

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ

УДК 631.431.73;629

МОДЕЛИ СОХРАНЕНИЯ БИОЦЕНОЗА ПОЧВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЕЁ УПЛОТНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Ю. В. Чигарев^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор;

И. С. Крук¹, к.т.н., доцент;

М. Снег², к.т.н.;

С. Н. Герук^{3,4}, к.т.н., доцент;

Ф. И. Назаров¹, аспирант

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск;

²Западнопоморский технологический университет, г. Щетин;

³Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

НААН Украины, п. Глеваха;

⁴Житомирский агротехнический колледж, г. Житомир

Приведены результаты теоретических и лабораторных исследований процесса взаимодействия почвозацепов шин сельскохозяйственных агрегатов с почвой. Предложены зависимости для определения напряжений в почве и напряжений, действующих на дождевого червя, от колесных движителей сельскохозяйственной техники с учетом физических свойств почвы.

Постановка проблемы в общем виде

Почва, как открытая агрономическая система связана с биосферой, поэтому активно участвует в циклическом круговороте веществ – биологическом и геологическом. Равновесное состояние биосферы влияет на степень глобального экологического кризиса планеты. Устойчивое состояние биосферы характеризуется сохранением постоянных циклов и периодов круговорота веществ между литосферой, атмосферой и гидросферой.

Анализ последних исследований и публикаций

Изменение биологических циклов и периодов может быть связано с потерей равновесного состояния агроэкосистем, которые в последние десятилетия подверглись сильному антропогенному воздействию со стороны сельскохозяйственной техники. Тяжелые трактора и машины, несовершенные технологии и низкая культура земледелия не только разрушили структуру почвы, но и оказали сильное негативное влияние на жизнь биоценоза, значительно обеднив его популяции, а в некоторых случаях уничтожив их. Современные математические модели взаимодействия сельскохозяйственной техники с агрономической системой и, в частности, с почвой не дают пока достоверного ответа на конструирование движителей с допустимым давлением на почву, которое бы сохраняло плодородие, биоценоз и устойчивое состояние агроэкосистем. К тому же мало моделей оценивающих состояние биоценоза почвы при её механическом деформировании сельскохозяйственной техникой. Проблема заключается в определении критического напряжения (давления) на почву, в результате которого происходят невосполнимые потери популяций биоценоза, зооценоза и микробиоценоза. Как

показывают полевые исследования наибольшую деградацию почве в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники наносят колесные движители [1]. Контакт колеса с почвой происходит по некоторой области контакта, которая в силу рисунка протектора шины по своему уплотнению будет неоднородной [2]. В зависимости от технологии обрабатываемой поверхности почвы на машинах и тракторах устанавливаются шины с соответствующим рисунком, которые должны удовлетворять определенным параметрам скольжения, липкости, износа и др. Одним из важнейших современных требований к эксплуатации машин и тракторов в поле является сохранение ими плодородия почв, индикатором которого является плотность почвы [3]. Как известно на плотность почвы оказывают влияние вес машин, опорная поверхность колес, скорость передвижения [1, 2, 4]. Мало изученным является вопрос о влиянии рисунка и износа протектора шины на уплотнение почв.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

В данной статье делается попытка построить модель воздействия механических нагрузок от колесной сельскохозяйственной техники на биоценоз почвы с учетом износа грунтозацепов

Методика исследований

При движении ведущего колеса следует, кроме сил трения между опорной поверхностью колеса и почвы, учитывать силы при упоре почвозацепов в почву и силы ее сдвига боковыми гранями грунтозацепов. Почвозацепы, сдвигаясь, срезают почву в направлении, обратном движению. При установившемся движении колеса сдвиг и срез почвенных кирпичей происходит в периоды выхода последнего почвозацепа из почвы (рисунок 1). Все почвозацепы сдвигают и срезают поч-

