

It was investigated that the use of mineral nutrition for the cultivation of yeast allowed to accumulate the required number of cells, reduce the duration of yeast production to 18–20 h, and obtain yeast cells with high physiological and biochemical activity. In samples using yeast, cultivated with citrates of metals, the chemical and technological parameters of the brains were better than control. The content of alcohol in mussels grew by 1–3 % in accordance with the metal citrate added. In the study of the synthesis of volatile impurities in distillates, there was also a positive effect of metal citrates on their use at the stage of yeast cultivation. The investigations were carried out in the laboratory conditions of and alcohol plants in the production of alcohol from starch-containing raw materials.

Key words: *highly concentrated must, dry matter, metal citrates, fermentation*

УДК 629.113

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РОЗПОДІЛЕННЯ ОСЬОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СУЧАСНОЇ АГРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ШИНИ

**С. М. Кухарець, доктор технічних наук
ORCID 0000-0002-5129-8746**

Житомирський національний агроекологічний університет

**В. В. Чуба, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-4119-0520**

**Національний університет біоресурсів і
природокористування**

**В. М. Зубко, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-2426-2772**

**Сумський національний аграрний університет
e-mail: vvchuba@ukr.net, zubkovladislav@ukr.net**

Анотація. Під час роботи машинно-тракторних агрегатів відбувається контактна взаємодія колеса з ґрунтом. При взаємодії спостерігається деформування та ущільнення ґрунту, що негативно впливає на зміну його структури. Для зменшення негативного впливу на ґрунт необхідно визначати оптимальні конструкційні параметри колісних рушіїв машинно-тракторних агрегатів.

В статті розглянуто взаємодію із ґрунтом колісного рушія та існуючі моделі взаємодії колеса з опорною поверхнею в залежності

© С. М. Кухарець, В. В. Чуба, В. М. Зубко, 2018

від параметрів сучасної агротехнологічної шини. Виконано аналіз існуючих моделей взаємодії колеса із опорною поверхнею, з метою визначення залежності площі контакту колеса від його геометричних та конструкційних параметрів, таких як геометричний прогин, радіус, діаметр а також тиск у шині. Виконано експериментальний аналіз плям контакту сучасної агротехнологічної шини. На основі аналізу відбитків сучасної агротехнологічної шини та існуючих моделей взаємодії колеса з опорною поверхнею, виконано удосконалення математичної моделі взаємодії колеса з ґрунтом. Удосконалена математична модель дозволяє визначати площу плями контакту в залежності від властивостей агротехнологічної шини, тиску в ній та дозволяє визначити розподілене навантаження на елементарну частину опорної поверхні.

Отримані результати дозволяють виконувати математичне моделювання розподілу нормальних напружень в ґрунті в залежності від масових показників машинно–тракторного агрегату, конструкційних та технологічних властивостей шини, що застосовується. Застосування отриманої математичної моделі в поєднанні з моделлю зминанням та руйнування родючого шару ґрунту, дозволить виконувати вибір типу шин та необхідного робочого тиску для мінімізації завдання шкідливого впливу на ґрунт.

Ключові слова: *колісні рушії, машинно-тракторний агрегат, нормальні напруження, пляма контакту, опорна поверхня, тиск шини*

Постановка проблеми. Розвиток технічного забезпечення сільського господарства іде шляхом застосування широкозахватних агрегатів, застосування яких вимагає реалізації досить великої потужності колісними рушіями. Досить часто для реалізації необхідної потужності застосовують додаткові баластні маси, що призводить до збільшення питомих тисків в зоні контакту колеса з ґрунтом, як наслідок відбувається збільшення ущільнення ґрунту. Ущільнення ґрунту призводить до руйнування його структури та негативні наслідки у вигляді зниження врожайності сільськогосподарських культур [1, 2, 3]. Зміна геометричних параметрів колеса, з метою збільшення плями контакту для покращення зчеплення з опорною поверхнею, приводить до збільшення буксування привідного колеса. Наслідком збільшення буксування є втрата певної нереалізованої потужності та негативна дія на ґрунт за рахунок перетирання верхнього родючого шару. Найбільш ефективним можна вважати комплексний підхід реалізації збільшеної потужності, що полягає в підборі необхідної маси енергозасобу та сучасної агротехнологічної

шини з точки зору мінімізації негативного впливу на ґрунт. Уточнення математичної моделі, яка б дала змогу визначати площу плями контакту та розподілений тиск на ґрунт, в залежності від фізико-механічних, конструкційних та технологічних параметрів колеса, маси енергозасобу є досить нагальною проблемою.

