

Тип статьи: научная
УДК 631.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-5-51-59

ДАВЛЕНИЕ НА ПОЧВУ БУНКЕРОВ-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ В РАБОЧИХ ЦИКЛАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**Виктор Иосифович Скорляков¹, Валерий Юрьевич Ревенко²,
Андрей Николаевич Назаров³, Александр Николаевич Зазуля⁴**

^{1,2,3} Росинформагротех, Р.п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация

⁴ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация

¹ skorlv@yandex.ru

² skskniish@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0336-5323>

³ naz.and.nik.1969.@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0238-3717>

⁴ zazuja_an@rambler.ru

Автор ответственный за переписку: Виктор Иосифович Скорляков, skorlv@yandex.ru
Corresponding author Victor Skorlyakov, skorlv@yandex.ru

Реферат. В настоящее время обостряется проблема переуплотнения почвы тяжелой транспортной техникой, эксплуатируемой на отвозе зерна от комбайнов, решение которой связывают с применением бункеров-перегрузателей (БП). Однако, отсутствие показателей давления на почву их ходовых систем (при движении по полям) и методики оценки воздействия БП на почву при разной загрузженности кузова зерном, препятствуют выполнению сравнительных оценок БП и объективному выбору сельхозтоваропроизводителями образцов с наименьшим давлением на почву. В результате исследований смоделированы с использованием оригинальных формул расстояния проходов по полю в рабочих циклах БП по вариантам числа обслуживаемых комбайнов. Установлено, что общая длина пробега БП по полю $L_{общ}$ в рабочем цикле прямо пропорционально зависит от длины гона L_2 убираемого поля и числа обслуживаемых комбайнов. Она состоит из отдельных отрезков-проходов, характеризующихся последовательно возрастающим уплотнением почвы, величина которого в свою очередь зависит от массы загружаемого зерна и числа опорных колес БП. Предложенное выражение для расчета вертикальной нагрузки на колеса бункера-перегрузателя, учитывающее изменение веса зерна в кузове, обеспечивает возможность расчета максимального давления на отрезках передвижения БП по полю при обслуживании комбайнов для последующего сопоставления с регламентированным допустимым давлением. Установлено, что при каждой загрузке зерна из бункера комбайна максимальное давление колес на почву увеличивается на 104 и 80 кПа у БП с четырьмя опорными колесами и на 38-50 кПа – с восемью опорными колесами, с увеличением давления до 382-394 кПа и с превышением допустимого значения в 1,8-1,9 раза. При работе с приемом зерна в большегрузный БП из трех бункеров комбайнов ТОРУМ вместо возможных четырех, максимальное давление на почву снижается на 9,9 % (с 382 до 344 кПа), а при приеме зерна из двух бункеров – на 20,7 % (с 382 до 302 кПа).

Ключевые слова: бункеры-перегрузатели, размерно-массовые параметры, воздействие на почву, колесные движители.

PRESSURE ON THE SOIL OF HOPPER LOADERS IN WORKING CYCLES MAINTENANCE OF COMBINE HARVESTERS

Victor Skorlyakov¹, Valery Revenko², Andrey Nazarov³, Alexander Zazulya⁴

^{1,2,3} Rosinformagrotekh. Pravdinsky Township, Moscow Region, Russian Federation

⁴ All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture,
Tambov, Russian Federation

¹skorlv@yandex.ru

²skskniish@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0336-5323>

³naz.and.nik.1969.@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0238-3717>

