Тип статьи: научная
УДК 631.55
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-1-57-65

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ПОЧВУ С ДИФФЕРЕНЦИАЦИЕЙ ПО ДЛИНЕ ПРОХОДА

Валерий Юрьевич Ревенко [1]***, Виктор Иосифович Скорляков*** [2]***,***
Татьяна Адександровна Юрина [3]
[1,2,3] *Росинформагротех, Р.п. Правдинский, Московская область, Россия*
[1] skskniish@rambler.ru https://orcid.org/0000-0003-0336-5323
[2] skorlv@yandex.ru
[3] agrolaboratorya@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-6158-5714

Автор ответственный за переписку: Валерий Юрьевич Ревенко, skskniish@rambler.ru
Corresponding author Valerij Revenko, skskniish@rambler.ru

Реферат. *Наблюдаемый в последние годы интенсивный рост вместимости бункеров зерноуборочных комбайнов сопровождается увеличением их металлоемкости и соответственно – ростом давления на почву ходовых систем данной техники. Предыдущими нашими исследованиями установлены значительные превышения максимального давления колес комбайнов относительно нормируемого стандартом уровня. Но, отсутствие методов сравнительной оценки воздействия на почву движителей комбайнов не позволяет корректно выбрать наиболее эффективный вариант для почвенных условий конкретных сельхозпредприятий. В настоящей публикации предложена методика сравнительной оценки зерноуборочных комбайнов разных классов, как по давлению на почву, изменяющемуся в процессе заполнения бункера зерном, так и по относительной площади поля, подверженной уплотнению с разной вертикальной нагрузкой. Выявлено, что при заполнении бункеров зерном, прирост максимального давления на почву ведущих колес комбайнов Дон 1500Б, Акрос 550, КЗС 3219 и Торум 780 составит соответственно 17, 43, 31 и 68 кПа или 8,4, 19,4, 15,3 и 29,1 %. При допустимом максимальном давлении на почву в летний период равном 210 кПа, площади следов указанных комбайнов со сверхнормативным давлением составит соответственно 14,0, 24,0, 15,0 и 18,4 % от площади поля. Кроме того, в статье дается визуальное представление результатов сравнительной оценки уборочных машин, включающее интервалы максимального давления движителей комбайнов, в начале и по окончании заполнения бункера зерном.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, давление на почву, длина прохода, сравнительная оценка.*

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GRAIN HARVESTS SOIL COMBINES WITH DIFFERENTIATION ACCORDING TO PASSAGE LENGTH

Valery Revenko [1]***, Victor Skorlyakov*** [2]***, Tatyana Yurina*** [3]
[1,2,3] *Rosinformagrotekh, Pravdinsky Township, Moscow Region, Russian Federation*
[1] skskniish@rambler.ru https://orcid.org/0000-0003-0336-5323
[2] skorlv@yandex.ru
[3] agrolaboratorya@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-6158-5714

Abstract. *The intensive growth in the capacity of combine harvester bunkers observed in recent years is accompanied by an increase in their metal consumption and, accordingly, an increase in the pressure on the soil of the running systems of this equipment. established Significant excesses of the maximum pressure of combine wheels relative to the standard level were established by our previous studies. But, the lack of methods for comparative assessment of the impact of combine propulsion on the soil does not allow us to correctly select the most effective option for the soil conditions of specific agricultural*

enterprises. This publication proposes a method for comparative evaluation of combine harvesters of different classes, both in terms of pressure on the soil, which changes during the process of filling the bunker with grain, and in terms of the relative area of the field subject to compaction with different vertical loads. It was revealed that when filling the bunkers with grain, the increase in the maximum pressure on the soil of the driving wheels of the Don 1500B, Akros 550, KZS 3219 and Torum 780 combines will be 17, 43, 31 and 68 kPa, respectively, or 8.4, 19.4, 15.3 and 29.1%. With the permissible maximum pressure on the soil in the summer equal to 210 kPa, the areas of tracks of the specified combine harvesters with excess pressure will be 14.0, 24.0, 15.0 and 18.4% of the field area, respectively. In addition, the article provides a visual representation of the results of a comparative assessment of harvesting machines, including the intervals of maximum pressure of combine propellers at the beginning and at the end of filling the bunker with grain.