Мета дослідження. Уточнення методики визначення площі контакту та розподіленого навантаження на ґрунт при використанні сучасної агротехнологічної шини в залежності від її конструкційних особливостей та осьового навантаження.

Результати досліджень. Досить значний вклад в дослідження взаємодії колеса з опорною поверхнею вніс В. Л. Бідерман, закладені ним ідеї [4] знайшли подальший розвиток в роботах багатьох відомих вчених [5, 6, 7].

В. Л. Бідерман запропонував розрахункову схему (рис. 1) для взаємодії пневматичного колеса з опорною поверхнею.

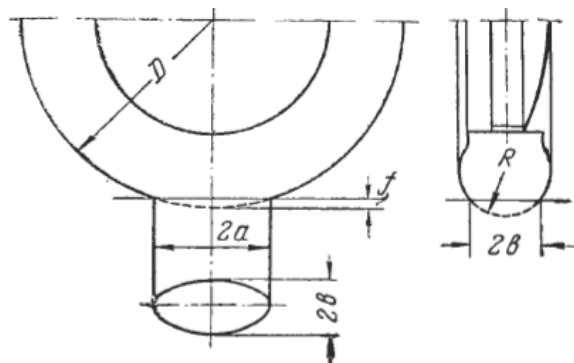


Рис. 1. Розрахункова схема взаємодії опорного колеса з опорною дорогою.

Згідно розрахункової схеми (рис. 1), прийнявши пляму контакту у вигляді еліпсу, вважаючи прогини малими, можна знайти довжини напівеліпсу плями контакту:

$$a = \sqrt{Df}, \quad (1)$$

та

$$b = \sqrt{2Rf}, \quad (2)$$

де: D – зовнішній діаметр шини, м; R – радіус ширини протектора, м.; f – прогин шини, від. од.

Звідки площу контакту, можна розрахувати за допомогою наступного виразу:

$$F_k = \pi ab = \pi f \sqrt{2RD}, \quad (3)$$

де: F_k – площа плями контакту колеса із опорною поверхнею, м.

Однією із важливих характеристик пневматичної шини які виділяв В. Л. Бідерман є нормальний прогин шини, який залежатиме від навантаження і фізико механічних властивостей шини, і має

великий вплив на площу взаємодії колеса опорною поверхнею і тиском який зазнає опорна поверхня.

Повний прогин шини складається із прогину каркасу і самого протектора і характеризується здатністю каркасу шини нести відповідне корисне навантаження і може бути розраховане наступним чином:

$$f = f_{\Pi} - f_K = C_1 \frac{Q}{f} + C_2 \frac{Q}{p + p_0} \quad (4)$$

де: c_1 – постійний для відповідної шини коефіцієнт пов'язаний із деформуванням протектора його характеристиками та модулем пружності, Па⁻¹; c_2 – постійні для відповідної шини коефіцієнт, обернено пропорційний її геометричним параметрам, м⁻¹; f_{Π} – прогин протектора шини, м; f_K – прогин протектора шини, м; p – внутрішній тиск в шині, Па; p_0 – постійний коефіцієнт що характеризує жорсткість каркасу при нульовому тиску, Па; Q – осьове навантаження, Н.