⁴zazulja_an@rambler.ru

Abstract. *The problem of soil compaction by heavy transport equipment used to transport grain from combines, the solution of which is associated with the use of bunker-loaders (BL), is currently becoming more acute. However, the lack of indicators of the pressure on the soil of their running systems (when moving across fields) and the methodology for assessing the impact of BL on the soil with different body loads of grain, prevent comparative assessments of BL and an objective choice by agricultural producers of samples with the lowest pressure on the soil. The distances of passes across the field in the working cycles of BL for the variants of the number of combines serviced are modeled using original formulas as a result of research. It was found that the total length of the BL run across the field L_{total} in the working cycle is directly proportional to the length of the run L_g of the harvested field and the number of combines serviced. It consists of separate sections-passages characterized by successively increasing soil compaction, the value of which in turn depends on the mass of the loaded grain and the number of support wheels of the BP. The proposed expression for calculating the vertical load on the wheels of the bunker-loader, taking into account the change in the weight of the grain in the body, provides the ability to calculate the maximum pressure on the sections of the BP movement across the field when servicing combines for subsequent comparison with the regulated permissible pressure. It was found that with each loading of grain from the combine bunker, the maximum pressure of the wheels on the soil increases by 104 and 80 kPa for BP with four support wheels and by 38-50 kPa - with eight support wheels, with an increase in pressure to 382-394 kPa and with an excess of the permissible value by 1.8-1.9 times. When working with grain reception in a heavy-duty BP from three bunkers of TORUM combines instead of the possible four, the maximum pressure on the soil is reduced by 9.9% (from 382 to 344 kPa), and when receiving grain from two bunkers - by 20.7% (from 382 to 302 kPa).*

Keywords: *hopper loaders, dimensional and mass parameters, impact on the soil, wheel thrusters.*

Для цитирования: Скорляков В. И., Ревенко В. Ю., Назаров А. Н., Зазуля А. Н. Давление на почву бункеров-перегрузателей в рабочих циклах обслуживания зерноуборочных комбайнов // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 71, № 5. С. 51-59. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-51-59>.

For citation: Skorlyakov V., Revenko V., Nazarov A., Zazulya A. Pressure on the soil of hopper loaders in working cycles maintenance of combine harvesters. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 71(5): 51-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-5-51-59>.

Введение. О высоких воздействиях на почву транспортных средств при отвозе зерна от комбайнов известно на протяжении нескольких десятилетий. Особенно высокие воздействия при этом оказывают повсеместно применяемые автомобили, оснащаемые узкопрофильными шинами ограниченного диаметра. Наряду с высокими напряжениями в пятне контакта шин с почвой, обусловленными массой загруженного автомобиля, дополнительные кратковременные высокие динамические воздействия возникают при его движении по неровностям поля [1].

Известно, что в условиях Кубани пробег автомобилей по полю, в среднем составляет 3 км и снижается до 2 км с использованием разгрузочных магистралей – прокосов [2]. Поэтому площадь следов автомобилей сопоставима с площадью следов комбайнов и достигает 20 % площади поля. Удельное сопротивление вспашке по уплотненным следам увеличивается почти вдвое [3], что вызывает значительное повышение эксплуатационных затрат пахотных агрегатов. Кроме этого, долгосрочный ущерб для продуктивности посевов приносит накопление уплотнений почвы в подпахотном слое [3].

Конструктивные схемы бункеров-перегрузателей (БП) имеют ряд положительных отличий от традиционно применяемых транспортных средств (автотранспорта и тракторных тележек): использование широкопрофильных шин увеличенного размера, применение большого числа осей и др. Поэтому ряд ученых связывают с применением БП перспективы снижения воздействия на

почву техники при уборке зерновых колосовых культур [4]. Однако нашей выборочной оценкой вертикальных воздействий на почву пяти образцов БП разной грузоподъемности установлено, что допустимое максимальное давление колес на почву, регламентированное ГОСТ Р 58655–2019 [5], превышает каждый из них [6]. При приемлемых показателях давления в варианте эксплуатационного веса (154,8-205,5 кПа), при заполненном бункере максимальное давление достигает 315,2-409,3 кПа [6], т.е. в среднем увеличивается вдвое.

В настоящее время отсутствует метод оценки воздействия колес БП на почву при их проезде по полю с разными нагрузками от зерна, выгруженного обслуживаемыми комбайнами. Это препятствует выполнению сравнительных оценок БП и выбору сельхозтоваропроизводителями образцов с наименьшим давлением на почву.

Цель исследования – разработка алгоритма расчета показателей воздействия на почву колес бункеров-перегрузателей с учетом изменения их веса по длине прохода при обслуживании разного числа комбайнов.