Keywords: *combine harvester, soil pressure, passage length, comparative assessment.*

Для цитирования: Ревенко В.Ю., Скорляков В.И., Юрина Т.А. Сравнительная оценка воздействий зерноуборочных комбайнов на почву с дифференциацией по длине прохода // Наука в центральной России. 2024. Т. 67, № 1. С. 57-65. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-1-57-65.

For citation: Revenko V., Skorlyakov V., Yurina T. Comparative assessment of the impact of grain harvests soil combines differentiation according to passage length. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 67(1): 57-65. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-1-57-65.

Введение. В связи с ростом размерно-массовых параметров зерноуборочных комбайнов (ЗУК) воздействие их ходовых органов на почву в настоящее время достигает критических значений. Так, максимальное давление колес ЗУК на почву (в вертикальной плоскости по оси колес) при вместимости бункера 9-12 м^3 и пропускной способности 8,5-12 кг/с достигает от 250 до 350 кПа [1], что значительно превышает регламентированные допустимые значения. Несмотря на это при разработках и поступлении на рынок новых ЗУК наблюдается тенденция устойчивого повышения размерно-весовых показателей [2].

По результатам многих исследований установлены негативные последствия переуплотнения почвы сверх допустимых пределов тракторами и комбайнами [3, 4] и др. При этом известно, что предлагаемые технические и технологические решения лишь частично решают проблему переуплотнения. А переоснащение парка с/х предприятий зерноуборочными комбайнами происходит преимущественно высокопроизводительными образцами с увеличенными параметрами, несмотря на рекомендации ученых об их ограничении [1] и об отказе от высокопроизводительных ЗУК [5]. У таких комбайнов с большой вместимостью бункеров при поступлении зерна увеличиваются диапазоны максимального давления и длина проходов в рабочих циклах при росте соответствующих воздействий на почву.

Наряду с этим, в публикациях, посвященных выбору комбайнов и предназначенных специалистам с/х предприятий, вопросы сверхнормативного воздействия на почву не затрагиваются [6, 7, 8]. В данной ситуации для снижения воздействий на почву необходим обоснованный выбор зерноуборочных комбайнов с приемлемыми для хозяйств показателями воздействия на почву. Однако в настоящее время сравнительная оценка длины и относительной площади переуплотненных следов (в общей длине при заполнении бункера) невозможна из-за отсутствия соответствующего метода.

Цель исследования – разработка метода сравнительной оценки давления зерноуборочных комбайнов на почву.

Материалы и методы исследования. Метод исследования – экспериментально - расчетный. Объекты исследований – сравнительные оценки показателей воздействия наиболее нагруженных передних ведущих колес зерноуборочных комбайнов на почву при уборке зерновых колосовых культур.

При выполнении оценок исходили из того, что длина прохода комбайна в рабочих циклах достигается в пределах заполнения конструкционного объема бункера и соответствует известному выражению:

$$L_{пр} = Q \cdot j / B_ж \cdot У,$$

где Q – вместимость бункера, м^3; j – объемная масса зерна, кг/м^3; $У$ - урожайность зерна на поле, кг/м^2; $B_ж$ – рабочая ширина захвата жатки, м.

Расчеты длины прохода комбайна и относительной площади следов ведущих колес на поле в рабочих циклах заполнения бункера зерном озимой пшеницы ($L_{пр}$) провели для четырех комбайнов исходя из значений вместимости бункеров и ширины жаток (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры комбайнов и длина их проходов при заполнении бункеров (для урожайности 70 ц/га)

Марка комбайна	Масса с жаткой, кг	Вместимость бункера, м^3	Рабочая ширина жатки, м	Ширина следа колеса, м	Длина прохода по полю, м
ДОН 1500	14320	6	6,8	0,81	974
Акрос 550	16630	9	6,8	0,82	1386
КЗС 3219	20920	9,5	8,9	0,86	1119
Торум 780	19470	12	8,9	0, 82	1445

Также исходили из того, что максимальное давление ведущих колес на почву по длине прохода в рабочем цикле заполнения бункера сопровождается изменением значений, от соответствующего пустому бункеру в начальной фазе движения, до заполненного - в конечной фазе движения. Т.е. возрастание максимального давления происходит синхронно с передвижением комбайна по длине прохода, а также - с заполнением бункера.

Значения максимального давления ведущих колес комбайнов были определены по известным стандартизованным методам, представленным в [9]. Необходимо заметить, что начальные показатели давления колес на почву (при пустом бункере) могут быть приняты из публикуемых протоколов испытаний комбайнов на машиноиспытательных станциях, а при заполненном бункере - по результатам расчетов по методике, представленной в [10].

