

ВЛИЯНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ НА УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ

Н.Н. Романюк,

ректор БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

И.С. Крук,

проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.Н. Орда,

профессор каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В.А. Шкляревич,

ст. преподаватель каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ

Н.Л. Ракова,

доцент каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.С. Воробей,

науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук, доцент

В статье приведены данные по изменению плотности почвы при воздействии на нее ходовыми системами тракторов. Предложены пути снижения уровня уплотняющего воздействия ходовых систем на почву.

Ключевые слова: плотность, почва, напряжение, ходовая система, колесо, гусеница, деформация почвы.

The data on soil density changes under the influence of tractor undercarriage systems are given. Ways to reduce the level of compacting impact of undercarriage systems on soil are suggested.

Key words: density, soil, stress, running system, wheel, track, soil deformation.

Введение

Из-за вредного воздействия ходовых систем (двигателей) машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Так, урожайность зерновых в следах тракторов снижается на 10...15 %, а корнеклубнеплодов – на 20...30 %. Суммарная площадь следов двигателей МТА почти в 2 раза превышает площадь обрабатываемой поверхности.

На основании исследований Русанова В.А., Кушнарева А.С., Мацепуро В.М. установлено, что повышение плотности почвы, вызванное воздействием двигателей тракторов и сельскохозяйственных машин, приводит к увеличению твердости почвы в 2...3 раза. Удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода тракторов повышается на 15...65 %, а транспортных средств и комбайнов – на 60...90 % [1, 2].

При многократном воздействии на почву идет накопление уплотнения как в пахотном, так и в подпахотном ее горизонтах. Плохая заделка семян из-за образовавшейся колеи, высокая плотность почвы по следам ходовых систем значительно снижают биологический урожай сельскохозяйственных культур,

увеличивают расход топлива. Для устранения отрицательного воздействия двигателей используют глубокое рыхление [3]. Проведенные исследования показывают, что одним из резервов повышения урожайности и снижения энергетических затрат на их производство является поддержание и регулирование свойств почвы в оптимальном состоянии [1, 2; 4-6].

Цель работы – обоснование допустимого давления двигателей на почву.

Основная часть

Плотность является основной, наиболее существенной физической характеристикой почвы. От ее состояния зависят водный, воздушный, тепловой режимы, а, следовательно, и биологическая активность почвы. Поэтому плотность рассматривается как первичный элемент физики почв и жизни растений. С плотностью почвы функционально связана ее пористость P [7]:

$$P = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}, \quad (1)$$

где ρ_b – плотность сложения сухой почвы, кг/м³;
 ρ_s – плотность твердой фазы почвы, кг/м³.

Пористость песчаных почв составляет 40...50 %, а глинистых – 45...60 %. При этом пористость глинистых почв изменяется в более широких пределах [7].

В значительно большем диапазоне в зависимости от механического состава почв изменяется водопроницаемость. При уплотнении суглинистой почвы до 1400 кг/м³ водопроницаемость уменьшается практически до нуля.

Скорость фильтрации супесчаной почвы при уплотнении изменяется не так сильно и при плотности 1600 кг/м³ составляет 0,05 мм/мин. В этом случае за один час фильтруется до 3 мм воды, что соответствует осадкам средней интенсивности [8].

Величина пористости почвы и заполненность пор влагой определяют водопроницаемость почвы и оптимальную по произрастанию растений плотность почвы. Наибольшая урожайность для суглинистой почвы наблюдается при плотности 1100...1200 кг/м³. Для супесчаных почв значение оптимальной плотности возрастает до 1250...1350 кг/м³. Наблюдаются также случаи, когда максимальная урожайность некоторых культур на песчаных почвах достигается при плотности 1450 кг/м³ [7].

Таким образом, оптимальная плотность почвы зависит от ее механического состава и выращиваемой культуры. В любом случае повышенная плотность почвы оказывает сопротивление росту корней растений. Увеличение влажности плотной почвы способствует снижению сопротивления проникновению корней. Однако в плотной почве при сильном увлажнении значительно снижается газообмен, что пагубно действует на рост растений.

