необхідний дорожній просвіт транспортного засобу. Після цього в кожному механізмі повороту поздовжніх важелів поворот

важелів 7 (рис. 4.47) відносно вісі 12 (рис. 4.47) жорстко блокується за допомогою зубчастих муфт 45 і 46 (рис. 4.47).

Блокуюча муфта 44 (рис. 4.47) розблокована, внаслідок чого вісь 12 (рис. 4.47) може повертатися відносно корпусних секції 1 або 2 (рис. 4.47), маючи з нею пружно-демпфуючий зв'язок у вигляді торсіонного валу 33 (рис. 4.47) і демпфера крутильних коливань 14 (рис. 4.47).

В результаті при русі транспортного засобу по нерівностях опорної основи забезпечується великий хід коліс 8 (рис. 4.45), а жорстко зафіксовані відносно вісі механізму повороту поздовжні важелі 6 і 7 (рис. 4.45) виконують роль балансирувальної підвіски.

При колісно-крокуючому русі вісь 12 (рис. 4.47) жорстко фіксується відносно корпусної секції 1 або 2 (рис. 4.47) за допомогою зубчастої блокуючої муфти 44 (рис. 4.47). Зубчасті муфти 45 і 46 (рис. 4.47) розблоковані, що дозволяє повертати важелі 7 (рис. 4.47) незалежно один від одного на 360°. Приводи обертання коліс при цьому можуть працювати. Цим забезпечується колісно-крокуючий хід транспортного засобу при подоланні ескарпів (рис. 4.48), контрескарпів (рис. 4.49), траншей (рис. 4.50) і сходів (рис. 4.51).

Таким чином, реалізовані конструктивні рішення дозволяють:

- при зафіксованих осях механізмів повороту поздовжніх важелів відносно корпусних секцій за рахунок повороту кожного поздовжнього важеля з колесом на заданий кут забезпечити подолання великих одиничних перешкод (ескарпів, контрескарпів, траншей, сходів);

- при зафіксованих поздовжніх важелях відносно пов'язаних з ними осей механізмів повороту і наявності пружно-демпфуючих зв'язків між осями механізмів повороту поздовжніх важелів і корпусними секціями забезпечити можливість руху з великою швидкістю по пересіченій місцевості з високими нерівностями. При цьому знижується ймовірність відриву коліс від опорної основи, чим досягається підвищення стійкості, керованості, швидкохідності і безпеки руху транспортного засобу;

- за рахунок керованого повороту корпусних секцій один відносно одного в горизонтальній площині і обертання коліс

транспортного засобу з різними кутовими швидкостями забезпечити можливість криволінійного руху, що підвищує маневреність транспортного засобу;

– при наявності електронної системи управління рухом, яка містить набір програм, забезпечити автоматичне виконання рухів поздовжніх важелів, складання корпусних секцій в горизонтальній площині, підтримки заданої швидкості обертання коліс.

В цілому відмітними особливостями пропонованої конструкції є наступне.

1. Права та ліва вісі механізмів повороту поздовжніх важелів кожної корпусної секції з закріпленими на них поздовжніми важелями мають пружно-демпфуючий зв'язок з корпусною секцією в окружному напрямку, а також при необхідності можуть бути жорстко зафіксовані відносно корпусної секції. Кожен поздовжній важіль, може бути повернутий на заданий кут відносно пов'язаної з ним вісі механізму повороту поздовжніх важелів в інтервалі  $360^\circ$ , а при необхідності може бути жорстко зафіксований відносно цієї вісі.

2. Процесор управління рухом містить програми:

– управління обертанням кожного колеса в поєднанні з поворотом корпусних секцій в горизонтальній площині;

– подолання стандартних перешкод – ескарпів, контрескарпів, траншей, сходів – шляхом індивідуального управління поворотом кожного поздовжнього важеля з колесом;

– руху по пересіченій місцевості.

