



**ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЧЕРНОЗЕМОВ В ЗОНЕ КОНТАКТА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ
INVESTIGATION OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEMS IN
THE CONTACT ZONE WITH A WHEEL MOVER**

Кокиева Г.Е., доктор технических наук, Кафедра «Технический сервис в АПК и общепромышленные дисциплины», факультет «Инженерный», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, г. Улан-Удэ

Аммосов И.Н., старший преподаватель, Арктический агротехнологический университет, Россия, г. Якутск

Kokieva G.E., Doctor of Technical Sciences, Department of "Technical Service in Agriculture and General Engineering disciplines", Faculty of Engineering, Buryat State Agricultural Academy, Russia, Ulan-Ude

I.N. Ammosov, senior lecturer, Arctic Agrotechnological University, Russia, Yakutsk

Аннотация: Главным условием улучшения агрофизических свойств является благоприятная структура пахотного слоя. Большое время уделено плотности сложения почв. Этот показатель существенно влияет на рост и продуктивность растений. Отсюда следует, что структура и плотность сложения почв-основные параметры, определяющие их агрофизические свойства и режимы и оказывающие решающее влияние на урожайность.

Проблема оптимизации агрофизических свойств и режимов черноземов успешно решается при создании благоприятных для растений параметров структурного состава и плотности почвы в корнеобитаемом слое.

В статье предложена методика математического описания распределения нагрузки машины по контактной поверхности колесного движителя с деформируемым грунтом. При этом принят ряд допущений и условий, а именно: объем скелетной части деформируемого элемента грунта остается постоянным, независимым от деформации; контактная поверхность представляет собой кривую двух радиусов – в зоне нагрузки (R_n) и в зоне разгрузки (R_p) шина, работающая в ведомом режиме, не имеет почвозацепов; деформируемый почвогрунт однороден по глубине; нагрузка на колесо постоянна; радиальная жесткость шины по ширине протекторной части также постоянна по величине и направлению; боковое давление по глубине деформируемого грунта мало и в расчете не учитывается.

Abstract: The main condition for improving agrophysical properties is a favorable structure of the arable layer. A lot of time is devoted to the density of soil composition. This indicator significantly affects the growth and productivity of plants. It follows from this that the structure and density of soil composition are the main parameters that determine their agrophysical properties and modes and have a decisive influence on yield. The problem of optimization of agrophysical properties and regimes of chernozems is successfully solved by creating parameters of structural composition and soil density favorable for plants in the root layer.

The article proposes a method of mathematical description of the load distribution of the machine on the contact surface of the wheel mover with deformable soil. At the same time, a number of assumptions and conditions have been adopted, namely: the volume of the skeletal part of the deformable soil element remains constant, independent of deformation; the contact surface is a curve of two radii – in the loading zone (R_n) and in the unloading zone (R_r), the tire operating in the driven mode does not have soil hooks; the deformable soil is homogeneous in the load on the wheel is constant; the radial stiffness of the tire along the width of

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

the tread part is also constant in magnitude and direction; the lateral pressure along the depth of the deformable soil is small and is not taken into account in the calculation.

Ключевые слова: игольчатый диск, пропашные культуры, технологический процесс.

Keywords: needle disk, row crops, technological process.

Создание и поддержание оптимальных агрофизических параметров черноземов, т.е. их воспроизводство, - методологически сложно выполняемая задача. Для решения ее необходим принципиально новый подход. Регулирование агрофизических свойств черноземов с помощью механической обработки, внесения навоза и других средств позволяет их улучшить, но это является тем самым достигается действительная оптимизация. Система агромелиоративных приемов должна быть направлена не просто на улучшение или исправление какого-либо свойства или режима, а на проведение его параметров в соответствие с требуемыми для конкретных растений, их групп или сортов.

Большинство сельскохозяйственных машин, выпускаемых в настоящее время, не имеют поэлементного резервирования, поэтому отказ одной из деталей приводит к отказу всей. В основном они имеют большие размеры, однотипные последовательно соединенные опорные тележки, сложную систему управления движением, эксплуатируется в автоматическом режиме. Многие исследования позволили определить показатели безотказности и ремонтпригодности, а также число отказов по ее составным частям. Как показал анализ, 50,5 % их приходится на систему управления (приборы стабилизации курса, датчики положения, шкаф управления, рычажно-тросовая система) и 20% на ходовую часть (колеса, редукторы, карданные валы, электродвигатели). В связи с этим разработка мероприятий по повышению их эксплуатационной надежности весьма актуальна. Более 50% отказов системы управления связано с нестабильностью регулировок рабочего

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

хода опорных тележек, на величину которого установлены жесткие технические требования: у промежуточных он должен составлять (230 ± 40) мм, у центральных – (50 ± 10) мм. Асимметрия рабочего хода относительно «линии визира» допускается до 15 мм и до 5 мм соответственно. Однако эти требования соблюдать весьма сложно, так как рабочий инструмент, применяемый при регулировках, - колышки и линейка.