Для более глубокого изучения влияния пористости и влажности на рост растений важно знать количественное распределение пор по размерам. Если почва состоит из микроагрегатов и первичных частиц, поры между ними малы и удерживают влагу, не открываясь для газообмена при увлажнении [8].

В почве, состоящей из микроагрегатов, условия для воздухообмена значительно улучшаются, так как вода в них имеется как внутри агрегатов, так и между ними. В межагрегатных порах вода, как правило, не задерживается и вероятность значительного воздухообмена в этих почвах очень высокая.

Таким образом, важно учитывать не только общую и дифференциальную пористость, но и свободную или пористость аэрации (воздухоёмкость). И.Б. Ревут указывает, что соотношение между объемами, занятыми воздухом и водой в почве, является важнейшей характеристикой почвы в каждый момент

времени. Для воздухообмена очень важна некапиллярная пористость почвы. Указывается, что нормальное развитие растений происходит в том случае, когда некапиллярная пористость не ниже 7...10 % [7].

В работах [4; 8] в качестве главного критерия при изучении агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при воздействии тракторов принято изменение урожайности сельскохозяйственных культур.

Для проведения исследований выбраны следующие варианты опытов: контроль (без уплотнения), одно-, трех- и пятикратное уплотнение делянок площадью 80 м² с четырехкратной повторностью. Изучалось сплошное и местное (в следе) уплотнение делянок, которое проводилось после основной обработки почвы. При сплошном уплотнении делянки уплотняли полностью путем последовательного наложения следов колес или гусениц тракторов с заданной кратностью, после чего создавали посевной слой применением культивации. Такой вариант уплотнения позволял изучить последствие уплотнения и механизировать уборку (при изучении влияния уплотнения на урожайность культур).

В таблице 1 приведены данные по водно-физическим свойствам исследуемой почвы.

Пахотный, особенно подпахотный слой почвы, обладают высокой плотностью. Пахотный слой имеет слабокислую реакцию почвенного раствора, высокое содержание легкоподвижных форм фосфора и калия. Имеющиеся запасы питательных веществ достаточны для развития сельскохозяйственных культур, и недобор урожая зависит только от физических свойств, ухудшающихся из-за высокого давления движителей тракторов на почву [8].

Уплотнение почвы, вспаханной осенью, проводили при влажности 26 %. Плотность почвы во время проведения опытов определяли три раза за сезон (после посева, в середине уборки и при уборке). С целью определения влияния промерзания и оттаивания почвы на изменение ее свойств, плотность почвы определяли также весной следующего сезона.

При сплошном уплотнении наименьшая существенная разность частных различий составила 40 кг/м³ (НСР₀₅ = 40 кг/м³). Из результатов опытов видно, что различия плотности почвы в следе всех тракторов значимы на 5 %-м уровне по сравнению с контролем.

Наименьшая существенная разность для фактора, учитывающего тип движителя трактора, составила 20 кг/м³, а для фактора, учитывающего кратность уплотнения, – 24 кг/м³. Значимыми на 5 %-м уровне

Таблица 1. Водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы, подстилаемой моренным суглинком

Горизонт	Глубина, см	Плотность, г/см ³		Полевая влагоемкость, %	Общая пористость, %	Молекулярная гигроскопичность, %	Удельная поверхность, м ² /г
		твердой фазы	почвы				
A _п	0-20	2,60	1,39	25,3	42,2	2,64	36,14
A ₁ A ₂	20-31	2,63	1,63	20,5	38,0	2,47	32,34
A ₂ B ₁	31-53	2,67	1,73	16,8	35,2	1,57	16,80
B ₂	53-85	2,69	1,87	15,5	30,5	2,79	29,81
C	85	2,73	1,96	11,9	28,2	3,22	32,14

являются различия плотности почвы при трех- и пятикратном уплотнении между тракторами [8].

Однократные проходы тракторов увеличили плотность почвы на 110...120 кг/м³ при сплошном уплотнении (табл. 2) и на 90...100 кг/м³ – при местном уплотнении (табл. 3). При увеличении кратности проходов уплотнение возрастало. Плотность почвы после пяти проходов трактора возрастала до 1430...1500 кг/м³ в зависимости от типа движителя трактора.