Вирішивши рівняння відносно повного прогину шини та об'єднавши вирази (3) та (4) залежність, яка дозволяє взаємозв'язати властивості фізико-механічні властивості шини, навантаження та характеристики плями контакту:

$$F_K = \pi \sqrt{2RD} \left(\frac{C_1 Q}{2(p + p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p + p_0)} \right)^2 + C_1 Q} \right). \quad (5)$$

Отримана залежність дозволяє виконати моделювання впливу тиску в шині, навантаження, фізико-механічних властивостей шини на характеристику плями контакту шини із опорною поверхнею.

Проте використання даної математичної моделі для виконання моделювання ускладнене через необхідність визначення радіуса ширини протектора, і те, що даний параметр не застосовується для сучасних шин.

В роботі [8], автори розглядаючи взаємодію колеса з опорною поверхнею (рис 2), виразили геометричні характеристики плями контакту наступним чином:

$$a_e = \sqrt{f(D - f)}, \quad (6)$$

та

$$b_e = \sqrt{f(B - f)}. \quad (7)$$

Враховуючи вираз (6) та (7) вираз для обчислення площі плями контакту набуває вигляду:

$$F_K = \pi f \sqrt{(D - f)(B - f)}, \quad (8)$$

а вираз(8) набуває наступного вигляду:

$$F_k = \pi \sqrt{\left(D - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} + C_1 Q \right)} \right) \right) \left(B - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} + C_1 Q \right)} \right) \right)} \times \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} + C_1 Q \right)} \right) \quad (9)$$

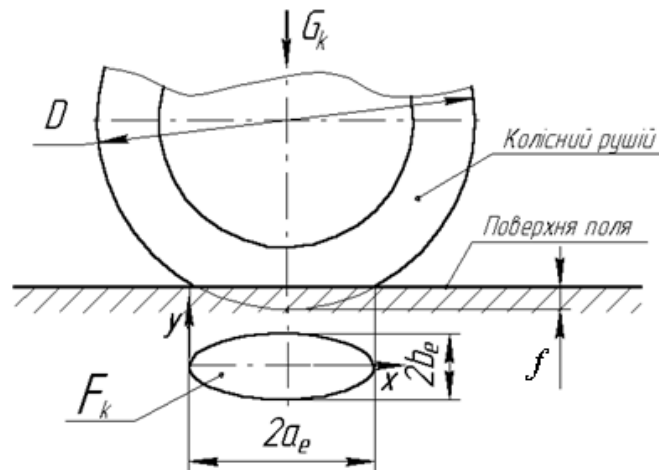


Рис. 2. Схема деформації пневматичної шини при статичних випробуваннях.

Отримана математична модель дозволяє виконати моделювання впливу навантаження на зміну плями контакту і пов'язує дані характеристики із фізико-механічних та конструктивними параметрами шини колеса.

Згідно з [4] коефіцієнти C_1 , C_2 можна визначити експериментальним шляхом провівши трикратні виміри при двох різних тисках при максимальному навантаженні, і згідно аналізу роботи [9] виконаному в [10] визначені наступним чином:

$$C_1 = \frac{(x_1^2 + x_2^2)(y_1 + y_2) - (x_1 + x_2)(x_1 y_1 + x_2 y_2)}{2(x_1^2 + x_2^2) - (x_1 + x_2)^2}, \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{2(x_1 y_1 + x_2 y_2) - (y_1 + y_2)(x_1 + x_2)}{2(x_1^2 + x_2^2) - (x_1 + x_2)^2}. \quad (11)$$

Коефіцієнти x_1 , x_2 , y_1 , y_2 визначаються експериментально при двох різних тисках і відповідним їм навантаженням [11]:

$$x_1 = \frac{f_{СП}}{P_{\min} + P_0}, \quad (12)$$

$$x_2 = \frac{f_{СП}}{P_{\max} + P_0}, \quad (13)$$

$$y_1 = \frac{f_{СП}}{Q_{\min}}, \quad (14)$$

$$y_2 = \frac{f_{сп}}{Q_{\max}}. \quad (15)$$

Постійний коефіцієнт p_0 залежить від розмірів шини та кількості слоїв корду при її виготовленні та згідно з [12], може бути визначений наступним чином:

$$p_0 = 16,7 - n_c \sqrt{\frac{D}{b}} - 1,4 - 2,8, \quad (16)$$

де: n_c – кількісна норма шаровості шини.