Материалы и методы. Исследование проведено с использованием аналитического, сравнительного и информационного логического методов анализа исходной информации. Использованы результаты исследования средней продолжительности элементов рабочего процесса тракторно-транспортного агрегата с БП при обслуживании зерноуборочных комбайнов [7]. С использованием данной информации смоделированы и выражены формулами расстояния проходов по полю БП в рабочих циклах по вариантам обслуживания разного числа комбайнов. При этом принимали во внимание, что от края поля к первому комбайну агрегат с БП движется с порожним бункером (L_{n0}), при переезде от первого комбайна – с одной загрузкой зерна (загруженным одним бункером) (L_{n1}), от второго – с загруженными двумя (L_{n2}), от третьего – с загруженными тремя (L_{n3}), а от четвертого – с загруженными четырьмя бункерами (L_{n4}) (таблица 1). Для каждого указанного передвижения проведены расчеты вертикальных нагрузок $P_0 \dots P_4$ с определением вертикальной нагрузки на колесо, площади пятна контакта шины, среднего и максимального давления на почву.

Таблица 1 – Вертикальные нагрузки колес при обслуживании зерноуборочных комбайнов в рабочем цикле БП

Количество обслуживаемых комбайнов	Вертикальные нагрузки на отрезках следов при проходах по полю				
	L_{n0}	L_{n1}	L_{n2}	L_{n3}	L_{n4}
1	P_0	P_1	-	-	-
2	P_0	P_1	P_2	-	-
3	P_0	P_1	P_2	P_3	-
4	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4

В зависимости от числа обслуживаемых комбайнов тракторный агрегат с БП совершает от двух до четырех переездов по полю. В каждом варианте обслуживания комбайнов при соответствующей вместимости БП присутствует проезд с порожним бункером от края поля к первому комбайну и возврат на край с загруженным зерном, а также промежуточные проезды между комбайнами. Таким образом, в рабочем цикле сбора зерна от обслуживаемых комбайнов, БП оставляет на поле отрезки следов со ступенчато возрастающей нагрузкой колес БП на почву.

Расчеты величин воздействия на почву проводили для БП GT-30 и БП GT-50 с вместимостью бункеров 30 и 50 м³, что соответствует двум и четырем выгрузкам зерна от комбайна ТОРУМ с вместимостью бункера 12 м³. Из-за различий у разных БП числа опорных колес сравнение воздействий на почву проводили в среднем в расчете на одно колесо.

При определении вертикальных нагрузок на колесную часть БП из общей нагрузки вычитали нагрузку на сцепное устройство трактора $P_{сц}$, известную из технической документации фирм для заполненного бункера. Ограничения данной нагрузки при пустом и при заполненном бункере регламентированы ГОСТ Р 52746-2007 [8].

Исходя из значений вертикальных нагрузок на колеса при порожнем и заполненном (частично и полностью) бункере проводили расчеты площади пятна контакта шин, среднего и максимального (в вертикальной плоскости оси колеса) давления на почву.

Результаты и обсуждение.

Давление на почву колес БП в рабочем цикле.

Вертикальная нагрузка P_k на одно колесо порожнего, частично или полностью загруженного БП равна общей массе БП ($P_{БП}$) за минусом части массы, действующей через прицепное устройство на колеса трактора $P_{сц}$ и деленное на число колес N_k :

$$P_k = \frac{P_{БП} - P_{сц}}{N_k} \quad (1)$$

Так как общая масса БП складывается из эксплуатационной массы ($P_{э БП}$) и массы зерна ($P_з$), формулу 1 запишем в следующем виде:

$$P_k = \frac{P_{э БП} + P_з - P_{сц}}{N_k} \quad (2)$$

Эксплуатационная масса, грузоподъемность $P_{гр}$ и соответствующая ей нагрузка на прицепное устройство отображаются в технической характеристике БП, поэтому нагрузка на сцепное устройство при частичном заполнении кузова зерном $P_{сц х}$ может быть найдена из пропорции:

$$P_{сц х} : (P_{э БП} + P_з) = P_{сц} : (P_{э БП} + P_{гр})$$

$$P_{сц х} = \frac{P_{сц} \cdot (P_{э БП} + P_з)}{P_{э БП} + P_{гр}} \quad (3)$$

Выразим вертикальную нагрузку на колесо при наибольшей допустимой нагрузке (зерна) $P_{гр}$:

$$P_k = \frac{P_{э БП} + P_{гр} - P_{сц}}{N_k} \quad (4)$$

При частичном заполнении кузова БП зерном массой $P_з$ формула 2 примет вид:

$$P_k = \frac{P_{э БП} + P_з - P_{сц х}}{N_k} \quad (5)$$

Подставив в (5) $P_{сц х}$ из (3), получим:

$$P_k = \frac{P_{э БП} + P_з - \frac{P_{сц} \cdot (P_{э БП} + P_з)}{P_{э БП} + P_{гр}}}{N_k} \quad (6)$$