#### **4.12 Колісний рушій з поштовхом**

Запропоновано конструкцію колісного рушія трактора, який забезпечує спосіб переміщення тягово-транспортної системи за допомогою поштовху в зоні його стиснення та осередку обертання [10]. Це в цілому дозволяє розширити можливий діапазон тягової динаміки тягово-транспортної системи, зменшити час на її розгін та підвищити мобільність тягово-транспортної системи. Особливість дії рушія полягає в тому, що крутний момент відносно плями контакту з опорною поверхнею поділяють на активний та реактивний. При цьому реактивним



моментом створюють силу поштовху в зоні плями контакту, яка додається до дотичної сили тяги тягово-транспортної системи.

Запропонований спосіб включає поєднання дій наступних складових частин (рис. 4.52, 4.53):

- а) тягово-транспортну систему 1;
- б) колісний рушій 2, відносно якого розміщені:
  - гребінка 3;
  - важіль 4;
  - динамічна вага 5;
  - підтримуючий ролик 6;
  - ланка 7;
- в) додаткова ланка поштовху у складі:
  - важеля 9 з загнутим кінцем 10;
  - горизонтального шарніра 11;
  - важеля поштовху 12;
  - вертикального шарніра 13;
  - керуючого колеса 14;
  - стабілізатора стійкості 15;
  - пружини розтягу 16.

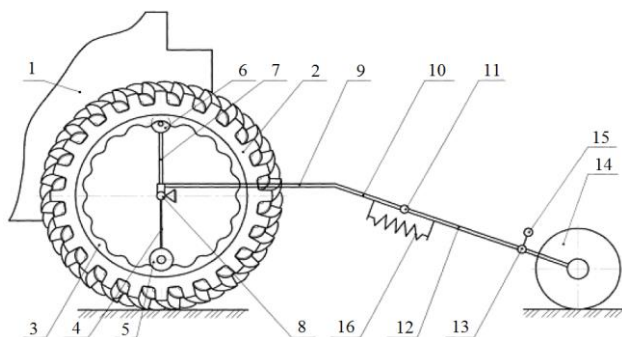


Рисунок 4.52 – Тягово-транспортна система:

1 – тягово-транспортна система; 2 – колісний рушій; 3 – гребінка; 4, 9, 12 – важіль; 5 – динамічна вага; 6 – підтримуючий ролик; 7 – ланка; 8, 11, 13 – шарнір; 10 – загнутий кінець важеля; 14 – керуюче колесо; 15 – стабілізатор стійкості; 16 – пружина розтягу

Спосіб переміщення тягово-транспортної системи за допомогою поштовху колісного рушія в зоні його стиснення та осередку обертання здійснюють таким чином.

При здійсненні процесу переміщення тягово-транспортної системи 1 колісний рушій 2 починає обертатись в напрямку руху проти годинникової стрілки. За допомогою гребінки 3 динамічна вага 5 відхиляється в тому ж напрямку, важіль 4 вигинається, накопичуючи при цьому 15 потенціальну енергію. Одночасно з цим жорстко приєднаний важіль 9 з загнутим кінцем 10 відхиляється вгору, пружина 16 стискається, а керуюче колесо 14 наближується до колісного рушія 2 за допомогою важеля поштовху 12, який повертається у горизонтальному шарнірі 11.

При виконанні таких операційних дій ланка 7 та підтримуючий ролик 6 стабілізують заданий рух важеля 9 відносно динамічної ваги 5, а вертикальний шарнір 13 із стабілізатором стійкості 15 забезпечують копіювання руху відносно поздовжньої осі тягово-транспортної системи 1.

У процесі руху тягово-транспортної системи 1 динамічна вага 5, яка відхилена на величину висоти гребінки 3 під дією вивільнення енергії стиснутої пружини розтягу 16 отримує силу поштовху. Сила поштовху передається за допомогою загнутого кінця 10 жорстко приєднаного важеля 9 та ланки 7. Одночасно підтримуючий ролик 6 перекочується по диску і забезпечує ланку 7 зайняти вертикальне положення. В подальшому процес повторюється.



Рисунок 4.53 – Макетний зразок колісного рушія

## Контрольні запитання для самоперевірки

### *До пункту 4.1*

1. З яких елементів складається підвіска окремих коліс рушія, який наведено на рисунку 4.1?
2. Скільки приводів коліс має рушій на повздовжніх важелях балансірної підвіски?
3. Які положення можуть займати колеса рушія?
4. З яких елементів складається привід передніх коліс?
5. З яких елементів складається привід задніх коліс?
6. З яких елементів складається засіб блокування важелів підвіски коліс?

