7. Сергеев С.А., Емельянов И.П., Москалев Д.В. Процесс инженерного проектирования // В кн.: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VI Международной научно-технической конференции. - 2008. - С. 57-61.
8. Сергеев С.А., Трубников В.Н., Боев С.Г. Методология расчета динамики привода с цепными муфтами // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 9. - С. 179-184.
9. Сергеев С.А., Трубников В.Н., Боев С.Г. К вопросу выполнения вероятностных расчетов цепных муфт // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 4. - С. 36-39.
10. Сергеев С.А., Трубников В.Н. Оценка эффективности параметрической оптимизации модернизированного профиля зубьев звездочки-полумуфты // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 7. - С. 69-73.
11. Сергеев С.А., Трубников В.Н., Боев С.Г. Динамика развития цепных муфт // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 5. - С. 32-37.
12. Сергеев С.А., Трубников В.Н., Боев С.Г. Анализ конструкций цепных муфт // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 8. - С. 35-42.

List of sources used

1. Sergeyev S.A., Boev S.G., Trubnikov V.N. Stress-strain state of chain couplings: monografy. - Palmarium Academic Publishing. - Saarbrücken, Germany, 2017. - 60 p.
 2. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N., Boev S.G. Stress-strain state of elements of drive chains // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2017. - No. 1. - P. 31-39.
 3. Sergeyev S.A. Chain couplings: analysis and synthesis: monograph. - Stary Oskol: TNT LLC, 2011. - 398 p.
 4. Uchaev P.N., Sergeyev S.A. Coefficient of efficiency of chain couplings // Bulletin of the Bryansk State Technical University. - 2009. - No. 3. - P. 70-73.
 5. Sergeyev S.A. System of automated design and construction of chain couplings // Izvestiya Tula State University. - 2008. - No. 1. - P. 37-42.
 6. Sergeyev S.A., Barzykina G.A., Sergeeva E.A. The development of computer-aided design techniques on the example of chain couplings // Current research trends of the XXI century: Theory and Practice. - 2015. - T. 3. - No. 7-2 (18-2). - P. 437-440.
 7. Sergeyev S.A., Emelyanov I.P., Moskaev D.V. Process engineering design // In the book.: Modern instrumented systems, information technology, and innovation: the VI International scientific conference. - 2008. - P. 57-61.
 8. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N., Boev S.G. Methodology for calculating drive dynamics with chain couplings // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2016. - No. 9. - P. 179-184.
 9. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N., Boev S.G. To the question of performing probabilistic calculations of chain couplings // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2017. - No. 4. - P. 36-39.
 10. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N. Evaluating the effectiveness of parametric optimization modernized Profile sprocket tooth-coupling halves // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2016. - No. 7. - P. 69-73.
 11. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N., Boev S.G. Dynamics of the development of chain couplings // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2017. - No. 5. - P. 32-37.
 12. Sergeyev S.A., Trubnikov V.N., Boev S.G. Analysis of the designs of chain couplings // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2017. - No. 8. - P. 35-42.
-

УДК 631.3.072

МОДЕЛЬ НОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОЧВУ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

ГУРЕЕВ И.И.,

доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории механизации почвозащитного земледелия, ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск, e-mail: gureev06@mail.ru, тел. 8-9103103908.

КЛИМОВ Н.С.,

кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Процессы и машины в агроинженерии», ФГБОУ ВО Курская ГСХА, г. Курск, e-mail: klimns46@mail.ru, тел. 8-9103180399.

Реферат. Технический уровень сельскохозяйственных агрегатов должен быть ориентирован не только на качественное выполнение агротехнических приёмов, но и на соблюдение требований экологической безопасности по техногенному разрушению почвы. Показано, что для предотвращения техногенной деградации почвы использование норм существующего стандарта необходимо, но недостаточно. Стандарт не учитывает уровень покрытия ходовыми системами площади поля, а также силовой взаимосвязи между трактором и агрегатируемой им машиной,

