

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.33.024.2:633.1:631.559
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-72-77

Р.В. Даманский
R.V. Damanskiy

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СЕМЯН ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО РАЗБРОСНОГО ПОСЕВА

SUBSTANTIATION OF RATIONAL PARAMETERS OF SEED DISTRIBUTOR FOR SUBSOIL BROADCAST SEEDING

Ключевые слова: стрелчатая лапа, разбросной посев, равномерность высева, распределитель семян, полный факторный эксперимент, математическая модель, оптимизация.

Одним из важнейших условий увеличения производства продукции в растениеводстве является создание условий для произрастания каждого отдельного растения уже на стадии его посева. Этого можно добиться при таком распределении семян по площади, которое позволит обеспечить каждому семени необходимую зону питания, особенно в районах с недостаточным увлажнением почвы. Для возделывания зерновых в этих районах разработана технология внутрпочвенного разбросного (сплошного или широкополосового) посева и соответствующие машины. В сеялках для такого посева распределение семян по полю осуществляется при помощи специальных распределителей различных конструкций, устанавливаемых под лапу сошника. Однако успешному применению многих существующих сеялок для полосового посева препятствует их существенный недостаток – неравномерное распределение семян по площади полосы. Экспериментально определены рациональные конструктивные параметры разработанного распределителя семян лапового сошника сеялки типа СКП-2.1 «Омичка», обеспечивающего качественное распределение посевного материала по площади при полосовом посеве. Параметры распределителя получены методом полного факторного эксперимента, с помощью соответствующей математической модели равномерности распределения семян по площади. У оригинального распределителя семян оптимизировались: L – длина, H – высота, b – ширина, мм и n – количество отверстий, шт. Визуализация двумерных поверхностей отклика полученной математической

модели позволила определить рациональные параметры распределителя.

Keywords: duckfoot sweep, broadcast seeding, seeding uniformity, seed distributor, full factorial experiment, mathematical model, optimization.

One of the most important prerequisites for increasing crop production is the creation of conditions for the growth of each individual plant already at the stage of seeding. This may be achieved with such distribution of seeds over the area which will provide each seed with the necessary zone of nutrition especially in areas with insufficient soil moisture. To grow cereal crops in these areas, the technology of in-soil broadcast seeding and the corresponding machines have been developed. In seed drills for such seeding, seed distribution over the field is carried out with the help of special distributors of different designs installed under the coulter foot. However, the successful application of many existing seed drills for strip sowing is hindered by their essential disadvantage - uneven distribution of seeds over the strip area. The rational design parameters of the developed seed distributor of the tine coulter of the seeder type SKP-2.1 "Omichka" ensuring qualitative distribution of seed over the area at strip seeding are experimentally determined. The parameters of the distributor are obtained with the method of full factorial experiment with the help of the corresponding mathematical model of uniformity of seed distribution over the area. In the original seed distributor the following parameters were optimized: L - length; H - height; b - width, mm and n - number of holes, pcs. Visualization of two-dimensional response surfaces of the obtained mathematical model allowed determining the rational parameters of the spreader.

Даманский Роман Викторович, к.т.н., науч. сотр., ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Российская Федерация, e-mail: damanskiy@anc55.ru.

Damanskiy Roman Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Researcher, Omsk Agricultural Scientific Center, Omsk, Russian Federation, e-mail: damanskiy@anc55.ru.

Введение

Одним из залогов высоких урожаев в растениеводстве является качественное выполнение посевных работ в оптимальные сроки [1, 2]. При посеве зерновых культур необходимо обеспечивать не только заданную глубину заделки семян и норму их высева, но и равномерное распределение семян в почве [3].