Принцип покультурной универсализации исходит из общности способов посева различных пропашных культур или способов ухода за ними. Развитие агротехники, механизации возделывания пропашных долгое время шло разными путями. Многочисленными исследованиями установлено, что постоянное применение безотвальных приемов обработки почвы приводит к постепенной дифференциации пахотного слоя, в результате чего плодородие верхней части увеличивается, а нижней падает. Важную роль в увеличении пропашных культур играют сокращение сроков проведения междурядных обработок, повышения качества их выполнения [1-5].

Отказы ходовой части редко бывают внезапными. Как правило, постепенный износ редукторов приводит к их заклиниванию и работе электродвигателей с перегрузкой. на ДМ «Кубань» предусмотрена защита электродвигателей от перегрузок – тепловые реле, срабатывающие при токе нагрузки, равном 6,5 А. По мере увеличения нагрузки они часто срабатывают, отключая машину, поэтому операторы устанавливают на реле ток 8А, что, в конечном итоге, приводит к отказам электродвигателей. Для изнашивающихся деталей необходима их своевременная замена в соответствии с фактическим ресурсом и планируемой сезонной наработкой. Но для этого необходимо знать ресурс или прогнозировать отказ на основе информации о величине износа. Диагностирование же технического состояния ходовой части основывается на том, что с изнашиванием деталей редукторов повышается нагрузка на электродвигатель, приводящая к увеличению его пускового и рабочего токов. Проведенными исследованиями установлено, что значение пускового тока электродвигателя одной тележки в период нормальной работы составляет

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

1,4...2,0 А, а рабочего – 0,8...1,2 А. Определяются значения токов тем же комплектом приборов, что и в первом случае, причем снимаются все показания одновременно. С целью повышения достоверности и точности диагностирования необходимо на каждую машину иметь диагностическую карту, в которой отражены значения пускового и рабочего токов для каждой тележки. Обосновать эффективные механизированные технологии обработки почвы в условиях склонового земледелия, обеспечивающие сохранение и повышение плодородия, урожайности и качества продукции при минимальных затратах труда. Для глубокой плоскорезной обработки почвы в этом случае целесообразны активные игольчатые диски, приводимые от ВОМ трактора. Они позволяют улучшить качество рыхления почвы, сохранить стерню и мульчирующий слой на поверхности поля, уменьшить тяговое сопротивление орудия. Их можно применять как в однооперационных машинах (мотыга, борона), так и в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах. Оценка распределения давления в контакте шины с грунтом по существу пригодна для частного случая, т.е. когда деформируемый слой имеет жесткое основание [2]. Для глубокой плоскорезной обработки почвы в этом случае целесообразны активные игольчатые диски, приводимые от ВОМ трактора. Они позволяют улучшить качество рыхления почвы, сохранить стерню и мульчирующий слой на поверхности поля, уменьшить тяговое сопротивление орудия. Их можно применять как в однооперационных машинах (мотыга, борона), так и в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах. На рис.1 приведена абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска.