Группируя и преобразуя, получаем зависимость вертикальной нагрузки P_k на одно колесо в зависимости от массы зерна $P_з$ в кузове БП.

$$P_k = \frac{P_{э БП} - \frac{P_{сц} \cdot P_{э БП}}{P_{э БП} + P_{гр}} + P_з - \frac{P_{сц} \cdot P_з}{P_{э БП} + P_{гр}}}{N_k} = \frac{P_{э БП} \cdot \left(1 - \frac{P_{сц}}{P_{э БП} + P_{гр}}\right) + P_з \cdot \left(1 - \frac{P_{сц}}{P_{э БП} + P_{гр}}\right)}{N_k} =$$

$$= \frac{P_{э БП} + P_з}{N_k} \left(1 - \frac{P_{сц}}{P_{э БП} + P_{гр}}\right) \quad (7)$$

Наряду с массой зерна $P_з$ значения всех остальных показателей формулы 7 как правило приводятся в технической характеристике каждого предлагаемого потребителям БП, в том числе $P_{сц}$ (приводимого для допустимой нагрузки $P_{гр}$).

Наряду с начальным и заключительным проходом в рабочем цикле БП при обслуживании двух комбайнов между ними будет один переезд, при обслуживании четырех комбайнов – три

переезда. При выборе того или другого БП (с наименьшим давлением на почву), а также при эксплуатации большегрузного БП (для возможного ограничения числа его загрузок в сложившихся полевых условиях) важно знать максимальное давление на почву колес на указанных отрезках их перемещений. С применением полученных выше формул данная задача является выполнимой. В качестве примера для двух БП с разной вместимостью по приведенным формулам проведем расчет нагрузок на опорные колеса и их давления на почву (таблица 2) при выгрузке в кузов БП от комбайнов ТОРУМ по 9,6 т зерна.

Таблица 2 – Изменение максимального давления на почву колеса БП по элементам рабочего процесса отвоза зерна от комбайнов ТОРУМ

Наличие зерна в бункере, т	Число опорных колес	Дополнительная нагрузка на трактор, т	Общая нагрузка на колесную часть, т	Вертикальная нагрузка на колесо, кг	Максимальное давление колеса, кПа
БП GT-30					
Пустой	4	0,78	6,42	1609	206
9,6	4	1,82	14,98	3755	314
19,2	-\\-	2,86	23,54	5900	394
БП GT-50					
Пустой	8	0,62	11,95	1478	190
9,6	8	1,09	21,08	2607	252
19,2	8	1,57	30,20	3736	302
28,8	8	2,04	39,33	4864	344
38,4	8	2,51	48,46	5993	382

Согласно таблице 2 вместимости БП GT-30 хватает для двух выгрузок из 12-кубовых бункеров комбайнов ТОРУМ, а в БП GT-50 возможна выгрузка четырех бункеров. При сравнении двух образцов БП большее максимальное давление в данном случае получено для БП GT-30 с меньшей, чем у GT-50 вместимостью (соответственно 206 и 190 кПа) из-за меньшего числа колес.

При загрузке БП комбайнами ТОРУМ независимо от вместимости БП максимальное давление их колес превышает допустимое значение, регламентированное в [5] уже после первой загрузки. При допустимых 180 кПа превышение составляет более чем вдвое, а при допустимых 210 кПа – несколько меньшее двукратных значений. Но при закономерном изменении давления на почву от загружаемого зерна и сравнительно небольших различиях максимального давления при полностью загруженных бункерах наиболее значительные различия в части воздействия на почву заключаются в разной протяженности следов колес, оставляемых на поле.

Длина проходов БП при обслуживании комбайнов.

Общая длина прохода БП в рабочем цикле ($L_{общ}$) складывается из длины прохода к первому комбайну ($L_{пз}$), длины прохода от последнего комбайна на край поля ($L_{пз}$) и длины проходов между комбайнами ($L_{пз}$), которых на единицу меньше числа обслуживаемых комбайнов:

$$L_{общ} = L_{пз} + L_{пз} \cdot (N_{комб} - 1) + L_{пз} \quad (8)$$

где: $N_{комб}$ – число обслуживаемых комбайнов.

