

УДК 628.157

©Герасимчук О.П., к.т.н., Шовкомуд О.В., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

©Маркова О.В., к.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування

## **АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ЗМІНИ КОНСТРУКЦІЇ ГУСЕНИЧНИХ РУШІЇВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ТА ЗМЕНШЕННЯ ТИСКУ НА ҐРУНТ**

*Ефективність експлуатації машин у важких дорожніх умовах визначається їхньою прохідністю. Проблема прохідності по опорних поверхнях з низькою несучою здатністю вирішується шляхом удосконалення конструкції рушіїв. Одним із рушіїв, що значно підвищують прохідність транспортних засобів, є гусеничний. З аналізу відомих конструктивних рішень встановлено, що застосування пневматичної гусениці підвищує ходові та експлуатаційні якості гусеничних машин, такі як плавність ходу, безшумність роботи, швидкість руху по бездоріжжю, довговічність. Пневматичні гусениці мають також недоліки: порівняно низьку тягову здатність; чутливість до низьких температур; низьку ремонтпридатність. Збільшення прохідності машин із гусеничними рушіями можливе за рахунок використання гумоармованих гусениць. Застосування гумоармованих гусениць дозволяє проводити роботи в умовах підвищеної вологості ґрунтів, значно зменшувати уцілюючий вплив на ґрунт ходових систем машин, забезпечує здатність трактора рухатися по дорогах з твердим покриттям, має хорошу здатність до самоочищення від бруду за будь-якої вологості.*

*З метою остаточного вибору типу гусеничного рушія з високою прохідністю потрібно оцінити умови його експлуатації, в тому числі природно-кліматичні умови, зокрема стан ґрунту. Вирішення проблеми прохідності може здійснюватись заміною традиційних металевих елементів гусеничних рушіїв на еластичні, зокрема гумоармовані.*

### **ГУСЕНИЧНИЙ РУШІЙ, ПРОХІДНІСТЬ, ПНЕВМО- ГУСЕНИЧНИЙ РУШІЙ, ГУМОАРМОВАНІ ГУСЕНИЦІ.**

**Постановка проблеми.** Гусеничні машини, що забезпечують високу прохідність в умовах важкодоступної місцевості, знаходять широке застосування в якості дорожньо-будівельних, сільськогосподарських, транспортних машин, а також швидкохідних машин спеціального призначення. Такі машини призначені для

експлуатації в умовах пересічної місцевості При цьому траса руху характеризується різноманітністю мікропрофілю, наявністю криволінійних ділянок і перешкод.

Особливе місце у виконанні технологічних операцій гусеничними машинами відводиться забезпеченню прохідності, плавності ходу і поворотності. Одним із напрямків вирішення цих завдань є введення еластичних елементів у конструкцію гусеничних рушіїв.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботах А.С.Антонова, Е.Д.Львова, Д.К.Карельских, Н.А.Забавнікова, В.В.Гуськова, М.К.Кристі, В.Ф.Платонова, В.Я.Аніловича, Ю.Т.Водолажченко [3-10] викладено основи теорії гусеничного рушія, висвітлено питання взаємодії рушія з ґрунтом. Теоретичні питання роботи гусеничних рушіїв, їхньої довговічності розглянуто в роботі В.Я. Аніловича [10]. Автором досліджено динаміку взаємодії гусениць з напрямними і опорними котками та ведучим колесом.

У роботах [10, 11] авторами доведено, що використання гусеничних рушіїв у будівельних машинах, машинах для земляних робіт і сільськогосподарських машинах є має переваги над використанням колісних.

У табл. 1 наведено результати відомих досліджень ущільнення ґрунту після проходу трактора з різними типами рушіїв [5, 10, 11].

Таблиця 1 – Результати відомих досліджень ущільнення ґрунту після проходу трактора з різними типами рушіїв

Машина, яка розглядалась	Кратність впливів	Щільність ґрунту, $10^3 \text{ кг/м}^3$ у шарі ґрунту, см			Показник впливу, кН/м
		0–10	10–20	20–40	
Без ущільнення	0	1,31	1,45	1,5	—
ДТ–75	1 3	1,35- 1,40	1,48- 1,49	1,52- 1,52	112- 165
Т–150К	1 3	1,38 -1,41	1,48- 1,49	1,54- 1,54	184 -270
К–700	1 3	1,38 -1,44	1,52 -1,52	1,56 -1,56	240- 354

З даних таблиці видно, що максимальний тиск на ґрунт гусеничних тракторів знаходиться в межах 0,04–0,06 МПа, а колісних – 0,154–0,240 МПа.