Таблица 2. Изменение плотности почвы (слой 0-10 см) в течение сезона роста овса и после перезимовки (кг/м³) (сплошное уплотнение)

Трактор	Кратность уплотнения	Сроки определения			
		май	июль	август	май
Без уплотнения		1260	1290	1330	1280
Колесный трактор класса 30 кН	1	1440	1470	1550	1390
	3	1490	1540	1550	1530
	5	1510	1550	1540	1450
Колесный трактор класса 50 кН	1	1420	1460	1470	1380
	3	1460	1460	1480	1470
	5	1490	1470	1530	1500
Гусеничный трактор класса 30 кН	1	1440	1380	1380	-
	3	1440	1410	1460	-
	5	1470	1470	1500	-

Таблица 3. Изменение плотности почвы (слой 0-10 см) в течение сезона роста овса (кг/м³) (местное уплотнение)

Трактор	Кратность уплотнения	Сроки определения		
		май	июль	август
Без уплотнения		1260	1290	1330
Колесный трактор класса 30 кН	1	1400	1360	1420
	3	1420	1400	1460
	5	1470	1420	1510
Колесный трактор класса 50 кН	1	1410	1350	1400
	3	1480	1470	1460
	5	1490	1490	1500
Гусеничный трактор класса 30 кН	1	1440	1350	1440
	3	1430	1430	1470
	5	1450	-	10

На изменение свойств почвы под воздействием природных факторов большое влияние оказывают – влажность почвы во время закладки опытов, количество и характер распределения осадков во время сезона роста растений. Влажность почвы на опытных делянках с овсом в течение сезона колебалась между полевой влагоемкостью (ПВ) и влажностью разрыва капилляров (ВРК).

Из таблицы 3 видно, что существенного снижения плотности почвы к концу вегетации не произошло. Лишь после перезимовки под воздействием промерзания и оттаивания плотность почвы уплотненных делянок несколько уменьшилась, однако она все же была выше, чем на контроле.

Для обоснования путей снижения уплотняющего воздействия ходовых систем на почву необходимо применить теоретические зависимости, адекватно описывающие экспериментальные данные, которые

получены для почвы, подготовленной под посев. Такие почвы относятся к упрочняющимся при повторных воздействиях колес.

Особенностью упрочняющихся почв является то, что деформация их при каждом последующем нагружении сопровождается повышением напряжения в зоне контакта по сравнению с предыдущим. Это объясняется увеличением интенсивности нагружения при повторных деформациях, в частности из-за уменьшения площади контакта колес с почвой при повторных проходах по следу [9].

На рисунке 1 приведен график зависимости напряжения от деформации при повторных нагружениях связных упрочняющихся почв (рыхлых почв с плотным подстилаемым основанием).

Для таких почв зависимость между напряжением σ и деформацией h определяется по формуле [4]:

$$\sigma = \frac{a}{b} \cdot \text{tg}(a \cdot b \cdot h), \quad (2)$$

$$\text{где } a = \sqrt{k_0};$$

$$b = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{h_{\text{упл}} \sqrt{k_0}};$$

$$h_{\text{упл}} = H \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_{\text{min}}) \times$$

$$\times \left((1 + \varepsilon_0) \left[1 - 2 \cdot \nu (1 + \varepsilon_{\text{min}}) \right] \right)^{-1},$$

где H – высота пахотного слоя, м;

k_0 – коэффициент объемного смятия почвы в начале деформации, Па/м;

$h_{\text{упл}}$ – предельная величина деформации, м;

ε_0 – коэффициент пористости почвы до нагружения;

ε_{min} – минимально возможный коэффициент пористости почвы;

ν – коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с

ограниченной возможностью расширения.

На основании теоретических исследований [10-17] получена зависимость накопления повторных осадков упрочняющихся почв с плотным под-

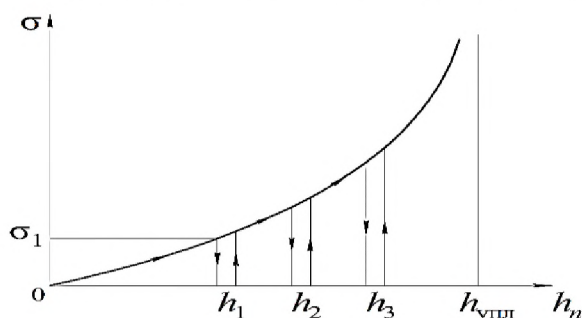


Рисунок 1. Закономерности накопления повторных осадков для упрочняющихся почв

стилаемым основанием:

$$h_n = \frac{1}{a \cdot b} \text{Arc cos} \left(\frac{n^{-B_1}}{\sqrt{1 + (b^2 / a^2) \cdot \sigma^2}} \right), \quad (3)$$