Проводя сравнения, также исходили из того, что показатели ключевых точек заполнения бункера в процессе работы комбайна в соответствии с [9] соответствуют следующим параметрам:

- перед началом заполнения, когда длина прохода равна нулю $L_{пр} = 0$, максимальное давление на почву передних колес соответствовало пустому бункеру, т.е. $P_{max} = P_{max\ пуст}$;

- по окончании заполнения, когда длина прохода соответствовала длине рабочего цикла $L_{пр} = L_{прц}$, максимальное давление стало соответствовать полному бункеру $P_{max} = P_{max\ полн}$.

Для выявления точки перехода максимального давления к сверхнормативному в рабочем цикле заполнения бункера, определяли уравнение прямой, проходящей через две точки с координатами, соответствующими началу и окончанию движения комбайна в рабочем цикле $L = f(P_{max})$ и, подставляя значение максимального давления $P_{max} = P_{max\ допустимое}$, находили длину прохода комбайна, после которой P_{max} превышало допустимое значение [9].

Результаты и обсуждение. Наиболее информативно вертикальные воздействия на почву комбайнов выражаются значением показателя максимального давления, допустимые значения которого регламентированы государственным стандартом ГОСТ Р 58655-2019 [11]. При движении комбайна почва по следу колеса по всей длине прохода подвергается воздействию максимальным давлением с его постепенным увеличением от накопления зерна в бункере.

Негативное воздействие техники на почву по всей площади поля можно оценить по двум показателям: 1-й – максимальное давление колес; 2-й – длина прохода комбайна в рабочем цикле заполнения бункера, в том числе с превышением допустимого давления. Первый показатель влияет на величину напряжения в почве от вертикального давления колес, второй – на длину следов колес на поле и их соответствующую площадь.

В результате роста в последние два десятилетия вместимости бункеров комбайнов ведущих фирм - производителей (в 1,5-2 раза), их давление на почву во многих случаях превышает допустимый стандартом уровень уже перед началом поступления зерна в бункер, что в первую

очередь связано с ростом эксплуатационной массы современных высокопроизводительных машин. В этом случае сверхнормативное переуплотнение почвы на поле реализуется по всей площади следов комбайна (рисунок 1).

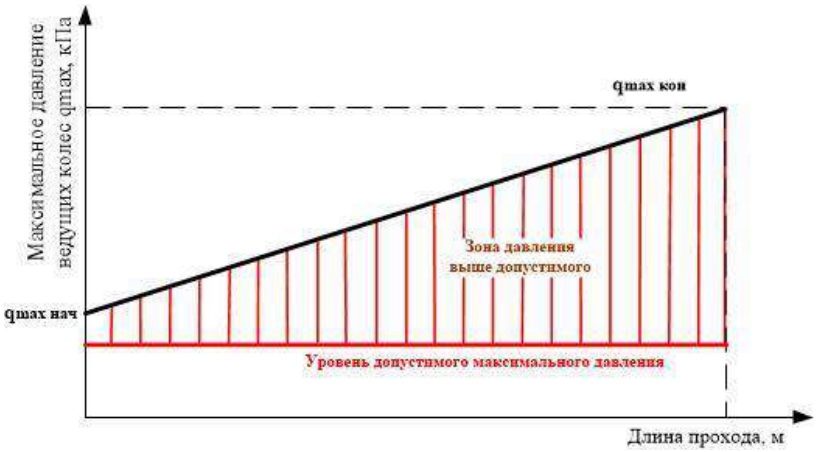

Рисунок 1 – Схема изменения сверхнормативного максимального давления ведущих колес комбайна по длине рабочего прохода

Более сложной для оценки переуплотнения почвы по длине прохода комбайна является ситуация, когда в начале заполнения бункера в рабочем проходе комбайна давление ходовых органов на почву не превышает нормативные показатели, установленных ГОСТ Р 58655-2019 [11], но, по мере заполнения бункера зерном, давление на почву ходовых органов достигают допустимого значения, а затем начинают его превышать (рисунок 2).

В данном случае расстояния прохода комбайна в рабочем цикле заполнения бункера с давлением менее и более допустимого могут быть определены с использованием методики, изложенной в [9, 12]. С ее применением представляется возможной оценка давления в любой промежуточной точке длины прохода комбайна, а также оценка относительной площади поля, подвергнутой воздействию колес зерноуборочного комбайна сверх регламентированного допустимого предела.