Дослідженню гусеничних машин з гумовоармованими гусеницями з метою оцінки їхнього впливу на ґрунт присвячені роботи [12,13,14].

Аналіз наявних досліджень дає змогу зробити висновок, що створення гусеничного рушія який є довговічним, має високу

прохідність та маневреність є актуальним науково-технічним завданням.

**Метою дослідження** є аналіз напрямків удосконалення відомих і створення нових більш досконалих гусеничних рушіїв високої прохідності.

**Результати дослідження.** Ефективність експлуатації машин за складних дорожніх умов багато в чому визначається їхньою прохідністю. Проблема прохідності по опорних поверхнях з низькою несучою здатністю вирішується в основному шляхом удосконалення конструкції рушіїв. В загальному випадку до рушіїв пред'являються наступні вимоги [1-15]:

- максимальна ефективність (підвищення прохідності і безпеки руху);
- універсальність;
- мінімальні витрати на переміщення;
- раціональна взаємодія з опорної поверхнею з точки зору екології;
- хороші пружні і амортизуючі властивості;
- здатність до самоочищення;
- зручність експлуатації (простота і швидкість монтажу, демонтажу та ремонту);
- невелика маса і невисока вартість;
- міцність, надійність, довговічність.

Одним із рушіїв, що значно підвищують прохідність транспортних засобів, є гусеничний [1-15]. Розглянемо напрямки удосконалення гусеничних рушіїв шляхом введення в їхню конструкцію пружних елементів та проаналізуємо переваги та недоліки таких конструктивних рішень.

Дослідження, спрямовані на розробку пневмогусеничних рушіїв відомі з 20-х років минулого століття. Запатентовані пневматичні гусениці були Н.С. Ветчинським і А.Р. Надирадзе [15]. Розвиток конструкції пневматичних гусениць набули у конструктивних рішеннях Н.Ф. Бочарова, В.М. Семенова, А.А. Полуняна В.Т.Тшеппата В.Г.Рудельсона [16-19]. Проаналізувавши дані конструктивні рішення можна поділити пневмогусеничні рушії на дві групи: однопорожністі і багатопорожністі. Конструкція гусениць першої групи характеризується наявністю гумокордної оболонки, яка має тороподібну форму. Оболонка всередині містить повітря під значним тиском [17] (рис. 1).

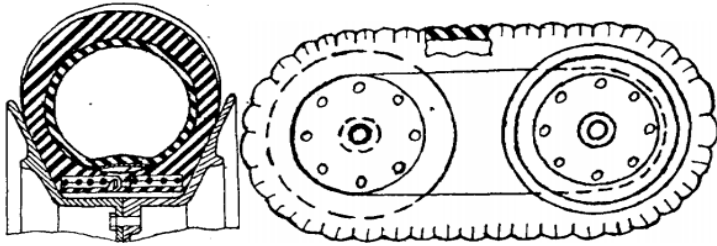


Рис. 1 – Схема пневматичної однопорожнинної гусениці

На рис. 2 подано фотографію дослідного зразка машини з однопорожністими пневмогусеницями, яку розробили вчені МВТУ ім. Н. Баумана.

Однопорожністі пневматичні гусениці забезпечують рівномірний розподіл тиску на опорну поверхню по всій довжині гусениці. Але, як виявили дослідження, така конструкція характеризується великими гістерезисними втратами та складністю виготовлення [20].

Багатопорожнинні пневматичні гусениці являють собою сукупність пневматичних ізолюваних оболонок (пневмотраків), які з'єднуються між собою. Залежно від кріплення пневмотраків до несучих елементів розрізняють гусениці з рухомими [15] і нерухомими пневмотраками [20]. Більш поширеними є гусениці з нерухомими пневмотраками, які представляють собою гусеничний ланцюг, траками якого є пневматичні елементи. Перевагами багатопорожністих пневматичних гусениць є більш високі тягово-зчіпні показники на ґрунтах з низькою несучою здатністю за рахунок рівномірного розподілу тиску по площі контакту у порівнянні не тільки з колесом, але і з металевими та гумовострічковими гусеницями (рис. 3).