### *До пункту 4.2*

1. Скільки крокуючих рушіїв має транспортний засіб, схема якого наведена на рисунку 4.5?
2. Назвіть основні елементи конструкції окремо взятого крокуючого рушія (див. на рис. 4.5).
3. У чому полягає принцип роботи крокуючого рушія з пневматичними камерами?
4. В яких елементах конструкції утворюється тиск оливи при роботі рушія?

### *До пункту 4.3*

1. З яких елементів складаються черв'ячні передачі приводу балансірів?
2. Яку функцію виконують гідравлічні циліндри, що розташовані співосно осям балансірів?
3. Скільки опор та коліс має конструкція транспортного засобу, схема якого наведена на рисунку 4.8?
4. Яким чином здійснюється поворот коліс?
5. Які елементи конструкції утворюють шарнірний паралелограм?
6. Яким чином позиціонуються тандемні пари коліс 2, 3 при русі транспортного засобу?
7. За рахунок чого можливо здійснити поперечне зміщення коліс рушія?

*До пункту 4.4*

1. З яких елементів складається кожен окремий рушій, який наведений на рисунку 4.10?
2. З яких частин складаються зубчасті передачі приводу коліс?
3. З яких частин складаються ланцюгові передачі приводу коліс?
4. Які положення відносно корпусу може займати кожен з рушіїв?
5. За рахунок яких частин рушія здійснюється його крокуючий режим роботи?

*До пункту 4.5*

1. У чому полягає сутність конструкції колісно-крокуючого рушія з порожнистим корпусом?
2. Назвіть елементи конструкції, які розміщуються у порожнистому корпусі (колесі).
3. Скільки та яких ділянок має порожнистий корпус (колесо)?

*До пункту 4.6*

1. Назвіть елементи конструкції, які утримують положення кожного з коліс рушія.
2. Яку функцію виконують гідроциліндри?
3. Який елемент конструкції обертає колеса рушія? Приведіть послідовність передачі обертового моменту.
4. Які елементи конструкції сприймають основне навантаження від коліс?

*До пункту 4.7*

1. З яких основних частин складається привід рушія, який наведено на рисунку 4.23 а?
2. Які програми містить пам'ять електронної системи управління рухом транспортного засобу?
3. Які положення можуть займати поздовжні важелі підвіски?
4. Назвіть елементи, з яких складається підвіска кожного окремого колеса (див. рис. 4.24).

5. Які можливості транспортному засобу надає рушій з круговим обертанням коліс?

*До пункту 4.8*

1. Що собою представляє рушій, наведений на рисунку 4.31?  
2. З яких елементів конструкції складається кожен з колісних вузлів?

3. Яким чином здійснюється привід поворотом коліс у поперечній площині?

4. Яким чином транспортний засіб виконує подолання ступеневої перешкоди?

5. Які конструктивні варіанти підвісок колісних вузлів запропоновані для транспортного засобу?

*До пункту 4.9*

1. Що покладено в основу використання еліптичних коліс?  
2. Охарактеризуйте компонування елементів рушія з еліптичними колесами, який наведено на рисунку 4.36?

3. У скільки груп поєднані еліптичні колеса?

4. З яких елементів конструкції складається кожна з груп коліс?

5. За рахунок яких елементів та як кожна з груп коліс приєднана до корпусу запропонованої моделі?

6. Яким чином рушій забезпечує поворот і розворот запропонованої моделі?

7. У чому полягає принцип роботи запропонованої конструкції рушія?

*До пункту 4.10*

1. З яких складових частин виконано кожен окремий рушій, наведений на рисунку 4.38?

1. Скільки ланцюгових передач має конструкція рушія?

2. Якими елементами представлена планетарна передача механізму крокування?

3. Скільки електромагнітних гальм має конструкція рушія та які функції вони виконують?

4. Зі скількох і яких етапів складається режим колісного крокування рушія?