которая сказывается на уплотняющих свойствах движителей. Кроме того, затруднена практическая реализация положений стандарта сложной и небезупречной методикой его применения. Разработанная математическая модель комплексной механизации агротехнологий не исключает, а существенно дополняет нормы стандарта. В структуру модели введён новый универсальный критерий вредной интенсивности механического воздействия на почву, сопутствующей выполнению полевых работ. Выражают его работой, трансформируемой движителями и рабочими органами комплекса сельскохозяйственных агрегатов на уплотнение и разрушение почвы за цикл полевых работ. Новый критерий актуален, прежде всего, для оперативной оценки экологических последствий комплексной механизации агротехнологий производства продукции растениеводства, важной при планировании щадящей системы машин. Он адаптирован к условиям эксплуатации техники и доступен в практическом использовании. Применение его позволяет заблаговременно обозначить экологически безопасные условия эксплуатации любого сельскохозяйственного агрегата, не прибегая к трудоёмкой экспериментальной оценке распределения нагрузки на движители. Модель ориентирована на выбор для конкретных условий использования экологически безопасных агрегатов, которые не должны превышать норм стандарта по давлению движителей на почву и в то же время с минимальной интенсивностью оказывать на неё сопутствующее вредное механическое воздействие.

Ключевые слова: почва, техногенная деградация, агротехнологии, комплексная механизация, механическая нагрузка.

MODEL OF NORMALIZATION OF MECHANICAL COMPRESSION ON SOIL IN THE COMPLEX MECHANIZATION OF REGIONAL AGRO TECHNOLOGIES

GUREEV I.I.,

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Mechanization of Soil-Resistant Agriculture, Institute of Agriculture and Soil Erosion Control, Kursk, e-mail: gureev06@mail.ru, ph. 8-9103103908.

KLIMOV N.S.,

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department "Processes and Machines Agricultural Engineering", "Kursk State Agricultural Academy", Kursk, e-mail: klimns46@mail.ru, ph. 8-9103180399.

Essay. The technical level of agricultural aggregates should be oriented not only to the quality of fulfillment of agro technical methods, but also should meet the requirements of environmental safety to avoid technogenic destruction of the soil. In order to prevent technogenic soil degradation it is not enough to use only the norms of the existing standard. The standard does not take into account the level of covering the field with running systems and the power connection between the tractor and the aggregated machine affecting the compression properties of propellers. In addition, it is difficult to implement the provision of the standard in a complicated and non perfect way. The developed mathematical model of the complex mechanization of agro-technologies does not exclude, but essentially supplements the norms of the standard. The structure of the model introduced a new universal criterion of harmful intensity of mechanical impact on soil, accompanying the performance of fieldwork. It is expressed by the work, transformed by the propellers and the working unit of the complex of agricultural aggregates for compression and destruction of soil for the cycle of field works. The new criterion is urgent for the rapid assessment of the environmental consequences of the integrated mechanization of agro-technologies for the plant production, which is important in planning a sparing system of machines. It is adapted to the operating conditions of the equipment and is available in practical use. Its application allows us to indicate in advance the environmentally friendly operating conditions of any agricultural unit, without a laborious experimental evaluation of the distribution of the compression on the propellers. The model is focused on the choice for particular conditions of the use of environmentally friendly units that must not exceed the norms of the standard on the compression of propellers on the soil and at the same time its concomitant harmful mechanical effect must be minimized.

Keywords: soil, technogenic degradation, agrotechnology, complex mechanization, mechanical compression.

Введение. Эффективность комплексов машин для механизации интенсивных агротехнологий должна определяться не только экономическими показателями, но и экологическими критериями, прежде всего, по ограничению техногенного разрушения почвы движителями машинотракторных агрегатов. При современном уровне механизации сельскохозяйственных работ почва переуплотняется движителями. При буксовании их, помимо потерь мощности двигателя трактора и увеличения расхода топлива, разрушается структура пахотного слоя.

Плотность почвы является определяющим показателем изменения её физических свойств от воздействия движителей техники. При повышении плотности до 1,3 г/см³ (верхний предел оптимума для суглинистых и глинистых почв) количество пор аэрации и некапиллярных влаго- и воздухопроводящих пор уменьшается почти вдвое, а при плотности 1,54-1,60 г/см³, часто на-

блюдаемой по следам техники, - до нуля. У переуплотнённой почвы ухудшаются агрохимические свойства, ограничиваются возможности использования вносимых удобрений, что ведёт к снижению урожайности даже при их высоких дозах [1].