Враховуючі, що більшість сучасних виробників не вказують норму шаровості своїх пневматичних шин, і даний показник враховуючи сучасний розвиток конструкцій шин визначити досить важко, то при виконанні розрахунків можна прийняти в межах від 9806 до 29420 Па [4]. Провести відповідні експериментальні дослідження шини, в польових умовах досить складно тому, згідно досліджень [8] значення коефіцієнтів C_1 та C_2 для тракторних шин можна приймати в наступних діапазонах для C_1 від $0,0012 \cdot 10^{-5}$ до $0,0028 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, для C_2 від 0,25 до 0,3 м⁻¹.

Для діагональних шин, більшість параметрів необхідних для розрахунку можна знайти [11], важче це зробити для радіальних шин, адже зазвичай виробник гумових шин практично ніколи не вказує їх ні в маркуванні, ні в технічній інформації виробника до шини. Тому удосконалена модель плями контакту потребує свого подальшого корегування.

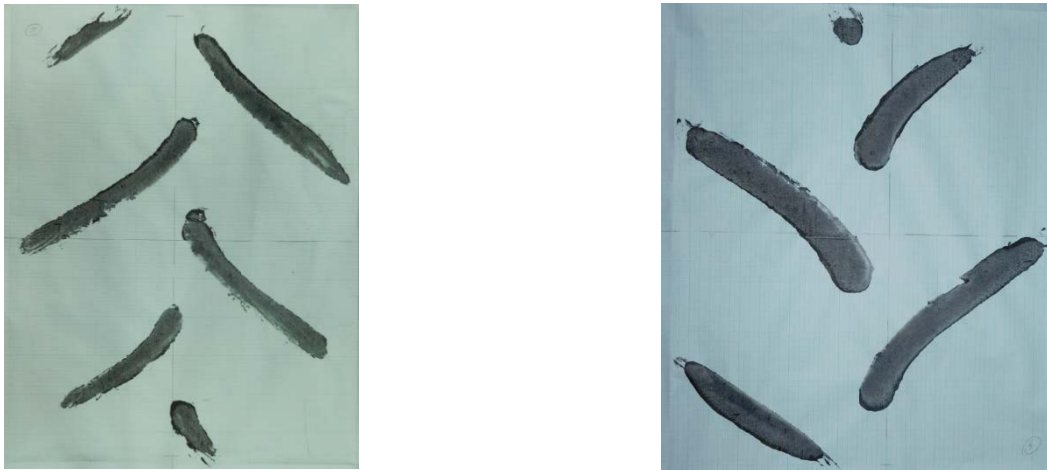


Рис. 3. Схема відбитку контакту шини Firestone Radial 8000 розміру 460/85-18,4R38 при тиску 0,6 кПа та 1,0 кПа.

Слід також зазначити, що отримана математична модель придатна для моделювання плями контакту тільки еліптичної форми, які мають як правило тільки вузькі напрямні колеса або колеса з малою несучою здатністю.

Враховуючи сучасні тенденції розвитку шин та проведені власні експериментальні дослідження шини Firestone Radial 8000 460/85 R38 (рис. 3) та дослідження [13] (рис. 4) та [14] (рис. 5) дозволяють стверджувати, що сучасна агротехнологічна шина високої несучої здатності має пляму контакту наближену до прямокутної форми.