Для осуществления посева зерновых культур в засушливых степных районах, к которым относится и Омская область, вместо широко используемого сейчас рядового посева рекомендуется технология внутривспашечного разбросного (сплошного или широкополосового) посева [4]. Процесс посева происходит в полости, образуемой под волной грунта, который приподнимает культиваторная лапа, закрепленная на стойке сошника. Семена при этом (иногда вместе с гранулами удобрений) подаются по трубкам-семяпроводам (тукопроводам) под культиваторную лапу, где специальным распределителем их поток равномерно распределяется. После прохождения лапового сошника семена сверху сразу же накрываются слоем поднятой земли, что обеспечивает им оптимальные условия для прорастания.

После такой сеялки на поле, как правило, остаются ленты шириной до 20-30 см, которые можно и состыковывать друг с другом (без междурядий). Для осуществления такого посева могут быть эффективно использованы существующие машины и комплексы – зерновые или зерно-туковые, пропашные или стерневые сеялки типа СЗС, СКП, СЗТ и др., оснащенные лаповыми сошниками и распределителями семян различных конструкций.

Проведенный нами ранее анализ известных конструкций лаповых сошников показал, что они не обеспечивают необходимой равномерности распределения семян при посеве, главным образом из-за недостатков в конструкции распределителя, либо по причине различной траектории движения семян (туков) в их семяпроводе [5, 6].

Цель работы – определение рациональных параметров распределителя семян лапового сошника сеялки типа СКП-2.1 «Омичка» для внутривспашечного разбросного посева яровой пшеницы.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования выступил оригинальный распределитель семян, представляющий собой сборную, клееную конструкцию из раструба и профилированной прямоугольной пластины, выполненную из полимерных материалов (рис. 1). Распределение семян обеспечивает прямоугольная пластина с заданными параметрами: L – длина; H – высота; b – ширина, мм; n – количество отверстий, шт.

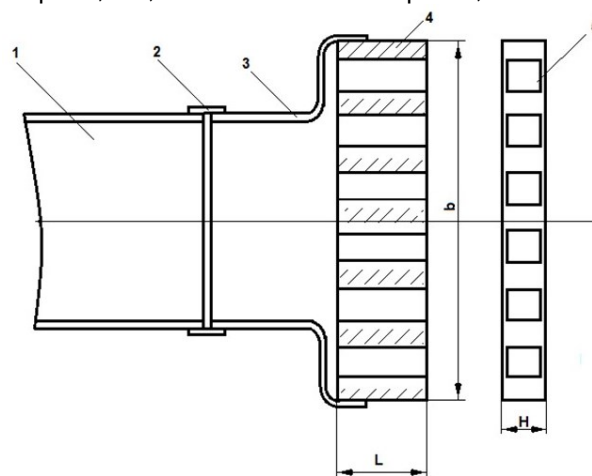


Рис. 1. Схема распределителя семян:
1 – семяпровод; 2 – соединительная муфта;
3 – раструб; 4 – пластина распределителя
 L – длина, H – высота, b – ширина, мм,
 n – количество отверстий, шт.

Экспериментальные исследования проводили в почвенном канале ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» при следующих параметрах: плотность почвы $\rho = 1,2$ г/см³, скорость движения тележки $u = 1,4$ м/с. Распределитель устанавливали на лапу сошника сеялки СКП-2.1 «Омичка», закрепленную на стойке тележки почвенного канала. На платформе тележки размещали высевной аппарат с бункером одной секции сеялки, привод аппарата обеспечивали от роликов тележки. В качестве посевного материала использовали яровую пшеницу сорта Омская 44, глубина заделки 5-6 см, норма высева 4,0-4,5 млн семян/га.

После прохода тележки по каналу сформированную полосу осторожно вскрывали мягкой кистью, всю ее ширину разбивали на квадраты со стороной 2,5×2,5 см, проводили подсчет числа семян в каждом квадрате и рассчитывали рав-

номерность распределения семян (y) по формуле (1):

$$y = \left(z_1 + \frac{z_2}{2} + \frac{z_3}{3} + \dots + \frac{z_n}{n} \right) \cdot \frac{100}{\sum_{i=1}^n z_i}, \quad (1)$$

где $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ – число квадратов;
 $1, 2, 3, \dots, n$ – число семян в квадрате.