Уплотняющее воздействие на почву сельскохозяйственных агрегатов с мощными тракторами нового поколения приводит к снижению не только её эффективного, но и потенциального плодородия, полного восстановления которого не удаётся достичь известными методами обработки [1-4]. Проблема переуплотнения почвы усугубляется вследствие нарастающего распространения в сельскохозяйственном производстве колёсных тракторов, отличающихся тенденцией роста массово-энергетических параметров. Ежегодно по России от переуплотнения почвы недобор урожая составляет до 20-30 млн. тонн (в пересчёте на зерно) и перерасход топлива до 2,5-3,0 млн. тонн [5].

Актуальность минимизации чрезмерной техногенной нагрузки на почву наглядно подтверждается следующим примером. Если раньше в Швеции пестроту урожайности ячменя преимущественно рассматривали как следствие неравномерности распределения элементов питания в почве, то в настоящее время значительный разброс урожайных данных (от 4 до 11,5 т/га) объясняют вариабельностью плотности почвы. При этом высокие показатели урожайности культуры отмечают на элементарных участках с меньшей плотностью [6].

Научно обоснованное ограничение механической нагрузки на почву определено нормами стандарта [7], согласно которому оценивают давление на неё движителей единичных агрегатов в статическом состоянии. Для предотвращения техногенной деградации почвы использование норм стандарта необходимо и в то же время недостаточно по следующим причинам.

Во-первых, стандарт абсолютно не учитывает уровень покрытия ходовыми системами площади поля. А техногенная деградация является следствием прохода по полю не единичного агрегата, а комплекса технических средств, используемых на производстве культур в течение цикла сельскохозяйственных работ.

Во-вторых, при рабочем перемещении техники, в отличие от её статического состояния, возникает не учитываемая стандартом силовая взаимосвязь между трактором и агрегируемой им машиной, которая сказывается на уплотняющих свойствах движителей.

В-третьих, затруднена практическая реализация положений стандарта сложной и небезупречной методикой его применения, сопряжённой с экспериментальной оценкой неравномерного распределения давления движителей на почву по площади пятна контакта.

Приведенных недостатков лишён новый универсальный критерий вредной интенсивности механического воздействия на почву, сопутствующей выполнению полевых работ [8]. Выражают его работой, трансформируемой движителями и рабочими органами комплекса сельскохозяйственных агрегатов на уплотнение и разрушение структуры почвы за цикл полевых работ. Новый критерий в широком формате охватывает понятие техногенной деградации, обусловленное как переуплотнением почвы, так и стиранием её структуры.

Вредная работа неизменно присутствует в общем потоке энергии, расходуемой при выполнении агротехнических приёмов. Не следует стремиться к её минимизации. Чем она меньше, тем комплекс технических средств совершеннее и предпочтительнее.

Новый критерий не исключает, а существенно дополняет нормы стандарта. Он актуален, прежде всего, для оперативной оценки экологических последствий комплексной механизации агротехнологий производства продукции растениеводства, которая важна при планировании щадящей системы машин [8].

Данный критерий адаптирован к условиям эксплуатации техники и доступен в практическом использовании. Применение его позволяет заблаговременно обозначить экологически безопасные условия эксплуатации любого сельскохозяйственного агрегата, не прибегая к трудоёмкой экспериментальной оценке распределения нагрузки на движители. Требуемые показатели оценки получают по априорным данным технической характеристики агрегата и свойств почвы, на которой проводят полевые работы.

При этом фактическое давление движителей на почву определяют через известную взаимосвязь [9], которая имеет недостаток. Она не учитывает парамет-

ров точки приложения к трактору тягового усилия и влияния тяговой нагрузки на коэффициент буксования, что снижает точность формализации исследуемого процесса.

Цель исследований состоит в разработке модели комплексной механизации региональных агротехнологий, позволяющей минимизировать вредную механическую нагрузку на почву до экологически безопасного уровня.

Материал и методика исследования. Силовое давление на почву ведущих (движителей) и ведомых колёс трактора в точках A и B определяется через нормальные (Y_a, Y_b) и продольные (X_a, X_b) реакции почвы (рисунок 1).

Рисунок 1 – Силовая нагрузка на трактор при выполнении полевых работ

Величина этого давления зависит от веса трактора и может быть статическим или динамическим. Статическое давление характерно для неподвижного агрегата на горизонтальной площадке. В таком положении тяговое сопротивление орудия $P=0$. Нормальная реакция почвы на движители Y_a определяется, исходя из уравнения моментов относительно точки B :

$$Y_a = \frac{L-a}{L} G_1 = m G_1, \text{ кН};$$

где G_1 , L - вес (кН) и продольная база трактора (м); a - продольная координата центра масс трактора, м; m - коэффициент распределения веса трактора по осям.