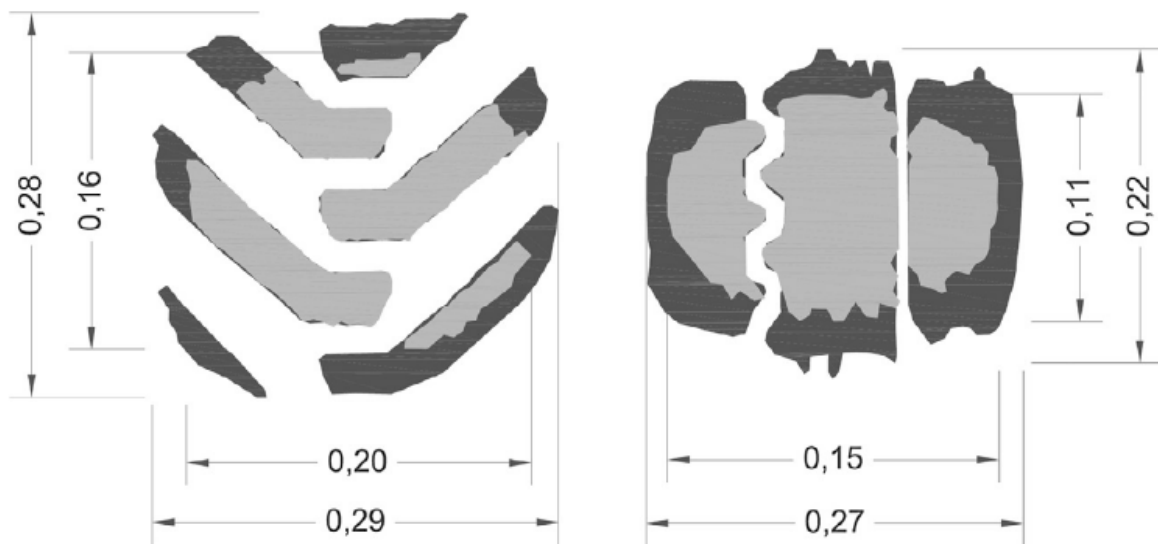


Рис. 4. Порівняння площі контакту шини 400//60-15,5 з різним протектором при різному статичному навантаженні (сірий колір відповідає осьовому навантаженню в 16 кН, чорний – 29 кН).

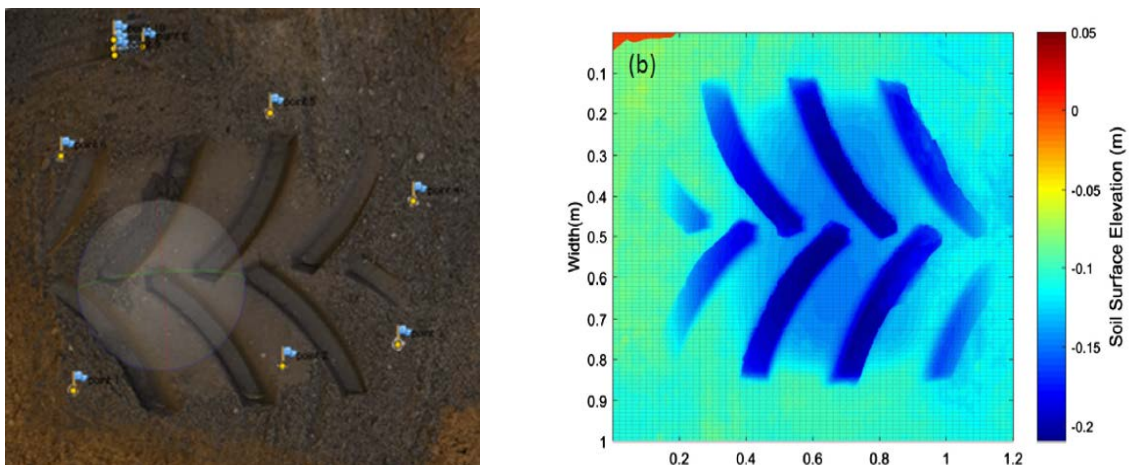


Рис. 5. Результати досліджень відбитка при взаємодії колеса з ґрунтом.