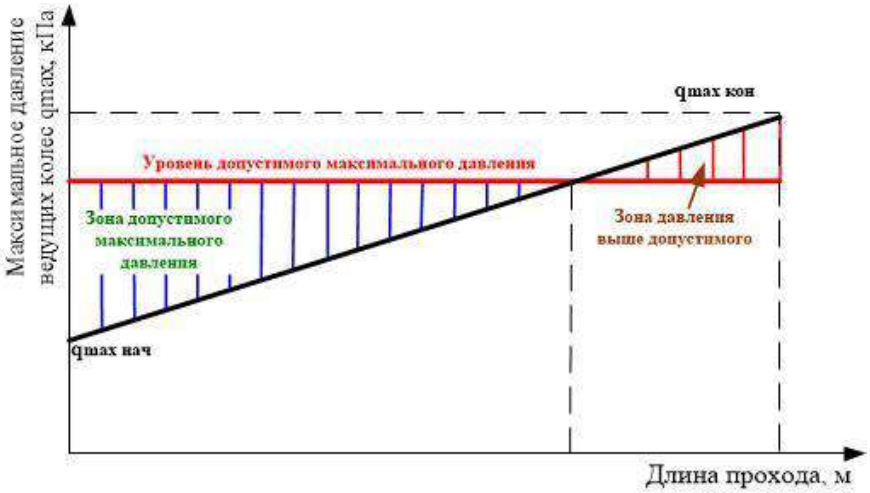

Рисунок 2 – Схема изменения максимального давления ведущих колес комбайна (с преодолением допустимого предела) по длине рабочего прохода

В результате расчетов в соответствии с вышеуказанной методикой установлено, что комбайн Дон 1500 Б воздействует на почву в пределах допустимого максимального давления (210 кПа) лишь частично – при росте максимального давления с 203 до 210 кПа, что соответствует 41 % длины прохода в рабочем цикле (рисунок 3). С учетом массы зерна в заполненном бункере (4800 кг) с помощью алгоритма, приведенного в [10], можно определить какая масса зерна будет соответствовать допустимому пределу максимального давления: 4800 кг х 0,41 = 1968 кг, что соответствует длине прохода 399,3 м. У комбайна КЗС 3219 при 22,6 -процентном заполнении бункера (1718 из 7600 кг) на длине прохода 253 м давление колес на почву будет в пределах допустимого, при дальнейшем наполнении бункера зерном происходит превышение норматива.

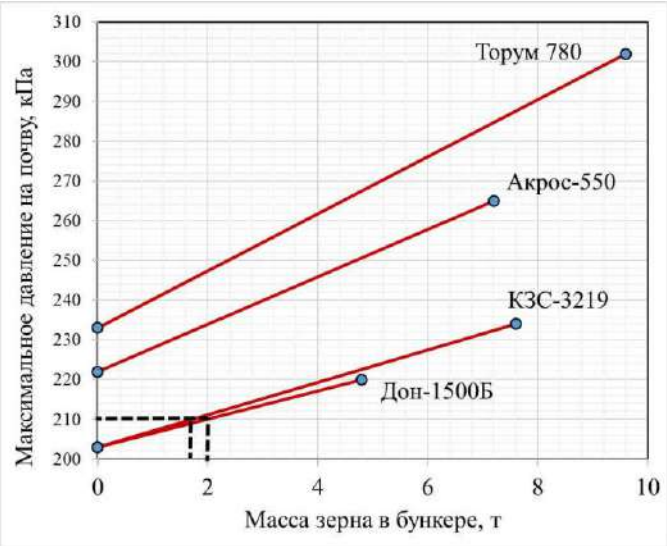

Рисунок 3 - Зависимости максимального давления ведущих колес комбайнов от степени заполнения бункера

Таким образом, комбайн ДОН 1500Б уплотняет почву сверх допустимого значения в диапазоне 210-220 кПа, комбайн КЗС 3219 – в диапазоне 210-234 кПа. Другие исследуемые образцы техники: комбайны Агрос 530 и Торум 780 переуплотняют почву по длине всего прохода в рабочих циклах заполнения бункера зерном.

Более приемлемые показатели максимального давления на почву комбайна КЗС 3219 получены вследствие применения более широких шин (0,86 м, против 0,82 м у трех остальных комбайнов), что обеспечивает большую площадь пятна контакта шины с почвой.