Особенность динамического давления состоит в том, что оно перераспределяет нагрузку на оси. При равномерном установившемся рабочем перемещении агрегата со скоростью V тяговое сопротивление $P>0$. Динамическое давление осей и, соответственно, реакция почвы на колёса изменяется. Величина её на движителях прирастает и, в соответствии с тем же уравнением моментов относительно точки B , выражается зависимостью:

$$Y_a = m G_1 + P \frac{h}{L}, \text{ кН}; \quad (1)$$

где h - высота условной точки прицепа над поверхностью поля, м.

Давление на почву единичного (обособленного) движителя определяют по известному выражению [9]. Но абсолютное большинство тракторов сельскохозяйственного назначения симметричны и давление на

почву их правого и левого движителей p_0 одинаковое. Поэтому более удобно абстрагироваться от единичного движителя и пользоваться обобщённым выражением с учётом (1):

$$p_0 = \frac{1}{bDf_3} \left[\frac{(mG_1 + \frac{P_0}{L})^2}{3,6V} - f_2G_2 - P\delta \right], \text{кПа}; \quad (2)$$

где b - суммарная ширина правого и левого движителей, м;

D - диаметр движителей, м;

f_2 - коэффициент сопротивления сельскохозяйственной машины протаскиванию, $f_2=0,25$ [10. - С. 76];

f_3 - коэффициент снижения сопротивления перекачиванию колёс за счёт пневматических шин (свежевспаханное поле 0,75-0,79, стерня 0,65-0,68, луг 0,58-0,62, укатанная дорога 0,60-0,65 [11. - С. 113]);

I_e - вредная интенсивность механического воздействия движителей на почву при выполнении полевых работ, МДж/га [12];

W - основная производительность выполнения агроприёма, га/ч;

G_2 - вес сельскохозяйственной машины, кН;

δ - буксование движителей.

Трактор при эффективной мощности двигателя N_0 способен развивать зависимое от скорости V тяговое усилие P [12]:

$$P = \frac{1}{1+\delta} \left[\frac{N}{V(2-\eta_m)} - f_1G_1 - f_2G_2 \right], \text{кН}; \quad (3)$$

где N - мощность, реализуемая через движители,

$N = \varepsilon N_0 - N_\phi(2-\eta_\phi) - N_m$, кВт;

ε - коэффициент загрузки двигателя, $\varepsilon=0,9$ [10. - С. 78];

N_ϕ - мощность привода фрезерных почвообрабатывающих рабочих органов (при их наличии), кВт;

η_ϕ - к.п.д. механической передачи к фрезе от двигателя;

η_t - к.п.д. трансмиссии движителей, $\eta_t=0,88$ [10. - С.76];

N_m - мощность привода механизмов не сопряжённых с воздействием на почву (высевающих аппаратов сеялок, устройств разбрасывающих удобрение, насосов опрыскивателей, срезающих и молотильно-сепарирующих устройств комбайнов и др.), кВт.

f_1 - коэффициент качения движителей (стерня, 0,08-0,1; пар, 0,13-0,14 [13. - С.241].

Буксование определяют по формуле [14. - С. 118]:

$$\delta = a_1 \frac{P}{G_1} + b_1 \left(\frac{P}{G_1} \right)^{c_1};$$

где a_1, b_1, c_1 - эмпирические коэффициенты.

Большинство исследователей условно принимают буксование без тяговой нагрузки равное нулю и линейную зависимость $\delta=\delta(P)$ на начальном участке кривой. На больших тяговых усилиях линейная зависимость переходит в нелинейную и кривая $\delta=\delta(P)$ загибается вверх [15. - С. 74-88; 13. - С. 166-173]. Наиболее распространёнными условиями работы тракторных агрегатов, при которых их мощность максимально используется через движители, является стерня нормальной влажности и плотности. В этих условиях номинальное тяговое усилие тракторов реализуется при $\delta \leq 0,15-0,18$,

что укладывается в линейную часть функции $\delta=\delta(P)$ [13. - С. 174; 4. - С. 76]. Оптимизация составов технических средств производится в пределах номинального тягового усилия P_n . Поэтому исходили из соотношения