где n – число осей ходовой системы, шт.;
 B_1 – коэффициент накопления повторных осадок.
Рассмотрим процесс уплотнения почвы, подсти-
лаемой плотным основанием (рис. 2).

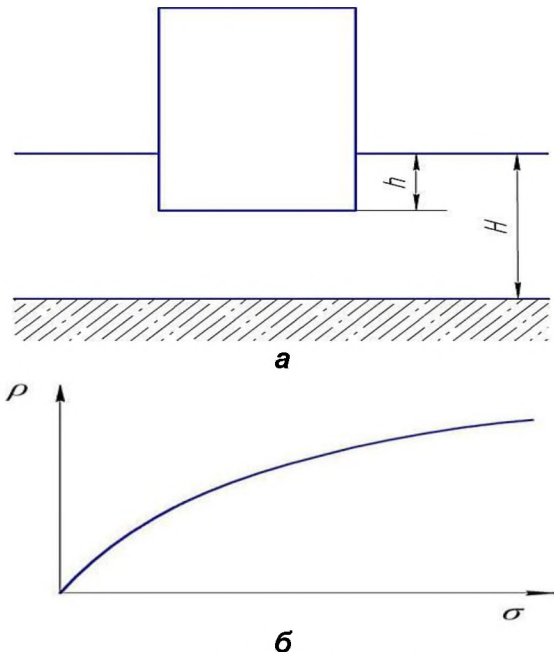


Рисунок 2. Влияние плотного подстилающего слоя на уплотнение почвы: а – схема нагружения; б – зависимость между напряжением и плотностью

При выводе зависимости между контактным напряжением и плотностью почвы будем допускать, что уплотняется только пахотный слой высотой H . Это допущение основано на том, что рыхлая почва характеризуется повышенной способностью поглощения энергии. Масса слоя почвы, подвергающегося уплотнению штампом с площадью основания F , равна

$$M_{\Pi} = F \cdot (H - 2 \cdot v \cdot h) \cdot \rho_{\Pi}, \quad (4)$$

где M_{Π} – масса слоя почвы, подвергнувшегося уплотнению, кг;

ρ_{Π} – плотность почвы, кг/м³.

После уплотнения эффективный слой почвы имеет высоту $(H - h)$.

На основании исследований [10] получена зависимость плотности верхнего слоя почвы после уплотнения:

$$\rho_0 = \rho_{\Pi} \frac{H - 2 \cdot v \cdot h}{H - h} + \frac{k_1 \cdot \sigma_0}{H - h} \times \left[(H - h) + \frac{1}{\beta} (e^{-\beta(H-h)} - 1) \right], \quad (5)$$

где k_1 – коэффициент уплотнения почвы, кг/Н·м.

При расчетах уплотнения почвы параметры взаимодействия колеса с почвой принимались на основе исследований [4-6].

Максимальное давление колеса на почву определялось по формуле:

$$q_{\max} = \zeta \frac{G}{v_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ш}} \cdot L_x}, \quad (6)$$

где ζ – коэффициент неравномерности распределения давления;

G – нагрузка колеса на почву, Н;

$v_{\text{ш}}$ – коэффициент поперечного расширения шины;

$B_{\text{ш}}$ – ширина шины, м.

L_x – проекция на горизонтальную плоскость длины площади контакта колеса с почвой, м.

Для определения плотности почвы в следе надо знать величину напряжения в контакте колеса с почвой σ . Оно зависит не только от величины давления, но и от скорости движения и определяется по следующей формуле [4]:

$$\sigma = \frac{q_{\max}}{1 + \frac{B_v \cdot V}{L_x}}, \quad (7)$$

где B_v – коэффициент, зависящий от свойств почвы;

V – скорость движения трактора, м/с.