Таким образом, рост вместимости бункеров современных зерноуборочных комбайнов приводит как к значительному увеличению давления ведущих колес на почву, так и к росту длины прохода в рабочем цикле заполнения бункера, на которой отмечается указанное повышенное давление. Кроме этого, увеличение вместимости бункера приводит к росту энергозатрат на транспортировку поступающего в бункер зерна [13].

При уборке зерна на поле диапазон нагрузки на ведущее колесо и соответствующее максимальное давление на почву в рабочем цикле воспроизводится в повторениях рабочих циклов на всей площади поля. При этом, у комбайнов с различной ёмкостью бункера и шириной жатки будет варьировать количество рабочих циклов на одном и том же поле. Например, на поле площадью 70 га, у комбайна Дон 1500 с 7-метровой жаткой и бункером ёмкостью 6 м^3 число циклов составит 107. У комбайна Торум 780 с 7- метровой жаткой и бункером 12 м^3 - 54. Исходя из этого возможно разделение диапазонов максимальных давлений ведущих колес на почву в рабочих циклах и на поле, например на 5 частей (с шагом в 20 %) с расчетом для каждой части средних показателей максимального давления (таблица 2). При этом обеспечиваются численные значения давления на почву, дифференцированные по длине прохода и по стадиям заполнения

бункеров. Это позволяет конкретизировать соотношения значений давления на разных стадиях заполнения бункеров и для разных комбайнов. Так, если в начале заполнения бункера зерном (отрезок 0-20 %) среднее значение максимального давления комбайнов Акрос 550 и Торум 780 больше, чем у комбайна Дон 1500Б (базовый вариант) соответственно на 10,2 и 17,6 %, то в конце заполнения (отрезок 80-100 %) – на 19,7 и на 35,3 %.

Таблица 2 – Средние максимальные давления колес на 20-процентных участках длины в рабочих циклах заполнения бункеров

Марка комбайна	Процентное разделение давлений по длине проходов в рабочих циклах, %				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Дон 1500Б	205	208	211	215	218
КЗС 3219	206	212	218	225	231
Акрос 550	226	235	243	252	261
Торум 780	241	254	268	282	295

Высокие показатели среднего давления в конце заполнения бункеров (261 и 295 кПа), полученные для комбайнов Акрос 550 и Торум 780, обусловлены их большей металлоемкостью для обеспечения достаточной прочности, а также недостаточными размерами применяемых шин на передней оси.

Вполне очевидно, что при оценке воздействий комбайнов на почву на первый план выходят сочетания таких параметров как вместимость бункера, ширина жатки и размеры шин. Применительно к выбору комбайнов и их комплектации научные рекомендации, как правило, распространяются на осредненные условия регионов. Однако хозяйства внутри регионов во многих случаях характеризуются существенным разнообразием почвенно-климатических условий в периоды уборочных работ. Исходя из этого с применением расчетного метода возможна предварительная оценка влияния на показатели вертикальных воздействий ширины жатки и вместимости бункеров относительно результатов известных аналогов (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительные показатели изменений силовых воздействий ведущих колес комбайнов на почву в рабочем цикле заполнения бункеров

Показатели	Зерноуборочные комбайны			
	Дон 1500Б	Акрос 550	КЗС 3219	Торум 780
Убираемая площадь за цикл, S, га	0,662	0,943	0,996	1,286
Изменение максимального давления ведущих колес при заполнении бункера, кПа	203-220	222-265	203-234	234-302
Приросты максимального давления в рабочем цикле, кПа:	17	43	31	68
Приросты максимального давления относительно убранной площади, кПа/га (%)	25,7 (8,4)	45,6 (19,4)	31,1 (15,5)	52,9 (29,1)
Кратность приростов максимального давления относительно базового варианта (Дон 1500)	-	2,31	1,82	3,46

Так как, убираемая площадь за цикл заполнения бункера зависит от вместимости бункера, то и диапазон изменения максимального давления ведущих колес зависит от его вместимости. Также

при выборе комбайна и его комплектации весьма показательны приросты максимального давления относительно убранной площади и кратность приростов максимального давления относительно базового варианта (Дон 1500 - с наименьшим воздействием на почву) (см. таблицу 3).