$\delta = a_1 \frac{P}{G_1}$, определяя значение коэффициента a_1 при

$\delta=0,18$ и $P=P_n$, т.е. $a_1 = 0,18 \frac{G_1}{P_n}$. Таким образом,

$$\delta = 0,18 \frac{P}{P_n}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2) и (3), формализовали зависимости для:

- тягового усилия трактора,

$$P = \frac{P_n}{0,36} \left[\sqrt{1 + \frac{0,72}{P_n} \left[\frac{N}{V(2-\eta_m)} - f_1G_1 - f_2G_2 \right]} - 1 \right], \text{кН}; \quad (5)$$

- давления движителей на почву,

$$p_0 = \frac{1}{bDf_3} \left[\frac{(mG_1 + \frac{P_n}{L})^2}{0,11B - f_2G_2 - 0,18 \frac{P_n^2}{P_n}} + 0,1I_eB - f_2G_2 - 0,18 \frac{P_n^2}{P_n} \right], \text{кПа}. \quad (6)$$

Выражение для вредной интенсивности механического воздействия на почву I_e заимствовано из [12] и преобразовано с учётом значений составляющих:

$$I_e = \frac{3,6}{W} \left[\frac{N}{2-\eta_m} - V(P - f_2G_2) \right], \text{МДж/га}; \quad (7)$$

где $W=0,36BV$, га/ч.

Система уравнений (5)-(7) является математической моделью, предназначенной для оптимизации составов технических средств по комплексной механизации региональных агротехнологий с учётом нормирования механической нагрузки на почву.

Результаты исследования. В качестве примера рассмотрен выбор экологически безопасного агрегата для дисковой обработки почвы. Поле представлено чернозёмом обыкновенным, суглинистым с наименьшей влагоёмкостью НВ=27 %. На момент обработки влажность почвы составляла 15 % и соответствовала 0,56 НВ. Перечень возможных вариантов исполнения агроприёма с примерно одинаковым качеством агрегатами отечественного (1-5) и импортного (6-8) производства приведен в таблице 1.

В соответствии с моделью (5)-(7) для каждого агрегата выполнены расчёты техногенной нагрузки на почву в виде вредной интенсивности механического воздействия и давления движителей при выполнении дисковой обработки (таблица 2).

Сопоставление расчётных значений p_0 с нормами [7] позволило выделить условия, допускающие эксплуатацию агрегатов без экологического ущерба для почвы. В весенний период для обозначенных условий дисковой обработки суглинистой почвы требованиям стандарта по допустимому давлению движителей удовлетворяют агрегаты 1 и 3 отечественного производства. При этом предпочтителен агрегат 1, у которого $I_e=69,7$ МДж/га, т.е. меньше, чем у агрегата 3 ($I_e=76,6$ МДж/га).

На тех же суглинистых почвах в летне-осенний период ограничения стандарта по давлению движителей менее жёсткие и его требованиям удовлетворяет большее количество агрегатов. В то же время при обозначенной фактической влажности почвы 0,56НВ приемлемы лишь агрегаты 1, 2 и 3, из которых предпочтителен агрегат 2 с $I_e=46,7$ МДж/га.

Таблица 1 - Характеристика агрегатов и условий их использования на дисковой обработке почвы ($f_1=0,1$; $f_2=0,25$)

Трактор + сельхозмашина	N_o , кВт	G_1 , кН	G_2 , кН	W , га/ч	V , м/с	B , м	b , м	D , м	L , м	m	h , м
Беларус 3022+ Б-7Т	223	115	62	6,04	2,4	7,1	0,62	1,9	2,96	0,55	0,52
Беларус 3022+ БДТ-7	223	115	36	8,40	3,3	7,0	0,62	1,9	2,96	0,55	0,52
Беларус 3522+ БДМ-6х4ППШК	227	124	51,9	4,98	2,3	6,6	0,71	2,06	3,00	0,60	0,52
Т-150К+ БДП-4000	132	84	28	4,40	3,0	4,0	0,54	1,4	2,86	0,64	0,37
К-744Р1+ БДП-6000	220	149	38	6,30	2,9	6,0	0,75	1,7	3,75	0,54	0,45
John Deere 8295R+ КД-6	217	140	47,8	6,9	3,2	6	0,62	1,98	3,00	0,60	0,42
John Deere 8295R+ RauDXG	217	140	49,1	7,56	3,3	6,3	0,62	1,98	3,00	0,60	0,42
John Deere 8295R+ Catros 6001-2	217	140	33	7,50	3,5	6,0	0,62	1,98	3,00	0,60	0,42