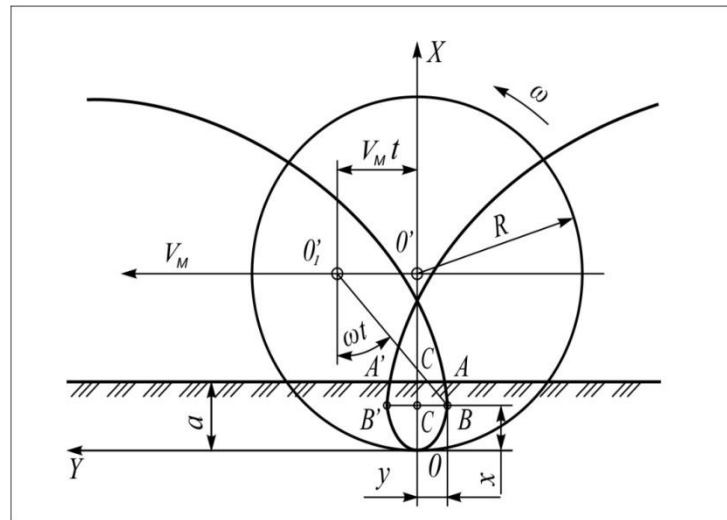


Рисунок 1. Траектория абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска

Рассмотрим траекторию (рис. 1) абсолютного движения конца иглы (точка В) активного игольчатого диска. Эта точка, двигаясь прямолинейно и равномерно вместе с машиной со скоростью V_M и равномерно вращаясь с угловой скоростью ω относительно оси O' , описывает траекторию в виде удлиненной циклоиды. Выберем систему координатных осей с началом в точке O , когда конец иглы расположен на одной вертикали с осью его вращения. При этом ось OX направим вертикально вверх, ось OY – горизонтально на глубину a обработки почвы игольчатым диском по направлению движения машины [2,8]. Научно-обоснованная минимальная обработка почвы обеспечивает снижение энергетических затрат вследствие уменьшения их числа и глубины. Для повышения качества вспашки важное значение приобретает дифференцированное применение сменных корпусов, обеспечивающих требуемый оборот пласта, его крошение и эффективную борьбу с сорняками. Если принять, что колесо представляет собой цилиндр, задача о распределении давления по контактной поверхности будет плоской.

Выберем систему координатных осей с началом в точке O , когда конец иглы расположен на одной вертикали с осью его вращения. При этом ось OX

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

направим вертикально вверх, ось OY – горизонтально на глубине a обработки почвы игольчатым диском по направлению движения машины.

Уравнение движения конца иглы:

$$y = \frac{v_m}{\omega} \arccos \frac{D - 2x}{D} - \sqrt{Dx - x^2}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость диска; $D = 2R$ – диаметр диска; R – радиус диска по концам иглы.

Движущая сила, возникающая при работе активного игольчатого диска, будет пропорциональна площади S_a , фигуры $A'OA$, которую обегает в почве конец иглы.

Площадь

$$S_a = -2S_0, \quad (2)$$

где S_0 – площадь фигуры OCA .

Поскольку площадь фигуры OCA в выбранных осях координат отрицательна, то, чтобы получить положительное значение ее, в формулу (2) введен знак минус.

Учитывая выражение (1), площадь S_x , фигуры $OB'V$

$$S_x = 2 \int_0^x \sqrt{Dx - x^2} dx - 2 \frac{v_m}{\omega} \int_0^x \arccos \frac{D - 2x}{D} dx. \quad (3)$$

После интегрирования выражения (3) и подстановки пределов получим

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{\pi D^2}{8} + \frac{v_m}{\omega} (D - 2x) \arccos \frac{D - 2x}{D} - \left(\frac{2v_m}{\omega} + \frac{D - 2x}{D} \right) \sqrt{Dx - x^2} \\ &- \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{D - 2x}{D}. \end{aligned} \quad (4)$$

Соответственно определим

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{\pi D^2}{8} + \frac{v_m}{\omega} (D - 2a) \arccos \frac{D - 2a}{D} - \left(\frac{2v_m}{\omega} + \frac{D - 2a}{D} \right) \sqrt{Da - a^2} - \\ &- \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{D - 2a}{D}. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставив в зависимость (4) кинематический показатель $\lambda = wR/v_m$, характеризующий режим работы игольчатого диска, получим

$$S_a = \frac{\pi D^2}{8} + \frac{D}{2\lambda} (D - 2a) \arccos \frac{D - 2a}{D} - \left(\frac{D}{\lambda} + \frac{D - 2a}{D} \right) \sqrt{Da - a^2} - \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{D - 2a}{D}. \quad (6)$$

Для почвообрабатывающих орудий показатель λ может принимать значения 2...6 при обработке старопахотных почв и 4...16 при обработке связных задернелых [3,10]. Он определяется равномерностью обработки почвы по глубине (высотой h гребней) и степенью ее рыхления (толщиной δ стружки).

Однако такой режим работы не может быть принят для активного игольчатого диска, так как в этом случае стерня и мульчирующий слой будут заделываться в почву, что приведет к интенсивной эрозии [6,7,9].

Режим работы рассматриваемого диска может быть выбран из условия, чтобы разрушение почвы на уровне поверхности поля было не больше, чем для пассивного (несвободного) диска с кинематическим показателем режима работы $\lambda^* = 1$.

Аналитически это условие запишется так:

$$\frac{D}{2\lambda} \arccos \frac{D - 2a}{D} - 2 \sqrt{Da - a^2} + \frac{D}{2} \arccos \frac{D - 2a}{D} = 0, \quad (6)$$

Откуда

$$\lambda = \arccos \frac{D - 2a}{D} / \left(\frac{4}{D} \sqrt{Da - a^2} - \arccos \frac{D - 2a}{D} \right). \quad (7)$$

Рассчитав по формулам (5) и (7) значения $S_a = f(a)$ и $\lambda = f(a)$, где a выбрано в долях диаметра D активного игольчатого диска, построим соответствующие графические зависимости (рис. 2).