С учетом зависимости (6), зависимость (7) примет вид:

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{v_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ш}} \cdot (L_x + B_v \cdot V)}. \quad (8)$$

Проекция на горизонтальную плоскость длины площади контакта колеса с почвой находилась на основе исследований [4].

На рисунке 3 показаны экспериментальные и теоретические зависимости уплотнения почвы в верхнем слое и распределения плотности почвы по глубине при воздействии на нее тракторами различных классов. Нанесенные на графики доверительные интервалы были рассчитаны по методике [18].

Доверительный интервал для среднего значения $\Delta \rho$

$$\Delta \rho = \bar{\rho} \pm t_{0.5} \cdot S_{\Pi}, \quad (9)$$

где $\bar{\rho}$ – среднее значение плотности почвы, кг/м³;

$t_{0.5}$ – значение критерия Стьюдента на 5 %-м уровне значимости;

S_{Π} – ошибка среднего значения плотности, кг/м³.

$$S_{\Pi} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

где S – стандартное отклонение;

n – число повторностей.

Уплотняющее воздействие тракторов сказалось и на величине наименьшей влагоемкости (НВ). Наименьшая влагоемкость уменьшилась от однократного воздействия колесными тракторами на 2,2 %, трехкратное

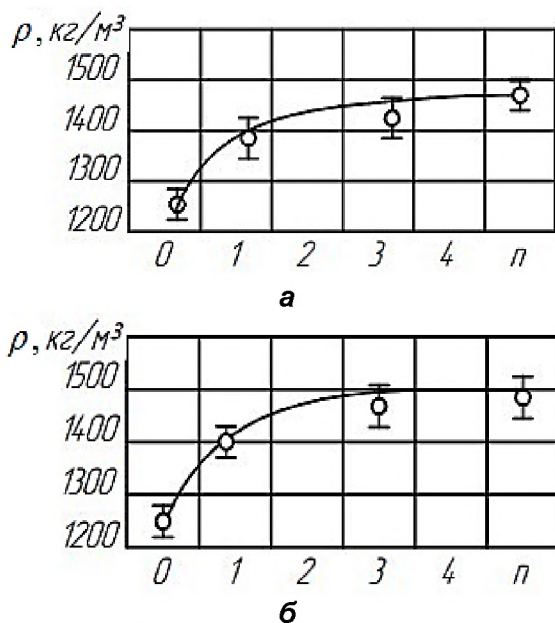


Рисунок 3. Опытные и расчетные данные уплотнения почвы:
а – колесный трактор класса 30 кН;
б – колесный трактор класса 50 кН

уплотнение этими тракторами и гусеничным трактором уменьшило НВ на 3...4 %. Только однократное уплотнение гусеничным трактором класса 30 кН не привело к изменению влагоемкости [8].

Из этого следует, что запасы влаги в уплотненной тракторами почве значительно меньше, чем на неуплотненных делянках. Поэтому в следах колес тракторов застаивается вода, неспособная проникать в уплотненную почву из-за снижения ее водопроницаемости. В силу холмистого рельефа Республики Беларусь почва из следов вымывается, т.е. интенсивно развивается водная эрозия.

На уплотненных тракторами делянках произошло снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Достоверное снижение урожайности овса получили при трех- и пятикратном уплотнении колесными тракторами и при пятикратном уплотнении гусеничным трактором.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено:

1. Однократные проходы тракторов увеличили плотность почвы на 110...120 кг/м³ при сплошном уплотнении (табл. 2) и на 90...100 кг/м³ при местном уплотнении (табл. 3).
2. При увеличении кратности проходов уплотнение возрастало. Плотность почвы после пяти проходов трактора возросла до 1430...1500 кг/м³ в зависимости от типа двигателя трактора.
3. Обеспечить допустимую величину плотности почвы (1200...1350 кг/м³) можно при давлении колес на почву 70...110 кПа. Предпочтительным средством