Таблица 2 - Техногенная нагрузка агрегатов на почву

Трактор + сельхозмашина	P , кН	p_o , кПа	I_o , МДж/га	Нормы стандарта			
				Максимальная влажность глинистой и суглинистой почвы в слое 0-30 см, допускающая эксплуатацию агрегата		Максимальная влажность супесчаной почвы в слое 0-30 см, допускающая эксплуатацию агрегата	
				Весенний период	Летне-осенний период	Весенний период	Летне-осенний период
Беларус 3022+ Б-7Т	38,7	135	69,7	0,6НВ	0,7НВ	0,7НВ	0,9НВ
Беларус 3022+ БДТ-7	30,0	163	46,7	0,5НВ	0,6НВ	0,6НВ	0,7НВ
Беларус 3522+ БДМ-6х4ППШК	46,2	135	76,6	0,6НВ	0,7НВ	0,7НВ	0,9НВ
Т-150К+ БДП-4000	18,0	229	59,8	-	-	-	0,5НВ
К-744Р1+ БДП-6000	32,0	192	62,6	-	0,5НВ	0,5НВ	0,6НВ
John Deere 8295R+ КД-6	26,1	201	67,4	-	0,5НВ	0,5НВ	0,6НВ
John Deere 8295R+ RauDXG	24,4	201	64,0	-	0,5НВ	0,5НВ	0,6НВ
John Deere 8295R+ Catros 6001-2	25,3	214	55,1	-	-	0,5НВ	0,6НВ

Для сравнения выполнен анализ случая дисковой обработки супесчаных почв, где нормы допустимого давления движителей увеличены на 20 % [7] и вследствие этого большинство представленных в таблице 2 агрегатов по нормам стандарта могут использоваться на данном виде работ. Ограничения имеет лишь агрегат 4 на выполнение приёма в весенний период. Для агрегатов 1 и 3 до 0,9НВ увеличилась и максимальная влажность супесчаных почв, при которой возможна дисковая обработка представленным перечнем техники.

Вывод. Технический уровень полевых сельскохозяйственных агрегатов должен быть ориентирован не только на качественное выполнение агротехнических приёмов, но и на соблюдение требований экологической безопасности по техногенному разрушению почвы. Предпочтение следует отдавать технике, которая не только не превышает норм стандарта по давлению движителей на почву, но и с минимальной интенсивностью оказывает на неё сопутствующее вредное механическое воздействие.

Список использованных источников

1. Изменение физических свойств и плодородия почв при их уплотнении движителями сельскохозяйственной техники / А.Г. Бондарев, П.М. Сапожников, В.Ф. Уткаев, В.Н. Щепотьев // Сб. Воздействие движителей на почву. – Том 118. – М., 1988. – С. 46-57.
2. Лапик В.П. Экологические аспекты воздействия гусеничных движителей на почву // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2010. – № 2. – С.86-88.
3. Тхазепо Х.М. Повышение эффективности использования колесных тракторов на склоновых землях за счет применения шин со съёмным протектором: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. - Нальчик, 2010. - 150 с.
4. Ivantsova N.N., Zolotarevskaya D.I. Investigation and Calculation of the stressed-strained State and Compaction of viscoelastic disperse Media as a Result of relaxation Processes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2005. - Vol. 78. - No. 5. - P. 78-86.