Для найденной величины y проводили статистическую обработку и вычисляли параметры: среднее арифметическое значение \bar{r} , дисперсию σ^2 и среднее квадратичное отклонение σ (по формулам (1)-(3), а также погрешность измерения δ – доверительный интервал [7].

Однородность параллельных опытов проверяли по критерию Кохрена (G), оценку статистической значимости коэффициентов модели – по критерию Стьюдента (t), а адекватность модели – по критерию Фишера (F) [8].

Результаты и их обсуждение

Из большого разнообразия сеялок и посевных комплексов с лаповыми сошниками для внутривспашечного разбросного посева нами была рассмотрена широко распространенная в Западно-Сибирском регионе сеялка СКП-2.1 «Омичка» [9].

Эта машина предназначена для посева зерновых и зернобобовых культур и одновременно внесения удобрений (в модификациях). Ширина линии посева варьируется в пределах 17-21 см. Конструкция представленного типа сеялки позволяет выполнять одновременно ряд операций [1, 4, 10]: посев на стерневых и безотвальных стерневых фонах; полосное прикатывание почвы при посеве (прикатывающими катками); культивацию почвы при посеве; внесение минеральных гранулированных удобрений и пр. Сеялка СКП-2.1 предназначена для работы на почвах с малым увлажнением, где воздействует ветровая эрозия. Качество посева сеялки СКП-2.1 удовлетворяет основным агротехническим требованиям даже при влажности почвы до 26%, а твердости – до 20 кг/см² (в приповерхностном слое 0-10 см) [4, 9, 11].

В качестве оптимизируемых исследовали 4 основных конструктивных параметра распределителя (факторов модели): L – длина, H – высота, b – ширина, n – количество отверстий. Оптимизацию осуществляли методом ПФЭ с использованием ортогонального центрально-композиционного плана (ОЦКП) второго порядка [7]. Значения варьируемых факторов математической модели (ММ) изменяли на уровнях, приведенных в таблице.

Таблица

Уровни варьирования факторов модели равномерности распределения семян

Фактор модели (параметр распределителя)	L, мм	b, мм	H, мм	n, шт.
Кодированное обозначение	X_1	X_2	X_3	X_4
Нулевой уровень X_0	70	40	13	6
Верхний уровень $X = 1$	80	50	16	5
Нижний уровень $X = -1$	60	30	10	4
Интервал варьирования (ΔX)	10	10	3	1

Для оценки влияния параметров распределителя (факторов) на равномерность распределения зерна (y), на основании предварительных экспериментов, была выбрана ММ следующего вида (2):

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{14} X_1 X_4 + b_{23} X_2 X_3 + b_{24} X_2 X_4 + b_{123} X_1 X_2 X_3 + b_{124} X_1 X_2 X_4 + b_{134} X_1 X_3 X_4 + b_{234} X_2 X_3 X_4 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{44} X_4^2, \quad (2)$$

где $b_0, b_1, \dots, b_k, \dots, b_{44}$ – эмпирические коэффициенты;

X_1, X_2, X_3 – кодированные значения факторов;

$X_1 X_2; X_1 X_3, \dots, X_2 X_3, \dots, X_1 X_2 X_3, \dots$ – сочетания факторов;

$X_1^2; X_2^2; X_3^2$ – квадраты факторов.

В результате обработки результатов экспериментов была получена ММ, которая в раскодированном виде записывается следующим уравнением:

$$y = 0,84236 + 0,005298L + 0,008886b - 0,01137H - 0,01124n + 0,00423Lb - 0,00533LH - 0,00621Ln - 0,00533bH - 0,04014L^2 - 0,0566b^2 - 0,06204H^2 - 0,0365n^2. \quad (3)$$

Расчёты по этой ММ позволили построить графики зависимости равномерности распределения семян (y) от сочетания различных пар факторов (рис. 2-4), по которым можно легко найти интересующие нас рациональные конструктивные параметры распределителя семян.