5. Яким чином здійснюється поворот коліс рушія?
6. Яким чином здійснюється адаптація рушія до рельєфу місцевості?

*До пункту 4.11*

1. З яких складових частин виконано рушій передньої секції?
2. Чи маються відмінності в конструкціях рушіїв передньої і задньої секцій зчленованого транспортного засобу?
3. З яких частин складається механізм повороту важелів парних коліс?
4. Яку функцію виконує блокувальна муфта та що при цьому здійснюється?
5. Які положення мають складові частини рушія при колісно-крокуючому русі?
6. Які положення мають складові частини рушія при колісному русі?
7. Якими можливостями володіє транспортний засіб та за рахунок чого? Поясніть один з прикладів їх реалізації.

*До пункту 4.12*

1. У чому полягає особливість дії рушія, який наведено на рисунку 4.53?
2. Які складові частини включає спосіб реалізації руху з поштовхом?
3. З яких елементів складається додаткова ланка поштовху?
4. Яку функцію виконує динамічна вага?
5. За рахунок чого формується сила поштовху?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бурков М. С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта. Изд-во «Транспорт», 1972. 280 с.
2. Агейкин Я. С. Проходимость автомобилей. М. : Машиностроение, 1981. 232 с.
3. Кошарный Н. Ф. Техничко-експлуатацiоннiе свойства автомобилей высокой проходимости. Киев : Вища школа, 1981. 208 с.
4. Агейкин Я. С. Вездеходные и комбинированные движители. М. : Машиностроение, 1972. 184 с.
5. Гринченко И. В., Розов Р. А., Лазарев В. В., Вольский С. Г. Колесные автомобили высокой проходимости. М. : Машиностроение, 1967. 240 с.
6. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. М. : Машиностроение, 1981. 279 с.
7. Білецький В. Р. Обґрунтування параметрів колісних рушіїв машинно-тракторних агрегатів на основі взаємодії з ґрунтовим середовищем : автореф. канд. дис. Львів, 2006.
8. Соларьов О. О. Обґрунтування процесу зменшення ущільнення ґрунту колісними рушіями машинно-тракторних агрегатів : автореф. канд. дис. Харків, 2016. [http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/6704/1/avt\\_solarov.pdf](http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/6704/1/avt_solarov.pdf).
9. Спосіб переміщення тягово-транспортної системи: пат. 104401 Україна: МПК В62D 59/00 В62D 61/00; u 2015 07744; заявл. 03.08.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2.
10. Спосіб переміщення транспортно-тягової системи за допомогою поштовху колісного рушія: пат. 85848 Україна: МПК (2013.01) В62D 1/00. / u 2013 01295; заявл. 04.02.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.
11. Политехнический словарь / гл. ред. И. И. Артоболевский. М. : Советская Энциклопедия, 1976. 608 с.
12. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ. К. : Арістей, 2010. 155 с.
13. Тексти лекцій з дисципліни «Експлуатаційні властивості транспортних засобів» (для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.100400 – «Транспортні системи») / Укл. : А. О. Шевченко. Харків : ХНАМГ, 2008. 93 с.

14. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву. ГОСТ 26955-86. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294827/4294827588.htm>.

15. Манфановский С. Б., Енаев А. А. Колесный двигатель с внутренним подрессориванием и основы его теоретического представления. <https://cyberleninka.ru/article/n/kolesnyy-dvizhitzel-s-vnutrennim-podressorivaniem-i-osnovy-ego-teoreticheskogopredstavleniya>.

16. Карташов А. Б. Разработка крупногабаритных колесных двигателей из композиционных материалов на основе стеклопластика : автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Москва, 2010. [http://library.bmstu.ru/L2kFX/I2kfx\\_fs\\_24385.aspx](http://library.bmstu.ru/L2kFX/I2kfx_fs_24385.aspx). pdf.

17. Колесно-шагающий авто на снегу АВГ2012. <http://video.brus.club/video/I2He98o4dlE>.

18. Гутиев С. К., Мамити Г. И., Плиев С. Х., Мельников А. С. Специальные колесные машины для освоения горных территорий. / Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 3(24). С. 22–29.