Согласно исследованиям [7] продолжительность данных передвижений в среднем в течении смены примерно одинакова, что позволяет для тракторно-транспортного агрегата с БП сделать допущение также о равенстве расстояний данных передвижений.

Так как заполнение бункеров комбайнов в течении смены может происходить равновероятно в любой точке длины гона, то расстояния проходов БП к первому комбайну и от последнего комбайна к краю поля в среднем равны половине длины гона ($0.5 \cdot L_r$). Исходя из [7], данное примерное равенство относится также и к переездам между комбайнами. Выразив длины проходов через длину гона, получим выражение для определения общей длины прохода БП в зависимости от числа обслуживаемых комбайнов:

$$L_{\text{общ}} = 0.5 \cdot L_{\Gamma} + 0.5 \cdot L_{\Gamma} + 0.5 \cdot L_{\Gamma} \cdot (N_{\text{комб}} - 1) = 0.5 \cdot L_{\Gamma} \cdot (1 + N_{\text{комб}}) \quad (9)$$

Исходя из преимущественного применения в с/х предприятиях БП с вместимостью, кратной от двух до четырех бункеров обслуживаемых комбайнов и передвижений по полю со ступенчато изменяющейся нагрузкой колес на почву, на их примере рассмотрим соотношения длин проходов в их рабочих циклах с соответствующими нагрузками на колеса БП (рисунок 1).

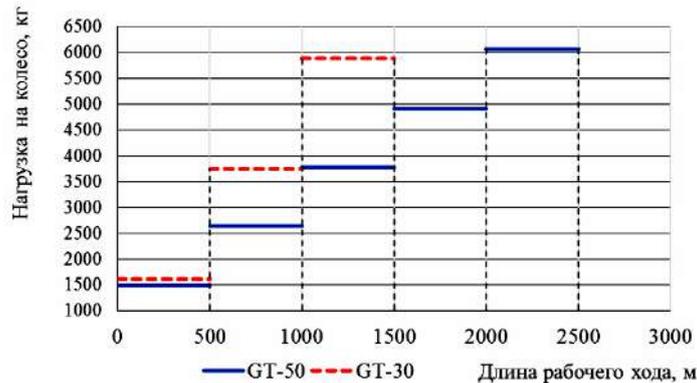


Рисунок 1 – Зависимость нагрузки на колесо от длины рабочего хода

Из рисунка 1 видно, что в результате двух и четырех приемов зерна из бункеров комбайнов ТОРУМ у данных БП достигается примерно одинаковая вертикальная нагрузка на одно колесо (около 6 т). При этом, при меньшей вместимости GT-30 приросты нагрузки происходят с вдвое большей интенсивностью из-за вдвое меньшего числа колес, а общая длина прохода составит 1500 м вместо 2500 м (у GT-50). При принятой за 100 % общей длины прохода GT-30 на всем поле, по 1/3 длины будет подвергнуто каждой из трёх ступеней нагрузок, тогда как следы GT-50 будут содержать пять ступеней возрастающих нагрузок по 20 % от общей длины следов на поле (рисунок 2).

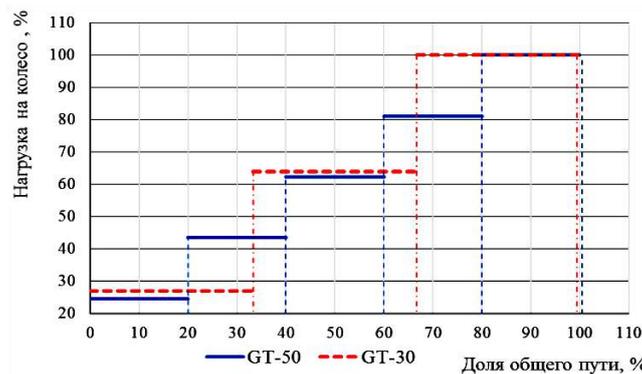


Рисунок 2 – Распределение нагрузки на колесо по его следу на всем поле

Наибольшую значимость имеют показатели максимального давления бункеров-перегрузателей при передвижениях в рабочих циклах. Государственным стандартом [7] регламентированы несколько допустимых значений в зависимости от увлажнения почвы, наибольшее из которых равно 210 кПа. Согласно расчетам, данному допустимому значению сравниваемые БП соответствуют лишь при проезде от края поля к первому комбайну на среднее расстояние, равное половине длины гона, то есть 500 м (рисунок 3).