Рис. 2 – Дослідна машина з пневматичними однопорожнистими гусеницями

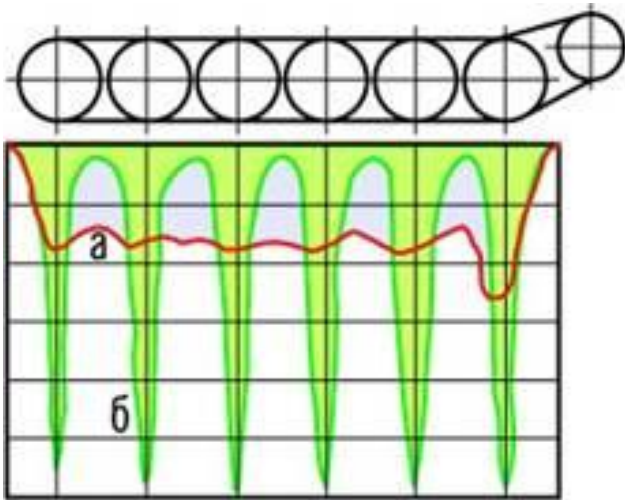


Рис. 3 – Розподіл тиску в гусениці: а - пневматичній, б - металевій

Застосування пневматичної гусениці в якості рушія для гусеничних машин підвищує їхні ходові та експлуатаційні якості, такі як плавність ходу, безшумність роботи, швидкість руху по бездоріжжю. Довговічність пневматичної гусениці може бути значно вищою за довговічність традиційних металевих ланцюгових гусениць

за рахунок менш жорсткого контакту з опорною поверхнею і зменшення сил інерції.

Пневматичні гусениці мають також недоліки:

- у порівнянні з ланцюговою традиційною гусеницею вони мають більш низьку тягову здатність;
- чутливі до низьких температур;
- мають низьку ремонтпридатність;
- у порівнянні з колісними рушіями пневматичні мають складнішу конструкцію, більші втрати потужності та більш низький термін служби.

Пневмогусеничні рушії з наявністю камер і герметичних оболонки з вентилями (закриті подушки) вимагають постійного обслуговування, зокрема підкачування. Все це ускладнює обслуговування та знижує довговічність. З метою усунення наявних недоліків пропонується заміна стисненого повітря в камерах пружними елементами [22, 23]. Такими елементами можуть бути металеві пружини [22], пружини з еластичного полімерного матеріалу, які відіграють одночасно роль ущільнювача по контуру кріплення траку [23]. Дані конструкції називаються еластичними траками гусеничних систем.

Більш відомим, практично реалізованим конструктивним рішенням є гумоармовані гусениці, ідея створення яких виникла в 70-х роках минулого століття в Японії. В даний час випускаються конструкції гумоармованих гусениць з різною величиною і формою ґрунтозацепів (рис. 4).



а



б

Рис.4 – Гумоармовані гусениці: а - розробка Концерну «Тракторные заводы», б - для трактора Shantui SD22 (Китай)

У даний час багато закордонних фірм оснащує трактори, комбайни та інші технічні засоби ходовими системами з гумоармованими гусеницями (рис. 5, б). Це пов'язано з тим, що застосування цих машин призводить до зниження на 25-35% родючості ґрунту через його переущільнення. В той же час ущільнення ґрунту звичайними ланцюговими гусеницями призводить до зменшення урожаю, в середньому, на 40-45% [24].



Рис. 5 – Гусеничний трактор Challenger MT700E



Рис. 6 – Трактор John Deere

Відмітимо основні переваги застосування гумоармованих гусениць:

- можливість роботи в умовах підвищеної вологості ґрунтів;
- зниження ущільнюючого впливу на ґрунт ходових систем машин;
- здатність трактора рухатися по дорогах з твердим покриттям, не руйнуючи останнього;
- висока довговічність, приблизно в 2 рази більша в порівнянні з гусеницями з відкритим металевим шарнірами;
- на 25...30% менше ущільнює ґрунт у порівнянні з металевою гусеницею при їхній однаковій ширині;
- хороша здатність до самоочищення від бруду при будь-якої вологості;
- виключення сповзання машини при роботі на схилах;
- ресурс роботи до граничного стану гумоармованих гусениць у 4 -5 разів вище, ніж у серійних металевих [25].

**Висновки.** З метою остаточного вибору типу гусеничного рушія з високою прохідністю потрібно оцінити умови його експлуатації, в тому числі й природно-кліматичні умови, зокрема стан ґрунту. Вирішення проблеми прохідності може здійснюватись заміною традиційних металевих елементів гусеничних рушіїв на еластичні, зокрема гумоармовані.