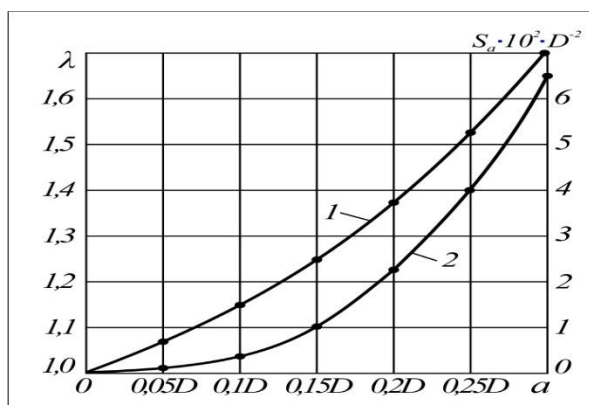


Рисунок 2. Зависимость показателя λ активного игольчатого диска (кривая 1) и площади S_a (кривая 2), обегаемой концом иглы в почве, от глубины обработки a .

Таблица 1- Зависимость $\lambda = f(a)$ и $S_a = f(a)$

a	0,05 D	0,10 D	0,15 D	0,20 D	0,25 D	0,30 D
λ	1,07	1,15	1,25	1,38	1,53	1,72
$S_a * 10^3$	1,4 D ²	3,2 D ²	10,7 D ²	23,2 D ²	41,3 D ²	66,2 D ²

График $\lambda = f(a)$ (кривая 1) позволяет обоснованно выбирать показатель режима работы активного игольчатого диска в зависимости от глубины обработки почвы. Учитывая, что значения a могут изменяться, эта зависимость даёт возможность установить разумные пределы величины λ . По величине S_a (кривая 2), полученной при соответствующей глубине не обработки, можно рассчитать и проанализировать, как изменяется тяговое сопротивление активного игольчатого диска.

Активный игольчатый диск с кинематическим показателем режима работы, выбранным по выражению (8), более интенсивно рыхлит почву на глубине обработки, удовлетворительно сохраняет стерню на поверхности поля и формирует движущее усилие, уменьшая тяговое сопротивление комбинированного орудия [5-8].

Движущее усилие (среднее) активного игольчатого диска можно ориентировочно определить так:

$$F_1 = KbS_a/l, \quad (8)$$

где K – удельное сопротивление почвы; b – ширина иглы диска; $l = \pi D/(\lambda z)$ – путь, проходимый осью игольчатого диска за время его поворота на угол между соседними иглами (подача на иглу диска); z – число игл на диске или

$$F_1 = Kzb\lambda S_a/(\pi D). \quad (9)$$

Подставив в формулу (9) значения S_a и λ из выражений (6) и (8), получим среднее движущее усилие активного игольчатого диска.

Анализ зависимости (8) показывает, что для сохранения стерни на поверхности поля при изменении глубины хода активного игольчатого диска необходимо изменять и показатель λ :