Вісник Сумського національного аграрного університету

ву на одинаковую величину: первый сдвигает почву на D_i , то второй на $2D_i$, третий на $3D_i$ и т.д. Величина D_i и число почвозацепов, находящихся в почве, зависят от ее физического состояния, размеров колеса и рисунка протектора. Если число почвозацепов в зацеплении опорной поверхности колеса с почвой равно n , то в результате зацепления от входа в почву до выхода из нее почвозацеп срежет почву на величину [5]

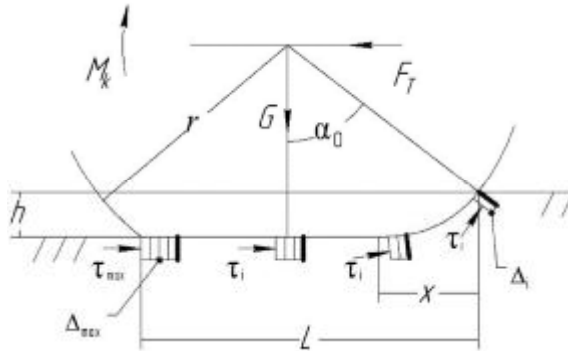
$$D_{\max} = nD_i$$


Рисунок 1. – Взаимодействие почвозацепов эластичного колеса с почвой: M_k – крутящий момент, F_T – продольная сила, t_i – напряжения сдвига приложенные к i -му почвозацепу, L – длина опорной поверхности, G – осевая нагрузка на колесо, α_0 – угол между вертикалью и входящим в почву почвозацепом.

Если известна длина опорной поверхности колеса L , то наибольший сдвиг и срез почвы можно записать через коэффициент буксования d в виде

$$D_{\max} = dL.$$

Из записанных двух формул имеем

$$d = \frac{nD_{\max}}{L}$$

То есть коэффициент буксования колеса зависит от количества почвозацепов n в зоне контакта, длины контакта L и свойств почвы, которые учитываются сдвигом почвы D_{\max} .

Касательная сила тяги колеса, необходимая для преодоления сдвига почвы почвозацепом, выражается соотношением

$$F_{ke} = \int_0^L t_k dA = \int_0^L t_k b dx, \quad b = 2l \sin \beta, \quad (1)$$

где t_k – проекция касательного напряжения на ось x от k -го грунтозацепа, dA – элементарная площадка опорной поверхности колеса, равная $dA = bdx$; b – ширина колеса; l – длина боковой грани почвозацепа; β – угол, характеризующий положение почвозацепа на колесе (рисунок 2); dx – длина элементарной площадки вдоль опорной поверхности L .

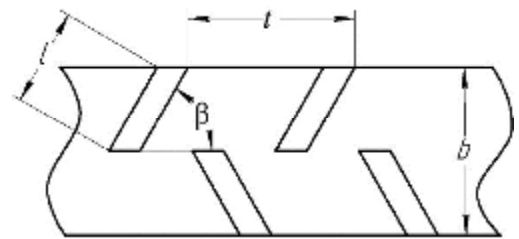


Рисунок 2. – Расположение почвозацепов на беговой дорожке шины

Отметим, что касательное напряжение зависит от высоты почвозацепа, который определяется износом шины.

Приведем результаты некоторых лабораторных исследований по деформированию почвы плоскими штампами шин разной изношенности грунтозацепов, проведенные лабораторией механики почв Западнопоморского технологического университета.

Объектами исследования были легкая суглинистая почва (гранулометрический состав которой представлен согласно методике [6] в таблице 1) и шины ведущих колес (рисунок 3).

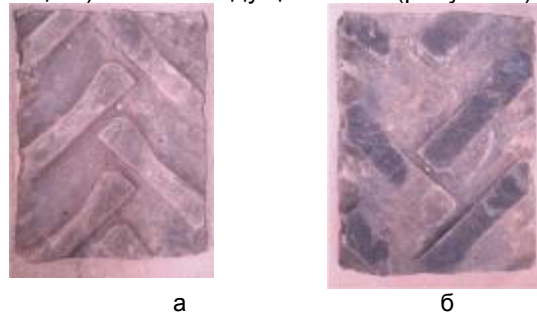


Рисунок 3. – Шины ведущих колес (а – с малым износом грунтозацепов, б – с большим износом грунтозацепов)

На рисунках 4 и 5 представлен характер деформирования почвы штампом с новой опной ведущего колеса силой 3 кН и 9 кН. Процесс деформирования представленный меловыми маркерами показывает проникновение напряжений на глубину почвы.