Стандартом установлено несколько градаций допустимых максимальных давлений ходовых органов машин в зависимости от влажности почвы [11]. Наиболее вероятными при оценке комбайнов могут быть два регламентированных значения (при соответствующей влажности почвы 0,5-0,6 НВ и менее 0,5 НВ) – 180 и 210 кПа. С применением расчетов по разработанному нами способу [9, 10, 12] было определено, что при допустимом давлении 210 кПа лишь два из представленных четырех комбайнов часть рабочих проходов могут выполнять с допустимым давлением - Дон 1500Б и КЗС 3219 (рисунок 4). Комбайны Акрос 550 и Торум 780 с шинами недостаточной ширины еще до начала заполнения бункеров значительно превышают допустимое давление.

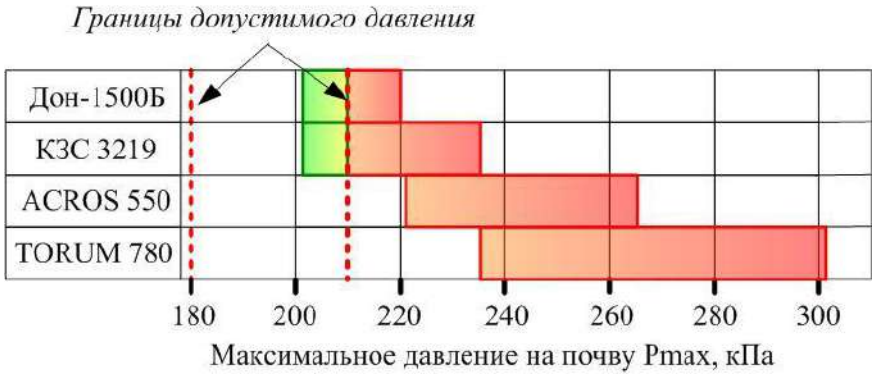

Рисунок 4 – Диапазоны изменения максимального давления ведущих колес комбайнов при заполнении бункеров зерном

Исходя из вышеизложенного при наличии информации о параметрах и комплектации комбайна, а также развесовок комбайна в варианте эксплуатационного веса, с использованием методики, представленной в [9, 10] возможно оперативное определение диапазона максимального давления наиболее нагруженных ведущих колес комбайнов. А по анализу относительных показателей приростов максимального давления в рабочих циклах (таблица 3) возможен целенаправленный выбор и комплектация комбайнов для хозяйственных условий.

Выводы.

1. Диапазоны изменения максимальных давлений на колеса передней оси комбайнов Дон 1500Б, Акрос 550, КЗС 3219 и Торум 780 в рабочих циклах заполнения бункеров составляют соответственно 203-220, 222- 265, 203-234 и 234-302 кПа. При принятом допустимом максимальном давлении (до 210 кПа) площади следов указанных комбайнов со сверхнормативными давлениями составляют соответственно 14,0, 24,0, 15,0 и 18,4 % от площади поля.

2. Приросты максимального давления ведущих колес комбайнов Дон 1500Б, Акрос 550, КЗС 3219 и Торум 780 при заполнении бункеров зерном составляют соответственно 17, 43, 31 и 68 кПа или 8,4, 19,4, 15,3 и 29,1 %.

3. Кратность приростов максимального давления колес комбайнов Акрос 550, КЗС 3219 и Торум 780 от заполнения бункеров зерном относительно базового варианта (Дон 1500Б) составляет соответственно 2,31, 1,82 и 3,46.

Список источников

1. Дьячков А. П. Возможности повышения производительности технологических агрегатов, используемых в сельском хозяйстве, при снижении отрицательных воздействий на почву / Дьячков А. П., Колесников Н. П., Семынин С. В. Следченко В.А., Шередекина Е.Е. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – Ч. 2. – С. 105–108.

2. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю. Особенности воздействия на почву зерноуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. – 2022. – №1. – С. 25-29.

3. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.

4. Кузыченко Ю.А. Изменение структуры поверхностного слоя почвы и экологическая совместимость мобильных машин с почвой // Известия Оренбургского государственного университета. – 2019. – № 4. – С. 20-22.

5. Маслов Г.Г. Эффективные направления снижения уплотнения почвы для сохранения ее плодородия // Научный журнал КубГАУ. – 2019. – № 146 (02). – С. 1-13.

6. Жалнин Э.В. Какой комбайн выбрать? // Сельский механизатор. – 2015. – № 4. – С. 4-6.