5. Савельев Ю.А., Климанов А.В., Мокрицкий С.Н. Следоразрыхлитель для тракторов класса 1,4. .3 // Совершенствование конструкции и технологии использования сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. - Самара, 1999. - С.81-83.
6. On-the-go measurements of soil penetration resistance of on a Swedish EntricCambisol / E. Bolenius, G. Rogstrand, I. Arvidsson et. al. // International Soil Tillage Research Organizarion 17 th Triennal Conference. - Kiev - Germany, 2006. - P. 867-870.
7. ГОСТ 26955-86, ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. Методы определения воздействия движителей на почву. Метод определения максимального нормального напряжения в почве. - М., 1986. – 22 с.
8. Гуреев И.И., Климов Н.С. Моделирование техногенного воздействия на почву сельскохозяйственных агрегатов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 9. - С.120-123.
9. Гуреев И.И. Минимизация уплотняющего воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники // Сахарная свёкла. - 2018. - № 1. - С. 9-12.
10. Лурье А.Б., Любимов А.И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. - 270 с.
11. Клёнин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчёт регулировочных параметров и режимов работы. - М.: Колос, 1980. - 671 с.
12. Региональный регистр комплексов машин для механизации перспективных агротехнологий / И.И. Гуреев, В.П. Дьяков, Г.К. Гребенщиков, С. Дурдыев. – Курск, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – 59 с.
13. Корсун Н.А. Агрегатирование тракторов Т-150 и Т-150К с сельскохозяйственными машинами. - М.: Машиностроение, 1975. - 276 с.
14. Камбулов С.И. Механико-технологические основы повышения уровня функционирования сельскохозяйственных агрегатов. - Ростов н/Д: Изд-во ООО «Терра Принт», 2006. - 304 с.
15. Колёсные тракторы для работы на склонах / П.А. Амельченко, И.П. Ксенович, В.В. Гуськов, А.И. Якубович. - М.: Машиностроение, 1978. - 248 с.

List of sources used

1. Changes in the physical properties and fertility of soils during their compaction by propellants of agricultural machinery / A.G. Bondarev, P.M. Sapozhnikov, V.F. Utkaev, V.N. Schepot'ev // Sb. Impact of thrusters on the soil. - Volume 118. - M., 1988. - P. 46-57.
 2. Lapik V.P. Ecological aspects of the impact of caterpillar propellers on the soil. // Vestnik of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education of the Higher Professional Educational Institution of Higher Professional Education. - 2010. - No. 2. - P. 86-88.
 3. Thazeplo H.M. Increasing the efficiency of wheeled tractors using sloping lands by using tires with a removable protector: diss. ... cand. tech. Sciences: 05.20.01. - Nalchik, 2010. - 150 p.
 4. Ivantsova N.N., Zolotarevskaya D.I. Investigation and Calculation of the stressed-strained State and Compaction of viscoelastic disperse. Media as a Result of relaxation Processes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. - 2005. - Vol. 78. - No. 5. - P. 78-86.
 5. Saveliev Yu.A., Klimanov A.V., Mokritsky S.N. A laver for tractors of class 1.4. .3 // Perfection of design and technology for the use of agricultural machinery: Sat. sci. tr. - Samara, 1999. - P. 81-83.
 6. On-the-go measurements of soil penetration resistance of Swedish EntricCambisol / E. Bolenius, G. Rogstrand, I. Arvidsson et. al. // International Soil Tillage Research Organizarion 17 th Triennal Conference. - Kiev - Germany, 2006. - P. 867-870.
 7. GOST 26955-86, GOST 26953-86, GOST 26954-86. Agricultural mobile engineering. Norms of action of propulsion on the soil. Methods for determining the impact of propulsion on the soil. Method for determining the maximum normal stress in the soil. - М., 1986. - 22 p.
 8. Gureev I.I., Klimov N.S. Modeling of anthropogenic impact on the soil of agricultural aggregates // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2015. - No. 9. - P.120-123.
 9. Gureev I. Minimization of the compacting effect on the soil of propellants of agricultural machinery // Sugar beet. - 2018. - No. 1. - P. 9-12.
 10. Lurie A.B., Lyubimov A.I. Wide-tillage tillage machines. - L.: Machine building. Le Ningr. Deposition, 1981. - 270 s.
 11. Klyonin N.I., Sakun V.A. Agricultural and meliorative machines: Elements of the theory of work processes, calculation of adjusting parameters and operating modes. - М.: Kolos, 1980. - 671 p.
 12. The regional register of machine complexes for mechanization of promising agricultural technologies / I.I. Gureev, V.P. Dyakov, G.K. Grebenshchikov, S. Durdiev. - Kursk, FGBNU VNIIZiPPE, 2015. - 59 p.
 13. Korsun N. Aggregation of tractors T-150 and T-150K with agricultural machines. - Moscow: Mashinostroenie, 1975. - 276 p.
 14. Kambulov S.I. Mechanic-technological basis for increasing the level of functioning of agricultural aggregates. - Ростов н/Д: Publishing house of Open Company "Terra Print", 2006. - 304 p.
 15. Wheeled tractors for working on slopes / P.A. Amelchenko, I.P. Ksenovich, V.V. Guskov, A.I. Yakubovich. - М.: Mechanical Engineering, 1978. - 248 p.
-