19. Hyundai построила шагающую машину для спасателей. <http://news24-7.ru/avto/hyundai-postroila-shagayuschuyu-mashinu-dlya-spasateley.html>.

20. Unusual Locomotion (wheels, tracks, walking, reptation). <http://www.unusuallocomotion.com/pages/locomotion/unusuallocomotion-wheels-tracks-walking-reptation.html>.

21. Our mission is to enhance mobility by providing a safer wheel with more versatility. <https://www.startengine.com/shark-wheel>.

22. Системы с шагающим принципом перемещении колеса. <https://lektsii.org/14-33860.html>.

23. Амфибийные машины Соединенных Штатов Америки. <https://military.wikireading.ru/55659>.

24. Колесный двигатель: пат. 2621530 Российская Федерация, МПК В62D 57/028; заявл. 11.11.2015; опубл. 18.05.2017, Бюл. № 14.

25. Танки и танковые войска. Ч.1 Бронированные машины. [http://armor.kiev.ua/lib/tanks\\_and\\_armor/part3\\_4/](http://armor.kiev.ua/lib/tanks_and_armor/part3_4/).

26. Скойбеда А. Т., Жуковец В. Н. Колесно-шагающие двигатели для транспортного средства высокой проходимости. /



Теоретическая и прикладная механика : международный научно-технический сборник / под ред. А. В. Чигарева; БНТУ. Минск : 2013. Вып. 28. С. 228–233. <https://rep.bntu.by/handle/data/4168>.

27. Скойбеда А. Т. Шагающие движители - перспективное направление создания агрофильных ходовых систем мобильных машин. / А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец, И. М. Комяк, В. С. Давыдов, А. А. Калина // Актуальные вопросы машиноведения. Минск : БНТУ, 2014. Вып. 3. С. 102–105.

28. Анопченко В. Г. Колесно-шагающие движители для колесных машин высокой проходимости. КГТУ. 1996 г. <http://scholar.sfu-kras.ru/publication/569185580-372245022>.

29. Лисов В. Ю. Лесозаготовительные машины с шагающим движителем. С. 184-187. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21732723>.

30. Колёсно-шагающий движитель: пат. 2038248 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028; № 5040635/11; заявл. 30.04.92; опубл. 27.06.95.

31. Шагающее колесо транспортного средства: пат. 2044672 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028; № 4887270/11; заявл. 29.11.90; опубл. 27.09.95.

32. Колісний рушій змінного діаметра: пат. 90452 Україна: МПК В60С 17/00; заявл. 30.12.2013; опубл. 25.05.2014, Бюл. № 10.

33. Осциляторний колісний рушій конструкції Петрова: пат. 533378 Україна: МПК В62D 61/00; заявл. 19.10.2009; опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19.

34. Колесный движитель перекаत्याющегося типа: пат. 2467890 Российская Федерация. <https://findpatent.ru/patent/246/2467890.html>.

35. Колесный движитель: пат. 2280562 Российская Федерация: МПК В60В 19/00, В60К 17/14; № 20004131015/11; заявл. 13.10.2014; опубл. 27.07.2006, Бюл. № 21.

36. Колесный движитель: пат. 2373073 Российская Федерация: МПК В60В 15/26, В60В 15/08; № 2008119895/11; заявл. 19.05.2008; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.

37. Устройство колесного движителя амфибии: пат. 2536012 Российская Федерация: МПК В60F 3/00, В60В 19/00; № 2014111435/11; заявл. 25.03.2014; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35.

38. Шасси для передвижения по различным опорным поверхностям с колесно-шаговыми движителями: пат. 2628285

Российская Федерация: В62D 57/02, В62D 57/032; № 2015143484; заявл. 12.10.2015; опубл. 15.08.2017, Бюл. № 23.

39. Система стабілізації траєкторії руху землерийно-транспортних машин: пат. 116183 Україна: В60В 15/08, В60В 15/26. u 2016 12014; заявл. 28.11.2016; опубл. 10.05.2017, Бюл. № 9.

40. Транспортное средство высокой проходимости: пат. 2176607 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028; № 2001102276/28; заявл. 26.01.01; опубл. 10.12.01, Бюл. № 34.