$$\lambda = \omega R/v_m = f(a). \quad (10)$$

С изменением глубины a при постоянных значениях R и v_m должна изменяться и угловая скорость ω диска. То есть в комбинированном агрегате для безотвальной обработки почвы должно быть устройство, позволяющее регулировать частоту вращения диска в зависимости от глубины его хода. Такое устройство предложено для комбинированного орудия [4], которое имеет (рис. 3) раму 6, широкозахватные плоскорежущие лапы 7, оборудованные стабилизаторами-рыхлителями 8, и установленные впереди игольчатые диски 5, приводимые во вращение ВОМ трактора через редуктор 2 и механическую передачу 4. Орудие снабжено устройством 8 для изменения частоты вращения игольчатых дисков в зависимости от их хода. Устройство позволяет лучше сохранить стерню и снизить общее тяговое сопротивление орудия. Чтобы решить стоящие перед механикой почв задачи, необходимо: уточнить реологические модели почвы, изучить реологические свойства почв и подпахотного горизонта, определить коэффициенты уравнений состояния почв, обследовать различные типы почв и составлять классификацию их по отзывчивости на уплотняющее воздействие. Итак, приведенные зависимости дают возможность подбирать режим работы активного игольчатого диска и обоснованно выбирать основные его параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кочергин, В.И. К вопросу технической эксплуатации удаленных парков машин // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. Одесса: SWorld, 2013. Вып. 2. Т. 2. С. 7-10
2. Манаков, А.Л., Кирпичников, А.Ю. Производственный аутсорсинг и подготовка кадров в технической эксплуатации машинных парков // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2012. № 5. С. 109-113
3. Синицкий, С.А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2005. С.19
4. Модели и методы расчёта надёжности технических систем / В.С. Викторова, А.С. Степанянц. – М: ИЛ, 2014. – 256 с.
5. Хевиленд, Р. Инженерная надёжность и расчет на долговечность / Р. Хевиленд. – Москва: Высшая школа, 2017. 232
6. Kokieva G.E., Voinash S.A., Sokolova V.A., Gorbachev V.A., Fedyaev A.A., Fedyaev A.A. The study of soil mechanics and intensification of agriculture. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. p. 62036
7. The study of soil mechanics and intensification of agriculture Kokieva, G.E., Voinash, S.A., Sokolova, V.A., (...), Fedyaev, A.A., Fedyaev, A.A. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 548 (6), 062036 2020
8. Specific features of influence of propulsion plants of the wheel-tyre tractors upon the cryomorphic soils, soils, and soil grounds Rudov, S., Shapiro, V., Grigorev, I., Bondarenko, A., Radnaed, D. International Journal of Civil Engineering and Technology 10 (1), с. 2052-2071 2019

9. The increasing of work efficiency of mixing machines. Shaposhnikov Y.A., Druzyanova V.P., Kokieva G.E., Nifontov K.R., Sidorov M.N. PeriodicoTcheQuimica 15 (Special Issue 1), с. 67-76 2018
10. The increasing of work efficiency of mixing machines Shaposhnikov Y.A., Druzyanova V.P., Kokieva G.E., Nifontov K.R., Sidorov M.N. Periodico Tche Quimica 15 (Special Issue 1), с. 67-76 2018

List of literature

1. Kochergin, V.I. K voprosu technicheskoy exploitsii udalennix parkov Mashin // Sovremennie problemi I Puti IX resheniya V nauke, transporte, proizvodstve I obrazovanii: SB. nauch. TR. Odessa: SWorld, 2013. VIP. 2. T. 2. S. 7-10
2. Manakov, A.L., Kirpichnikov, A.Yu. Proizvodstvenniy outsourcing I podgotovka Kadrov V technicheskoy exploitasii mashinnikh parkov // Vestn. Irgut.Gos. texn. on-TA. 2012. № 5. S. 109-113
3. Sinisky, S.A. Vliyanie nagruzki mashinno-traktornogo aggregata na pokazateli motorya V usloviyax exploitation: autograph. dis. ... village. texn. Nauk. Wandering, 2005. C.19
4. Model I Method raschyota nadyojnosti technicheskix System / v.S. Viktorova, A.S. Stepanyans. - M: YEAR, 2014. - 256 с.
5. Xevilend, R. Engenernaya Nadezhda I raschet na dolgovechnost / R. Xevilend. - Moscow: Visshaya scale, 2017. 232
6. Kokieva G.E., Voinash S.A., Sokolova V.A., Gorbachev V.A., Fedyaev A.A., Fedyaev A.A. The study of soil mechanics and intensification of agriculture. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering, and biotechnology. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. R. 62036
7. The study of soil mechanics and intensification of agriculture Kokieva, G.E., Voinash, S.A., Sokolova, V.A., (...), Fedyaev, A.A., Fedyaev, A.A. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 548 (6), 062036 2020

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

8. Specific features of influence of propulsion plants of the wheel-tyre tractors upon the cryomorphic soils, soils, and soil grounds Rudov, S., Shapiro, V., Grigoriev, I., Bondarenko, A., Radnaed, D. International Journal of Civil Engineering and Technology 10 (1), s. 2052-2071 2019
9. The increasing of work efficiency of mixing machines. Shaposhnikov Y.A., Druzyanova V.P., Kokieva G.E., Nifantav K.R., Sidorov M.N. PeriodicoTcheQuimica 15 (Special Issue 1), s. 67-76 2018
10. The increasing of work efficiency of mixing machines Shaposhnikov Y.A., Druzyanova V.P., Kokieva G.E., Nifantav K.R., Sidorov M.N. Periodico Tche Quimica 15 (Special Issue 1), s. 67-76 2018

© Кокиева Г.Е., Аммосов И.Н., 2022 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2022

Для цитирования: Кокиева Г.Е., Аммосов И.Н ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ В ЗОНЕ КОНТАКТА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2022