Наведені результати (рис. 3 – рис. 5) дозволяють зробити висновок, що пляма контакту сучасної агротехнологічної шини має чітко виражену прямокутну форму і зберігає її незалежно від того чи ґрунтозачепа повністю або частково заглиблені в ґрунт. Враховуючи, що форма плями контакту шини колеса з опорною поверхнею приймає майже правильну прямокутну форму, то для моделювання

взаємодії агротехнологічної шини із опорною поверхнею математична модель (12) набуде наступний вигляд.

$$F_k = 4 \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \times \sqrt{\left(D - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right) \left(B - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right)} \quad (13)$$

Враховуючи контактну взаємодію колеса з опорною поверхнею, у випадку коли ґрунтозачепи повністю вдавнені в ґрунт величину тиску на елементарну частинку поверхню колеса або деформівної поверхні можна визначити наступним чином:

$$q_k = \frac{Q}{F_k} = \frac{f^2}{4\sqrt{(D-f)(B-f)} \left(C_1 + C_2 + \frac{f}{p+p_0} \right)} = \frac{\left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right)^2}{4 \sqrt{\left(D - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right) \left(B - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right)} \left(C_1 + C_2 + \frac{\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q}}{p+p_0} \right) \quad (14)$$

У випадку коли ґрунтозачепи вдавнені в ґрунт не на повну глибину, величину тиску в зоні контакту, шини з деформівною поверхнею можна визначити помноживши площу плями контакту на співвідношення площі ґрунтозачепів до загальної площі опорної поверхні шини.

$$q_k = \frac{\left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right)^2}{4k_{gr} \sqrt{\left(D - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right) \left(B - \left(\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q} \right) \right)} \left(C_1 + C_2 + \frac{\frac{C_1 Q}{2(p+p_0)} + \sqrt{\left(\frac{C_2 Q}{2(p+p_0)} \right) + C_1 Q}}{p+p_0} \right) \quad (15)$$

де: k_{gr} – коефіцієнт, що відображає співвідношення площі ґрунтозачепів до загальної площі контактної поверхні шини колеса, від. од.

Таким чином, удосконалені математичні моделі поєднують конструктивні та технологічні параметри шини, її фізико-механічні властивості і вагові параметри енергосабору приведені у вигляді осьового навантаження. Отримані рівняння дозволяють визначити площу контакту колеса з опорною поверхнею та визначити величину розподіленого навантаження на ґрунт в залежності від умов роботи ґрунтозачепів колеса. Проте отримані результати вимагають подальшого уточнення відповідних коефіцієнтів пов'язаних із фізико-механічними та конструкційними параметрами шини, а також уточнення методик їх визначення для сучасних агротехнологічних шин високої несучої здатності.

Висновки

1. Виконане удосконалення існуючих моделей взаємодії шини колеса із опорною поверхнею для сучасних агротехнологічних шин великої несучої здатності до осьового навантаження.

2. Отримані математичні моделі дозволяють встановити взаємозв'язок фізико-механічні та конструктивні параметри пневматичної шини з осьовим навантаження та характеристиками плями контакту шини з деформівною поверхнею.