41. Транспортное средство: пат. 2270126 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028, F 41 H 7/00; № 2004124608/11; заявл. 12.08.04; опубл. 20.02.06, Бюл. № 5.

42. Колёсно-шагающее транспортное средство: пат. 2331542 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028, В62D7/06, В62D5/12, В60G3/20; № 2007103434/11; заявл. 29.01.07; опубл. 20.08.08, Бюл. № 23.

43. Транспортное средство с колёсно-шагающими движителями М. И. Ловчикова: пат. 2031040 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028; № 5055257/11; заявл. 17.07.92.; опубл. 20.03.95.

44. Колёсно-шагающий движитель транспортного средства: пат. 2266842 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/00, В 62 D 57/028; № 2004119532/11; заявл. 29.06.04; опубл. 27.12.05, Бюл. № 36.

45. Колёсно-шагающее транспортное средство: пат. 2355597 Российская Федерация: МПК В 62 D 57/028; № 2007135606/11; заявл. 25.09.07; опубл. 20.05.09, Бюл. № 14.

46. Транспортное средство высокой проходимости. <http://www.findpatent.ru/patent/217/2176607.html>.

47. Транспортное средство высокой проходимости «галичъ» (варианты). <https://poleznayamodel.ru/model/4/45678.html>.

48. Колесно-шагающий движитель с функцией активной подвески: пат. 2671661 Российская Федерация: МПК В62D 57/02; № 2017122305, заявл. 23.06.2017; опубл. 06.11.2018, Бюл. № 31.

49. Сочлененное транспортное средство с колесно-шагающим движителем: пат. 2684956 Российская Федерация: В60К 17/00, В62D 57/00; № 2018112174, заявл. 05.04.2018; опубл. 16.04.2019, Бюл. № 11.

50. Некруглые колеса. <https://alexey-76-kb-4.livejournal.com/8585.html>.

51. Кочнев Е. Д. Военные автомобили Союзников. М. : Яуза: Эксмо, 2010. 512 с. [http://kitab.tntda.az/upload-files/books/08/13/\\_-OCR.pdf](http://kitab.tntda.az/upload-files/books/08/13/_-OCR.pdf).

52. Вездеход Rhino – удивительная машина-амфибия с полусферическими колесами <https://enki.ua/articles/vezdehod-rhino-udivitel'naya-mashina-amfibiya-s-polusfericheskimi-kolesami-6584>.

53. Shark Wheel. [https://en.wikipedia.org/wiki/Shark\\_Wheel](https://en.wikipedia.org/wiki/Shark_Wheel).

54. Кольга А. Д. Повышение эффективности колесного движителя путем изменения угла наклона колеса к оси его вращения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М. : МАИ (ВТУЗ-ЗИЛ), 1992 г. <http://tekhnosfera.com/view/575385/a?#>.

55. <https://www.youtube.com/watch?v=9JaBTY1jPBk>.

56. Повелитель бездорожья: вся правда про украинский супервездеход Sherp/ <https://ru.tsn.ua/auto/obzory/vsya-pravda-o-supervezdehode-sherp-1123926.html?g=article&m=400466505>.

57. Самый дешевый вездеход в нашей практике! Испытаем? <https://www.youtube.com/watch?v=2wM8XZiJZbI>.

58. Утопили «Тингер». Вездеход Трофи 2018. Заплыв. <https://www.youtube.com/watch?v=XMna2-q6E4M>.

59. Топ 20. Самой Крутой Техники в Мире. [https://www.youtube.com/watch?v=3\\_C9WG90j6w](https://www.youtube.com/watch?v=3_C9WG90j6w).

60. Плавающий внедорожник. [https://www.youtube.com/watch?v=gr4c-Cpm\\_Yg](https://www.youtube.com/watch?v=gr4c-Cpm_Yg).

61. Вездеход Шаман – один из лучших вездеходов в мире! <https://www.youtube.com/watch?v=yXzJzb5hQj8>.

62. Единственный в РФ плавающий джип и квадроцикл! Watercar и Quadski. <https://www.youtube.com/watch?v=7m572v8ipnE&t=180s>.