При уплотнении почвы штампом с сильно изношенным протектором ведущего колеса силами 3, 9 кН характер деформирования был подобным как и при мало изношенной шине ведущего колеса (рисунок 4, 5). Однако, абсолютная деформация почвы и её плотность в случае уплотнения штампом с сильно изношенным протектором ведущего колеса при каждом цикле нагружения были меньше, чем в случае уплотнения мало изношенной шиной ведущего колеса. В таблице 2 приведены данные проведенных опытов.

Таблица 1. – Гранулометрический состав почвы

песок			пыль		ил			структура скелета	
Крупный	Средний	мелкий	крупная	мелкая	крупный	мелкий	коллоидный	каменистая часть почвы	гравий
%	%	%	%	%	%	%	%	%	
8,75	19,5	40,5	13,25	5	6	2	4	7,3	
68,75			18,25		12			7,3	



Рисунок 4. – Уплотнение почвы штампом с новой опной ведущего колеса силой 3 кН – вид сверху и спереди



Рисунок 5. – Уплотнение почвы штампом с мало изношенной опной ведущего колеса силой 9 кН – вид сверху и спереди

Таблица 2. – Данные опытов по уплотнению почвы штампами с опнами

Символ	Площадь поверхности	Величина силы, приложенной к штампу	Высота почвенного слоя	Напряжения в пятне контакта	Деформация		Плотность после нагружения
					абсолютная	относительная	
	S	G	h	σ	ϵ	ϵ	γ
Единица измерения	м ²	кН	см	кПа	см		г/см ³
Штамп с мало изношенной шиной ведущего колеса	0,1725	3	25	17	3,5	0,14	1,47
		6	25	34	4,5	0,18	1,57
		9	25	52	5,5	0,22	1,69
Штамп с сильно изношенной шиной ведущего колеса	0,1715	3	25	17	3,0	0,12	1,42
		6	25	34	4,0	0,16	1,51
		9	25	52	5,0	0,20	1,63

Проведенные исследования показали, что изношенные протекторы шин на 4-7 % меньше уплотняют почву, чем новые.

Построим теперь математико-биологическую модель почвы, определяющую напряжения на биоценоз почвы в результате воздействия колесных движителей. В качестве объекта биоценоза возьмем дождевого червя (ДЧ).

Дождевой червь передвигаясь в почве рас-

ходит свою энергию не только на перемещение, но и на расширение пор и проталкивание твердых частиц почвы, освобождая для себя поровое пространство. В реальных условиях замыкание пор происходит от воздействия на поверхности почвы сельскохозяйственной техники. Это давление со стороны сельскохозяйственных деформаторов может быть не безопасным для ДЧ, которое может заблокировать все поры вокруг ДЧ и

попросту раздавить его. Используя известный подход Буссинеска, определим давление от колеса на ДЧ. Рассмотрим в полупространстве упрощенную модель взаимодействия колеса с почвой рисунок 6. Силы, действующие в зоне контакта колеса с почвой действующие на отдельные грунтозацепы (рисунок 6) заменим одной сосредоточенной силой.