Список літератури

1. *Makharoblidze R. M., Lagvilava I. M., Basilashvili B. B., Khazhomia R. M.* Theory of turn bodies of mountain tandem wheeled self-propelled chassis, In *Annals of Agrarian Science*, Volume 15, Issue 3, 2017, Pages 339–343, ISSN 1512-1887.
2. *Bogusław Usowicz, Jerzy Lipiec.* Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil, In *Soil and Tillage Research*, Volume 174, 2017, Pages 241–250, ISSN 0167-1987.
3. *Голуб Г. А., Кухарець С. М.* Двоємнісна модель гумусного стану ґрунтового середовища агроєкосистем. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212, ч. 2. С. 302–307.
4. *Бидерман В. Л., Гуслицер Р. С., Захаров С. П.* Автомобильные шины. Москва. Госхимиздат. 1963. 384 с.
5. *Ксеневиц И. П., Скотников В. А., Ляско М. И.* Ходовая система – почва – урожай. Москва. Агропромиздат. 1985. 304 с.
6. *Гуськов В. В., Велев Н. Н., Атаманов Ю. Е.* Тракторы: теория. Москва. Машиностроение. 1988. 377 с.
7. *Водяник И. И.* Воздействие ходовых систем на почву (научные основы). Москва. Агропромиздат. 1990. 172 с.
8. *Белковский В. Н., Лаптев В. Н., Матвеев А. А.* Шины для сельскохозяйственной техники. Москва. Химия, 1986. 112 с.
9. *Michelin Agriculture and Compact Line Data Book.* 2013. www.michelinag.com.
10. *Ребров А. Ю.* Идентификация сельскохозяйственных тракторных шин. Вісник НТУ «ХПІ». Харків. НТУ «ХПІ». 2015. № 8. С. 19–25.
11. *ГОСТ 7463-2003.* Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия.
12. *Ксеневиц И. П., Скотников В. А., Ляско М. И.* Ходовая система – почва – урожай. Москва. Агропромиздат. 1985. 304 с.
13. *Barbosa L. A. P., Magalhães P. S. G.* Tyre tread pattern design trigger on the stress distribution over rigid surfaces and soil compaction. *Journal of Terramechanics*. 58. 2015. P. 27–38.
14. *Kenarsari A. E., Vitton S. J., Beard J. E.* Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. *Journal of Terramechanics*. 74. 2017. 1–11.

References

1. *Makharoblidze, R. M., Lagvilava, I. M., Basilashvili, B. B., Khazhomia, R. M.* (2017). Theory of turn bodies of mountain tandem wheeled self-propelled chassis, In *Annals of Agrarian Science*, Volume 15, Issue 3, 339–343, ISSN 1512-1887.

2. *Bogusław Usowicz, Jerzy Lipiec.* (2017). Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil, In *Soil and Tillage Research*, Volume 174, 241–250, ISSN 0167-1987.
3. *Golub, G. A. Kuharets, S. M.* (2015). Model of the humus state of the soil environment in agroecosystems. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK.* Kiev. Vol. 212, part 2. 302–307.
4. *Biderman, V. L., Gosliner, G. S., Zakharov, S. P.* (1963). *Road tires.* Moscow. Goskhimizdat. 384.
5. *Ksenevich, S. P. Skotnikov, V. A., Lyasko, M. S.* (1985). *Suspension system – soil – crop.* Moscow. Agropromizdat. 304.
6. *Guskov, V. V., Velev, N. N., Leader, Y. E.* (1988). *Tractors: theory.* Moscow. Engineering. 377.
7. *Vodyanyk, I. I.* (1990). *Impact of running systems on soil (scientific basis).* Moscow. Agropromizdat. 172.
8. *Belkovsky, V. N., Laptev, V. N., Matveev, A. A.* (1986). *Tires for farm equipment.* Moscow. Chemistry, 112.
9. *Michelin Agriculture and Compact Line Data Book.* (2013). www.michelinag.com.
10. *Rebrov, A. Y.* (2015). Identification of agricultural tractor tires. *Herald of NTU "KHPI".* Kharkov. NTU "KHPI". No 8. 19–25.
11. *GOST 7463* (2003). *Pneumatic tires for tractors and agricultural machines. Specifications.*
12. *Ksenevich, S. P. Skotnikov, V. A., Lyasko, M. S.* (1985). *Suspension system – soil – crop.* Moscow. Agropromizdat. 304.
13. *Barbosa, L. A. P., Magalhães, P. S. G.* (2015). Tyre tread pattern design trigger on the stress distribution over rigid surfaces and soil compaction. *Journal of Terramechanics.* 58. 27–38.
14. *Kenarsari, A. E., Vitton, S. J., Beard, J. E.* (2017). Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. *Journal of Terramechanics.* 74. 1–11.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ СОВРЕМЕННОЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ШИНЫ

С. Н. Кухарец, В. В. Чуба, В. Н. Зубко

Аннотация. Во время работы машинно-тракторных агрегатов происходит контактное взаимодействие колеса с грунтом. При взаимодействии наблюдается деформирования и уплотнения почвы, что отрицательно влияет на изменение его структуры. Для уменьшения негативного воздействия на почву необходимо определять оптимальные конструкционные параметры колесных движителей машинно-тракторных агрегатов.