### Література

1. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. / Н.А. Забавников. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с.
2. Гусеничный движитель трактора. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroy-technics.ru/article/gusenichnyi-dvizhitel-traktora>.
3. Bekker M.O. Relation ship bet wen sons and Vchicke S.A.E. / Bekker M.O. // Quarterly Frans actions. Vol. 4. – 1950. – №3.
4. Забродский В.М. Ходовые системы тракторов. / В.М. Забродский. – М.: Агропромиздат, 1986.
5. Ксенович, Н.П. Ходовая система – почва – урожай. / Ксенович, Н.П., Скотников, В.А., Ляско, М.И. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304с.
6. Танклевский, М.М. Проходимость машин. /М.М. Танклевский. – Киев, 1990, – 155с.
7. Скотников, В. А. Проходимость машин. /В.А. Скотников. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328с.



8. Танклевский, М. М. Энергоэффективные ходовые системы машин торфяного производства: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.05. / М.М. Танклевский – Киев -Калинин, 1983. – 187 с.

9. Воронин, В.А. Основы теории тракторов, автомобилей и самоходных сельскохозяйственных машин. /В.А. Воронин. – Благовещенск, 1981. – 69с.

10. Анилович В.Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справочное пособие. / В.Я Анилович, Ю.Т. Водолаженко. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.

11. Гинзбург Ю.В. Промышленные тракторы. / Гинзбург Ю.В. Швед А.И., Парфенов А.П. – М.: Машиностроение, 1986. –296 с.

12. Емельянов, А. М. Пути снижения техногенного воздействия гусеничных движителей уборочных машин на переувлажненные почвы: дис. ...д-ра техн. наук: 05.20.01 /А.М. Емельянов. – Благовещенск, 1997. – 250 с.

13. Злобин, Е.В. Исследование тягово-сцепных свойств движителя с резино-армированными гусеницами в условиях Дальнего Востока: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.01. / Е.В. Злобин. – Благовещенск, 2006. – 134 с.

14. Бухаровская А.Н. Тягово-сцепные свойства и уплотняющие воздействия на почву трактора с резиноармированными гусеницами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ А.Н. Бухаровская. – М., 2011. – 133 с.

15. Бочаров Н.Ф. Транспортные средства на высокоэластичных движителях/ Н.Ф. Бочаров, В.И. Гусев, В.М. Семенов. – М.: Машиностроение, 1974. – 208 с.

16. А.с. 435977 СССР, М.Кл. В62d57/00. Пневмодвигатель транспортного средства. / Н.Ф. Бочаров, В.М. Семенов, В.М. Семенов и др. (СССР). – № 1759034/27-11 ; заявл. 15.03.72 ; опубл. 15.07.74, Бюл. № 26.

17. Пат. 1986865 США, 305/34. Track for tracklaying vehicles / Tschappat William H. – № 694,982 ; заявл. 24.10. 33 ; опубл. 08.01.35.

18. А.с.152805 СССР, МПК В62f23/00. Кольцевая дуговая пневмогусеница. / В.Г. Рудельсон (СССР). – № 773143/22; заявл. 10.04.62 ; опубл. 21.08.63, Бюл. № 15.

19. А.с. СССР, 306041 МПК В62d55/24. Гусеничный движитель. / В.Г. Рудельсон, М.М. Танклевский (СССР). – – № 1325463/27-11; заявл. 05.05.69 ; опубл. 11.06.71, Бюл. № 19.

20. Брянский Ю.А. Специальные движители транспортных средств: учебное пособие. / Брянский Ю.А. – М.: МАДИ, 1983. – 65 с.

21. Веселов Н.Б. Из истории вездеходостроения. Резино-пневматический гусеничный движитель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krpb.ru/index.php?id=museum21>.

22. А.с. 1245489 СССР, кл. В62D55/24. Эластичный трак гусеницы транспортного средства. / М.М. Танклевский (СССР). – № 3856401/27-11; заявл. 19.02.85 ; опубл. 23.07.86, Бюл. № 27.

23. А.с. 1548104 СССР, кл. В62 D 55/247. Эластичный трак гусеницы транспортного средства. / М.М. Танклевский, А.М. Танклевский(СССР). – № 1245489; заявл. 08.04.88 ; опубл. 07.03.90, Бюл. № 9.

24. Ходовые системы сельскохозяйственных тракторов. – М.: Тр. НПО НАТИ, 1991. – 139 с.

25. Канделя М.В. Исследование и обоснование технического уровня различных типов гусеничных ходовых систем уборочно-транспортных машин: дис. ... канд. техн. наук. – Благовещенск, 1997. – 178 с.

*Рецензент д.т.н. О.О.Налобіна*