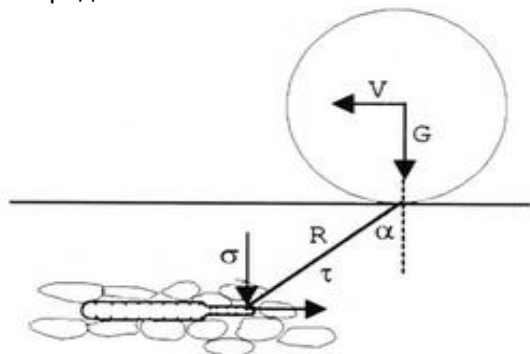


Рисунок 6 – Схема действия сил на точки почвенного массива ДЧ при проходе колеса

Вертикальное напряжение, действующее на ДЧ, приближенно можно определить с помощью формулы Буссинеска [7]

$$s = \frac{3}{2} \times \frac{G \cos^2 a}{p R^2} \quad (2)$$

Параметры входящие в формулу (2) показаны на рисунке 6. Если знать критическое напряжение S_k , которое является опасным для жизни ДЧ, то можно из формулы (2) определить критическую нагрузку на почву со стороны колеса G_k , критическое расстояние от этой нагрузки до ДЧ R_k или критический угол a_k , под которым будет действовать нагрузка на ДЧ. В тоже время касательное напряжение со стороны грунтозацепов на ДЧ можно определить исходя из соотношения

$$t = c + \frac{3f}{2} \times \frac{G \cos^2 a}{p R^2} \quad (3)$$

где t – напряжение действующее на ДЧ, c, f – соответственно коэффициенты сцепления и внутреннего трения почвы соответственно.

Модель, рассмотренную выше можно распространить на определение напряжений в точках полупространства А от грунтозацепов колеса, находящихся в почве на расстоянии R_1, R_2, R_3 от грунтозацепов рисунок 7

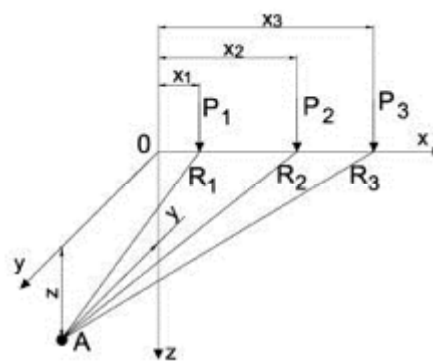


Рисунок 7 – Схема к определению напряжений в точках полупространства

В этом случае нормальное напряжение, действующее на ДЧ будет определяться согласно (3) [7]

$$s_z = k_1 \frac{P_1}{z^2} + k_2 \frac{P_2}{z^2} + k_3 \frac{P_3}{z^2} \quad (4)$$

где коэффициенты k_1, k_2, k_3 , определяют в зависимости от соотношений $\frac{R_i}{z}$ [7]

Учитывая (3) и (4), можно записать равенство

$$t = c + f(k_1 \frac{P_1}{z^2} + k_2 \frac{P_2}{z^2} + k_3 \frac{P_3}{z^2})$$

Таким образом приведенные формулы дают возможность проанализировать напряженное состояние которое может испытывать ДЧ от колесных движителей

Нормальное напряжение под колесом определим с помощью подхода, рассмотренного Фрелихом. Фрелих модифицировал известную формулу Буссинеска для учета трёх видов твердости почвы

$$s_r = \frac{3y}{2p} \frac{G}{R^2} \cos^{(y-2)} a_0, \quad (5)$$

где y – коэффициент, определяющий состояние почвы (твердая $y = 3$, средняя – $y = 4$; мягкая – $y = 5$), r – свободный радиус колеса, a_0 – угол между вертикалью, проходящей через ось колеса и радиусом r (рисунок 6).

На основании (5) определим давление почвозацепа на почву. При входе почвозацепа в почву на его основание будет действовать радиальное напряжение [8]

$$s_r = \frac{y G}{2p(r+d)^2} \cos^{(y-2)} a_0 \quad (5)$$

где d – длина грунтозацепа.

Выводы

1. В результате проведенных лабораторных исследований закономерностей уплотнения почвы штампами с хорошим и сильно изношенным протектором ведущего колеса определен характер проникновения деформаций по глубине почвенного слоя и установлено, что изношенные протекторы на 4-7 % меньше уплотняют почву в сравнении с менее изношенными

2. Получены формулы, определяющие напряженное состояние в почве и напряжение, действующее на дождевого червя от колесных движителей сельскохозяйственной техники с учетом физических свойств почвы.