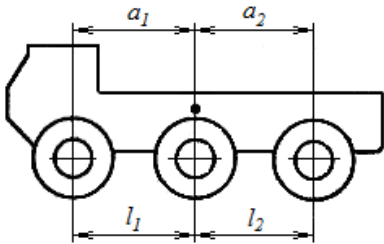
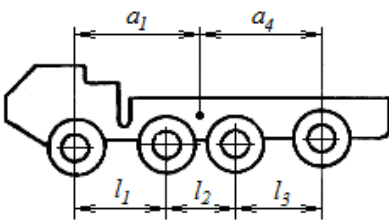
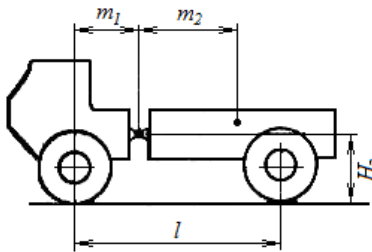
63. HIPPOtrip 12 – САМІ Hydra-Terra. <https://futurememory-transportation.blogspot.com/2019/06/amphibious-bus-hippotrip-12-cami-hydra-terra-12115007.html>.

64. Байкальские катера. [http://baikal-boats.ru/catalogue\\_of\\_amphibious\\_all-terrain\\_vehicle\\_2014\\_2015/index.htm](http://baikal-boats.ru/catalogue_of_amphibious_all-terrain_vehicle_2014_2015/index.htm).

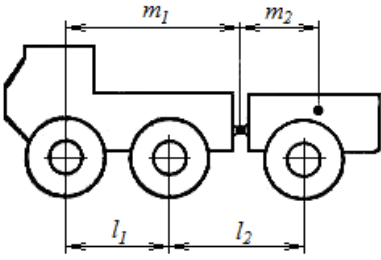
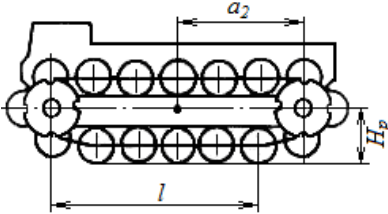
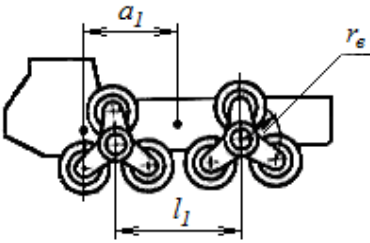
## Додаток А

### Позначення рушіїв

Таблиця А.1 – Типи рушіїв

Ескіз автомобіля	Найменування рушія	Позначення рушія
	Колісний спеціальний рівнорозташований	6x6=У1,3=Є1,2,3 (Є1,3=Ж2)
	Колісний спеціальний нерівнорозташований	8x8=У1,4=Є1,2,3,4 (Є1,4=Ж2,3)
	Колісний спеціальний зчленований	4x4=У1,2=Є1,2 (Ж1,2)=Ш1,2

Продовження таблиці А.1

	<p>Колісний спеціальний зчленований</p>	<p>6x6=У1Є1,2,3 (Ж1,2,3)=Ш2,3</p>
	<p>Планетарно- котковий (котково- гусеничний)</p>	<p>32x20 (NхN)</p>
	<p>Планетарно-колiсний (колiсно-крокуючий)</p>	<p>12x12 (NхN)</p>

*Примітка.* На ескізах символами позначено наступні параметри шасі і рушія:  $a_i$  – відстань між  $i$ -й віссю і центром мас машини по горизонталі, м;  $m_i$  – відстань між центрами мас  $i$ -ї секції зчленованої машини і віссю зчленування по горизонталі, м;  $H_s$  – відстань між осями зчленування і опорною поверхнею, м;  $H_p$

– висота розташування вісі ведучого колеса, м;  $l_i$  – відстань між осями вузлів, м;  $r_e$  – радіус вузла рушія, м.

У формулі рушія перша цифра позначає кількість одиночних рушіїв, друга (після знаку  $x$ ) – кількість приводних рушіїв. Букви  $У$ ,  $Є$ ,  $Ж$  і наступні за ними цифри – відповідно керовані, підресорені і не підресорені вісі,  $Ш$  – шарнірне зчленування остову між відповідними осями.