7. Жалнин Э.В. Каким комбайном убирать российское поле? // Сельский механизатор. – 2013. – № 5. С. – 10-11.

8. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 2 (38). – С. 163-178.

9. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю., Назаров А.Н. Оценка площади следов и давления на почву ведущих колес зерноуборочного комбайна в рабочем цикле заполнения бункера // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 3. – С. 27-31.

10. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю. Совершенствование метода расчета давления движителей зерноуборочных комбайнов на почву // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. - № 6 (89). – С. 403-410.

11. ГОСТ Р 58655-2019 Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. М.: Стандартинформ. – 2019. – 6 с.

12. Патент № 2797910 C1 Российская Федерация, МПК A01D 41/02, G01M 17/007, G06Q 50/02. Способ оценки воздействия на почву колес зерноуборочного комбайна в рабочих циклах заполнения бункера зерном: № 2022127496: заявл. 21.10.2022: опубл. 13.06.2023 / В. И. Скорляков, В. Ю. Ревенко; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса". – EDN LOOBCM.

13. Плаксин А.М., Кожемякин П.А., Власов Д.Б. Противоречие конструктивного совершенствования и практики использования зерноуборочных комбайнов. Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 65. – С. 41- 49.

References

1. Dyachkov A. P. The possibilities of increasing the productivity of technological units used in agriculture while reducing negative impacts on the soil / Dyachkov A. P., Kolesnikov N. P., Semynin S. V. // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. -2015. -No. 4 (47). -Part 2. -P. 105-108.

2. Skorlyakov V.I., Revenko V.Yu. Features of the impact on the soil of combine harvesters // Machinery and equipment for the village. -2022. – No.1. – pp. 25-29.

3. Rusanov V.A. The problem of soil re-compaction by movers and effective ways to solve it. - M.: VIM, 1998. - 368 p.

4. Kuzychenko Yu.A. Changing the structure of the surface soil layer and the ecological compatibility of mobile machines with soil // Izvestiya Orenburg State University. – 2019. – No. 4. – pp. 20-22.

5. Maslov G.G. Effective ways to reduce soil compaction to preserve its fertility // KubGAU Scientific Journal. – 2019. – № 146 (02). – P. 1-13.

6. Zhalnin E.V. Which combine should I choose? // Rural mechanic. – 2015. – No. 4.
– pp. 4-6.

7. Zhalnin E.V. What kind of combine harvester to clean the Russian field? // Rural mechanizer. – 2013. – No. 5. pp. 10-11.

8. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I. Improvement of the method of choosing grain harvesters // Scientific journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation. – 2020. – № 2 (38). – Pp. 163-178.

9. Skorlyakov V.I., Revenko V.Yu., Nazarov A.N. Assessment of the footprint area and pressure on the soil of the leading wheels of a combine harvester in the working cycle of filling the hopper // Machinery and equipment for the village. - 2023. – No. 3. – pp. 27-31.

10. Skorlyakov V.I., Revenko V.Yu. Improving the method of calculating the pressure of grain harvesters on the soil // Tractors and agricultural machines. – 2022. - № 6 (89). – Pp. 403-410.

11. GOST R 58655-2019 Agricultural mobile machinery. Norms of the impact of propellants on the soil. M.: Standartinform. -2019. -6 p.

12. Patent No. 2797910 C1 Russian Federation, IPC A01D 41/02, G01M 17/007, G06Q 50/02. A method for assessing the impact on the soil of combine harvester wheels in the working cycles of filling the bunker with grain: No. 2022127496: application. 10/21/2022: publ. 13.06.2023 / V. I. Skorlyakov, V. Yu. Revenko ; application Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical ensuring the agro-industrial complex". – EDN LOOBCM.

13. Plaksin A.M., Kozhemyakin P.A., Vlasov D.B. The contradiction of constructive improvement and the practice of using combine harvesters. Bulletin of the Chelyabinsk State Agroengineering Academy. - 2013. – vol. 65. – pp. 41-49.

Информация об авторах

В. Ю. Ревенко – кандидат технических наук, ученый секретарь; В. И. Скорляков – кандидат технических наук; Т.А. Юрина – научный сотрудник.

Information about the authors

V. Revenko – Candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary; V. Skorlyakov – Candidate of Technical Sciences; T. Yurina – researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 20.01.2024 Принята к публикации (Accepted): 22.02.2024