Список використаної літератури:

1. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути решения. / Русанов В.А. – М.: ВИМ, – 1998, с. 367
2. Чигарев Ю.В. Математические основы механики почв. / Чигарев Ю.В., Синкевич П.Н. – Мн: УП «Технопринт» –2004, с. 163
3. Chigarev Yu. Opracowanie modelu agroekosystemu z uwzględnieniem ożywionych i nieożywionych składników gleby. / Chigarev Yu., Jan B. Dawidowski, R. Nowowiejski. // Inżynieria Rolnicza. 3(63), Kraków, 2005, s. 111-117
4. Куллен Л., Куперс Х. Современная земледельческая механика. / Куллен Л., Куперс Х. – М.: Агропромиздат, – 1986, с.349
5. Гуськов В.В. Тракторы теория. / Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е., Бочаров Н.Ф., Ксеневиц И.П., Солонский А.С. – М.: Машиностроение, – 1988, с.37
6. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв. / Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. – М.: Агропромиздат, 1986. с.416
7. Цитович Н.А. Механика грунтов. / Цитович Н.А. – М.: Высшая школа, 1983,с. 288
8. Чигарев Ю.В. Определение плотности почвы между почвозацепами / Чигарев Ю.В. и др. // Агропанорама. – №6(100), 2013. – с. 37 – 41.

Yu.V.Chigarev, I.S.Kruk, M.Sneg, S.N.Geruk, F.I.Nazarov Models soil conservation ecological community in addressing its agricultural seal thrusters

The results of theoretical and laboratory studies of the interaction between agricultural units pochvozatsepov tires with soil. Dependences for determining stresses in the soil and the stress acting on the earthworm propulsion wheel of agricultural art in view of the physical properties of the soil.

Ю.В.Чигарев, И.С.Крук, М.Снег, С.Н.Герук, Ф.И.Назаров Моделі збереження біоценозу почв у вирішенні проблеми її ущільнення сільськогосподарськими рушієм

Наведено результати теоретичних і лабораторних досліджень процесу взаємодії почвозацепов шин сільськогосподарських агрегатів з ґрунтом. Запропоновано залежності для визначення напруги в ґрунті і напруг, що діють на дощового хробака, від колісних рушіїв сільськогосподарської техніки з урахуванням фізичних властивостей ґрунту.

Стаття надійшла в редакцію: 27.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК. 631.312

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ГЛИБОКОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

В. Б. Мітков, к.т.н., доцент

В. П. Кувачов, к.т.н., доцент

Є. І. Ігнат'єв інженер

В. О. Мітков, магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет

При виборі оптимального способу механічної обробки ґрунту кожний землевласник переслідує одну головну мету – створення оптимального орного шару для вирощування сільськогосподарських культур. Метою досліджень є підвищення якості механічної обробки ґрунту, зниження енергетичних витрат у результаті використання плоскоріза-глибокородпушувача, що може здійснювати одночасно дві операції: розпушування поверхневого шару ґрунту й розущільнення нижнього його горизонту. Розроблений і запатентований ґрунтообробний робочий орган, що виконує безвідвальну обробку верхнього шару ґрунту плоскорізними лапами з одночасним розущільненням нижнього шару за допомогою глибокородпушувачів, дозволяє зберегти на поверхні обробленого поля пожнивні залишки й розпушити нижні шари ґрунту, забезпечуючи необхідний водно-повітряний режим. Механічна обробка ґрунту цим знаряддям відповідає критеріям якості обробки, така обробка найбільше відповідає агротехнічним вимогам при вирощуванні таких культур, як соняшник, кукурудза, цукровий буряк. Пропонований спосіб обробки ґрунту забезпечує економію палива до 10 кг/га за рахунок