В статье рассмотрено взаимодействие с почвой колесного движителя и существующие модели взаимодействия колеса с опорной поверхностью в зависимости от параметров современной агротехнологической шины. Выполнен анализ существующих моделей взаимодействия колеса с опорной поверхностью, с целью

определения зависимости площади контакта колеса от его геометрических и конструктивных параметров, таких как геометрический прогиб, радиус, диаметр а также давления в шине. Выполнен экспериментальный анализ пятен контакта современной агротехнологической шины. На основе анализа отпечатков современной агротехнологической шины и существующих моделей взаимодействия колеса с опорной поверхностью, выполнено совершенствования математической модели взаимодействия колеса с грунтом. Усовершенствованная математическая модель позволяет определять площадь пятна контакта в зависимости от свойств агротехнологической шины, давления в ней и позволяет определить распределенная нагрузка на элементарную часть опорной поверхности.

Полученные результаты позволяют выполнять математическое моделирование распределения нормальных напряжений в почве в зависимости от массовых показателей машинно-тракторного агрегата, конструкционных и технологических свойств шины, применяется. Применение полученной математической модели в сочетании с моделью смятием и разрушения плодородного слоя почвы, позволит выполнять выбор типа шин и необходимого рабочего давления для минимизации нанесения вредного воздействия на почву.

Ключевые слова: колесные движители, машинно-тракторный агрегат, нормальные напряжения, пятно контакта, опорная поверхность, давление шины

IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF DEFORMATION AND DISTRIBUTION OF THE AXIAL LOAD OF MODERN AGROTECHNOLOGICAL TIRE

S. M. Kukharets, V. V. Chuba, V. M. Zubko

Abstract. *During the operation of machine-tractor units, the contact between the wheel and the ground occurs. When interaction is observed deformation and compaction of soil, which negatively affects the change in its structure. In order to reduce the negative impact on the soil, it is necessary to determine the optimal structural parameters of the wheel propulsion of machine-tractor aggregates.*

The article deals with the interaction with the wheel of the wheel propulsion and the existing models of interaction of the wheel with the bearing surface, depending on the parameters of the modern agrotechnological bus. An analysis of the existing models of the interaction of the wheel with the support surface was performed to determine the dependence of the contact area of the wheel on its geometric and structural parameters, such as geometric deflection, radius, diameter and

pressure in the tire. The experimental analysis of the contact points of the modern agrotechnological tire was performed. On the basis of analysis of the prints of the modern agrotechnological tire and existing models of interaction of the wheel with the bearing surface, perfection of the mathematical model of interaction of the wheel with the soil was performed. An improved mathematical model allows determining the area of the contact spot depending on the properties of the agrotechnological bus, the pressure in it, and allows you to determine the distributed load on the elemental part of the bearing surface.

The obtained results allow to carry out mathematical modeling of the distribution of normal stresses in the soil, depending on the mass indices of the machine-tractor unit, the structural and technological properties of the tire, is used. Application of the obtained mathematical model in combination with the model of crush and destruction of the fertile soil layer will allow us to select the type of tires and the required working pressure to minimize the harmful effects on the soil.

Key words: *wheel propulsion, machine-tractor unit, normal voltages, contact spot, bearing surface, tire pressure*

УДК 631.3–192:662.63

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Д. П. Журавель, кандидат технічних наук
ORCID 0000-0002-9611-2781**

**Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: dmitriy04111969@gmail.com**

Анотація. У статті розглянуто методологію підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів. Розглядаючи функціональні системи сучасних тракторів та сільськогосподарських машин, як складні технічні системи, які схильні до різних видів відмов, нами були запропоновані моделі надійності, які дозволяють по статистичним характеристикам напрацювання на відмову їх елементів отримувати нормовані в технічних умовах фактичні показники ресурсів. Сільськогосподар-

© Д. П. Журавель, 2018