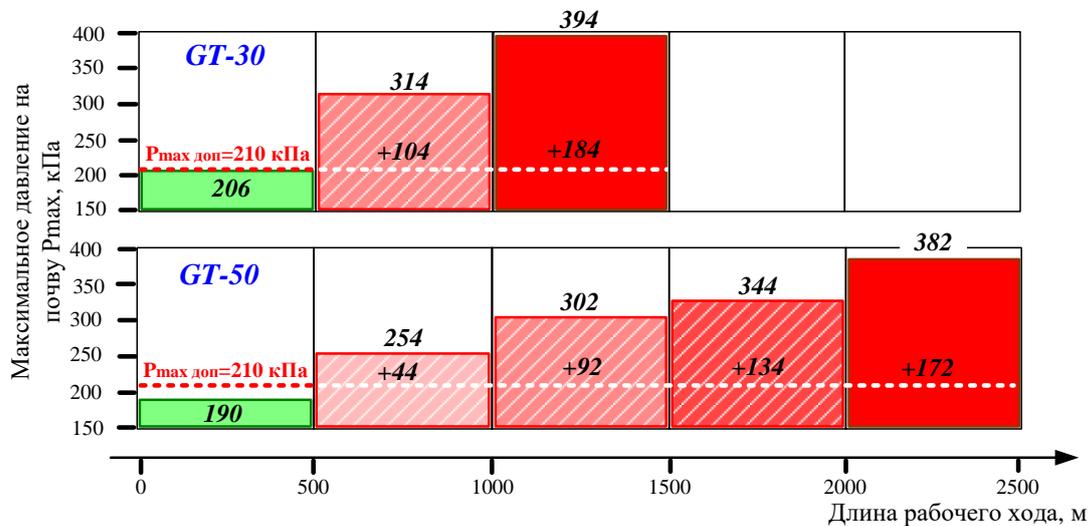


Рисунок 3 – Характер изменения максимального давления бункеров-перегрузателей GT-30 и GT-50 в рабочих циклах

После приема зерна из первого бункера GT-30 превышает допустимое максимальное давление на 104 кПа, а после второго – на 184 кПа. Аналогичные превышения максимального давления на колесо GT-50 относительно допустимого уровня давления в 210 кПа, значительно меньше, что отчасти обеспечивается большим числом колес и, отчасти, меньшим давлением на почву пустого БП. При приеме зерна от двух комбайнов, преимущество по давлению на почву имеет GT-50 с вдвое большим числом колес. В сравнении с GT-30 уровень давления ниже на 23,3 % (302 вместо 394 кПа).

Для снижения негативного воздействия на почву данная особенность может использоваться как при конструировании, так и при эксплуатации БП. Наряду со снижением давления на почву последнее также необходимо во многих случаях из-за лимита времени, задаваемого рабочим циклом заполнения бункера комбайна при его работе.

Очевидно, что за один рабочий цикл GT-50 может вывозить с поля вдвое больше зерна, чем GT-30 (соответственно 38,4 т вместо 19,2 т), при увеличении общей длины следа в рабочем цикле на 66,7% (с 1500 до 2500 м), но при сокращении вдвое числа циклов на убираемом поле. Если урожайность зерна на 100-гектарном поле равна 7 т/га, то за один цикл GT-50 будет вывозить с поля по 38,4 т и для уборки всего поля потребуется 19 циклов с общей длиной следов (исходя из формулы 7) равной 47,5 км. Для GT-30 при вывозе по 19,2 т потребуется 37 циклов с общей длиной следов 55,5 км.

Выводы.

1. Установлено, что общая длина пробега БП по полю в рабочем цикле прямо пропорционально зависит от длины гона убираемого поля и числа обслуживаемых комбайнов и состоит из отдельных отрезков-проходов, характеризующихся последовательным ступенчато возрастающим давлением на почву, величина которого в свою очередь зависит от массы загружаемого зерна и числа опорных колес БП.