снижения воздействия на почву является увеличение числа осей ходовой системы при сохранении общей массы, так как происходящее при этом уменьшение размеров колес способствует снижению глубины распространения уплотнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв двигателями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
2. Кушнарев, А.С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении промышленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Кушнарев, В.М. Мацепуро. – М.: Всесоюз. ордена «Знак Почета» сельхоз. институт заочного образования, 1986. – 56 с.
3. Шило, И.Н. Механический предохранитель рабочего органа машины для обработки почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 30-33.
4. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Орда. – Минск: БГАТУ, 1997. – 269 л.
5. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных двигателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03; 05.20.01 / Н.Н. Романюк. – Минск: БГАТУ, 2008. – 206 л.
6. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву мобильных энергосредств: монография / Н.Н. Романюк. – Минск: БГАТУ, 2020. – 200 с.
7. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 387 с.
8. Афанасьев, Н.И. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур: Дерново-подзолистые почвы Белоруссии / Н.И. Афанасьев, И.И. Подобедов, А.Н. Орда // Переуплотнение пахотных почв: Причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – С. 46-59.
9. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Ураджай, 1964. – Т. 13. – С. 5-147.
10. Закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.] // Агропанорама. – 2016. – № 2. – С. 2-8.
11. Влияние количества осей ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа / И.Н. Шило [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 4. – С. 37-42.
12. Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы /

И.Н. Шило [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – № 1. – С. 31-36.

13. Закономерности накопления повторных осадков почвы при воздействии ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники / И.Н. Шило [и др.] // Агропанорама. – 2014. – № 6. – С. 2-7.

14. Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес / И.Н. Шило [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 2. – С. 2-6.

15. Влияние почвенных условий эксплуатации на проходимость колесных машин / И.Н. Шило [и др.] // Агропанорама. – 2020. – № 1. – С. 2-5.

16. Влияние типа опорной поверхности на сопротивление качению колесных транспортно-тяговых средств / Н.Н. Романюк [и др.] // Агропанорама. – 2022. – № 6. – С. 2-7.

17. Моделирование взаимодействия с почвой ходовых систем колесных транспортно-тяговых машин / Н.Н. Романюк [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3. – С. 2-8.

18. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.02.2024

УДК 637.115:637.116.2

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2024-161-1-7-11>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОЛОКОВЫВЕДЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОСОК – ДОИЛЬНЫЙ СТАКАН

Д.А. Григорьев,

зав. каф. технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.О. Китиков,

директор ГНУ «Институт жилищно-коммунального хозяйства» НАН Беларуси, докт. техн. наук, профессор

И.В. Авдошка,

доцент каф. информационных технологий БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент

К.В. Король,

соискатель каф. математики и технических дисциплин ГТАУ

В статье теоретически обоснованы и представлены в графическом виде расчетные значения решения аппроксимирующих уравнений, описывающих процесс выхода молока из сфинктера соска под действием вакуумметрического и внутривыменного давления в процессе доения. Полученные результаты соответствуют современным тенденциям, направленным на обеспечение щадящего физиологически обусловленного доения, путем изменения длительности такта сосания.

Ключевые слова: доильное оборудование, физиология доения коров, фазы пульсации, аппроксимирующие уравнения молокоотдачи, гидравлика истечения жидкостей, доильный стакан, сосковый сфинктер, вакуумметрическое давление.

The article provides a theoretical foundation and presents graphically calculated values from approximating equations describing the process of milk output from the teat sphincter under the action of vacuum-metric and intra-oval pressure in the process of milking. The obtained results are in line with the current trends to ensure gentle physiological milking by changing the duration of the suckling tact.

Key words: milking equipment, physiology of milking cows, pulsation phases, approximating milk flow equations, fluid flow hydraulics, teat cup, teat sphincter, vacuum pressure.

Введение

Республика Беларусь входит в число 20 стран, производящих 80 % мирового объема молока, и является лидером в СНГ по производству продовольствия на душу населения, которое в два раза превышает норму рационального потребления. В 2019 году уровень самообеспечения республики по молоку и молокопродуктам составил 241 %. Нарастивание валового производства молока осуществлялось за счет реализации потенциала

продуктивности коров молочного стада при сохранении их численности на уровне 1,4 млн голов [1]. Обзор мирового молочного рынка, сделанный продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО), показал, что Беларусь входит в число лидеров по производству молока в Европе. В 2022 году из 232 млн т молочной продукции Беларусь произвела 7,860 млн т, при этом 4,113 млн т были экспортированы [2].