Наприклад, позначення рушія  $6x6=У1=Є1,2,3 (Ж1,2,3)=Ш2,3$  слід розуміти у наступному:

- 6 – шість одиночних рушіїв, з яких шість ведучих;
- У1 – керована перша вісь;
- Є1,2,3 – підресорені 1-ша, 2-га та 3-тя вісі, як варіанти вісі можуть бути виконані на жорсткій підвісці;
- Ш2,3 – шарнірне зчленування між другою та третьою осями.

## Додаток Б

### Традиційні колісні рушії при русі всюдиходів на воді



*а*



*б*

Рисунок Б.1 – Всюдихід-амфібія Sherp на шинах наднизького тиску [55, 56]: *а* – рух на воді; *б* – вихід з води



*a*



*б*



*в*

Рисунок Б.2 – Всюдихід на великих колесах (спеціальний рушій) зі зчленованою рамою та шинами низького тиску [57]:

*a* – загальний вид; *б* – рух на воді





*a*



*б*



*в*

Рисунок Б.3 – Всюдихід-амфібія «Трофі» [58]:  
*a* – вхід у воду; *б* – рух на воді; *в* – вихід з води



*a*



*б*



*в*

Рисунок Б.4 – Транспортний засіб «Кенгуру» з аеропневматичною підвіскою [59]: *a* – загальний вид; *б* – рух на воді



*а*



*б*

Рисунок Б.5 – Плаваючий позашляховик з водометним рушієм [60]: *а* – вхід у воду; *б* – рух на воді



*a*



*б*



*в*

Рисунок Б.6 – Всюдихід Шаман з гідравлічним гребним гвинтом [61]:  
*a* – рух на воді; *б* – установа гребного гвинта; *в* – вихід з води

## Додаток В

### Автомобілі звичайної прохідності з можливістю руху на воді



*а*



*б*



*в*



з



д

Рисунок В.1 – Легковий автомобіль-амфібія Watercar [62]:  
*a* – вхід у воду; *б* – рух в режимі глісерування; *в* – рух в режимі малого ходу; *з* – водометний рушій; *д* – підвіска-система складання коліс для руху на воді



*a*



*б*



*в*

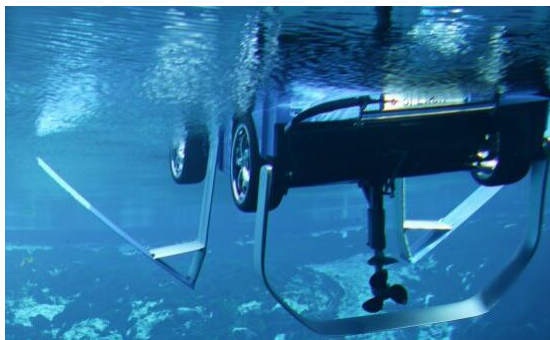
Рисунок В.2 – Автобус-амфібія LX-484-AL Hippotrip Mar [63]:  
*a* – загальний вид; *б* – гребні гвинти; *в* – положення рушія в воді



*a*



*б*



*в*

Рисунок В.3 – Легковий автомобіль-амфібія Rinspeed Splash (Швейцарія) [64]: *a* – рух на воді; *б* – розташування гребного гвинта; *в* – положення гребного гвинта при русі на підводних крилах







*Навчальне видання*

**КУБІЧ Вадим Іванович**

**ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ  
ВСЮДИХІДНИХ КОМБІНОВАНИХ  
КОЛІСНИХ РУШІВ**

*Навчальний посібник*

Дизайн обкладинки: *Кубіч В. І.*  
Технічні редактори: *Білостоцька А. О.,*  
*Решетняк О. В., Даниленко О. М.*  
Комп'ютерний набір *Білостоцька А. О.*  
Комп'ютерна верстка *Решетняк О. В., Дяченко О. О.*

Підписано до друку 07.02.2020. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 11,33.  
Тираж 100 прим. Зам. № 198.

Національний університет «Запорізька політехніка»  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.