2. Предложенное выражение для расчета вертикальной нагрузки на колеса БП с учетом веса зерна в кузове обеспечивает возможность расчета максимального давления на отрезках передвижения БП по полю при обслуживании комбайнов для его сопоставления с регламентированным допустимым давлением.

3. Установлено, что при каждой загрузке зерна из бункера комбайна максимальное давление колес на почву увеличивается на 104 и 80 кПа у БП с четырьмя опорными колесами и на 38-50 кПа – с восемью опорными колесами, с увеличением уровня максимального давления на почву до 382-

394 кПа, что выше допустимого значения в 1,8-1,9 раза.

4. При отгрузке зерна в большегрузный БП из трех бункеров комбайнов ТОРУМ вместо возможных четырех, максимальное давление на почву снижается на 9,9 % (с 382 до 344 кПа), а при приеме зерна от двух комбайнов – на 20,9 % (с 382 до 302 кПа).

Список источников

1. Демьяновский К.Н., Руденко И.П., Оберемок В.А. К обоснованию скорости движения автомобиля при проведении уборочно-полевых работ. [Электронный ресурс]. - Научный журнал КубГАУ. - 2017. - № 128 (04). - Адрес ссылки: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/33.pdf>.

2. Чеботарев М.И., Шапиро Е.А., Черный Н.А. Опыт использования комплекса машин для уборки зерновых в хозяйствах АПК Краснодарского края. АгроСнабФорум. 2016. № 5 (144). С. 24-28.)

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

4. Абаев В.В. Требования к комплексной механизации работ уборочного комплекса //Техника и оборудование для села. - 2011. - № 5. - С. 31-33.

5. ГОСТ Р 58655–2019 Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – М.: Стандартиформ, 2019. – 6 с.

6. Скорляков В.И., Ревенко В.Ю., Дулясова М.В. Давление на почву колес бункеров-перегрузателей зерна. Техника и оборудование для села. – 2024. – № 5. – С. 29-32.

7. Орлянский, А.В., Михайленко П.А., Орлянская И.А. Имитационное моделирование уборочного процесса с применением бункера-перегрузчика зерна / А.В. Орлянский, // АгроСнабФорум. – 2017. – № 5(153). – С. 73-75. – EDN ZCQQBJ.

8. ГОСТ Р 52746-2007 Прицепы и полуприцепы. Общие технические требования. – М.: Стандартиформ. 2007. – 6 с.

References

1. Demyanovsky K. N., Rudenko I. P., Oberemok V. A. To substantiate the speed of a car during harvesting and field work. [electronic resource]. - KubGAU Scientific Journal. - 2017. - № 128 (04). - Link address: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/33.pdf>.

2. Chebotarev M.I., Shapiro E.A., Cherny N.A. The experience of using a complex of machines for harvesting grain in the farms of the agro-industrial complex of the Krasnodar Territory. AgroSnabForum. 2016. № 5 (144). pp. 24-28.)

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

4. Abaev V.V. Requirements for the complex mechanization of the harvesting complex //Machinery and equipment for the village. - 2011. - № 5. - pp. 31-33.

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

6. Skorlyakov V.I., Revenko V.Yu., Dulyasova M.V. Pressure on the soil of the wheels of grain hoppers. Machinery and equipment for the village. - 2024. – № 5. – pp. 29-32.

7. Orlyansky, A.V., Mikhaylenko P. A., Orlyanskaya I. A. Simulation modeling of the harvesting process using a grain reloading hopper / A.V. Orlyansky, // AgroSnabForum. – 2017. – № 5 (153). – Pp. 73-75. – EDN ZCQQBJ.

8. GOST R 52746-2007 Trailers and semi-trailers. General technical requirements. M.: Standartinform. 2007. - 6 p.

Информация об авторах

В.И. Скорляков – кандидат технических наук; В.Ю. Ревенко – кандидат технических наук; А.Н. Назаров – научный сотрудник; А.Н. Зазуля – доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

V. Skorlyakov – Candidate of Technical Sciences; V. Revenko – Candidate of Technical Sciences;

A. Nazarov – Scientific Researcher, A. Zazulya – Doctor of Technical Sciences, Professor.

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): 27.08.2024 Принята к публикации (Accepted): 09.10.2024