Так, на рисунке 2а приведены поверхность $y = f(L, b)$, а на рисунке 2б – ее соответствующие сечения – кривые равномерности распределения семян в зависимости от длины распределителя L .

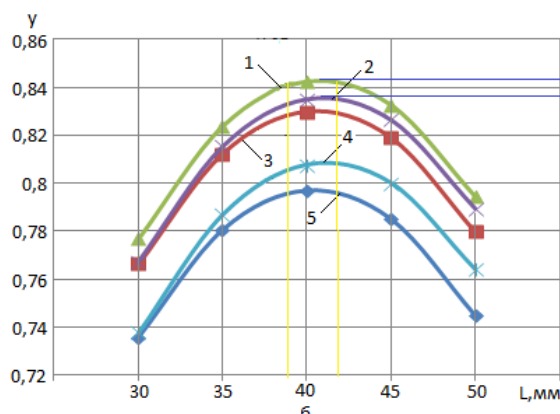
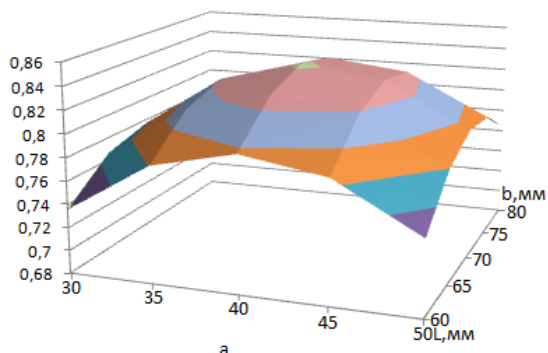


Рис. 2. Поверхность (а) и кривые (б) распределения равномерности семян в зависимости от длины L и ширины b распределителя:
 1 – $b = 70$ мм; 2 – $b = 75$ мм; 3 – $b = 65$ мм; 4 – $b = 80$ мм; 5 – $b = 60$ мм

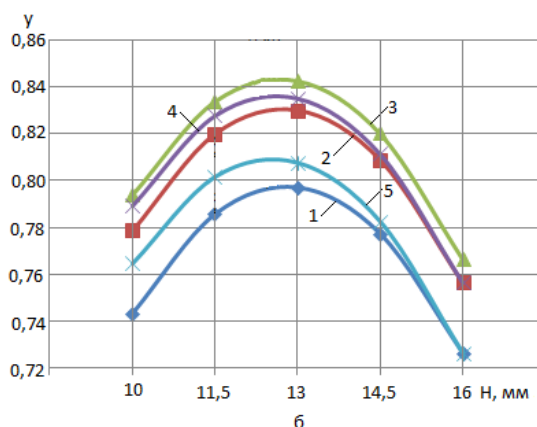
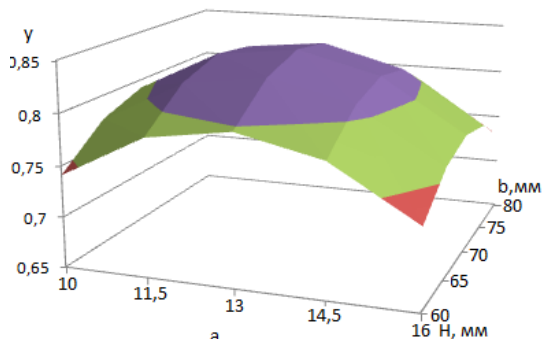


Рис. 3. Поверхности (а) и кривые (б) распределения равномерности семян в зависимости от высоты H и ширины b распределителя:
 1 – $b = 60$ мм; 2 – $b = 65$ мм; 3 – $b = 70$ мм; 4 – $b = 75$ мм; 5 – $b = 80$ мм

На рисунке 4 приведена поверхность распределения равномерности семян в зависимости от количества отверстий n и ширины b распределителя семян. Отметим, что аналогичный вид имеет и поверхность, описывающая зависимость $y = f(n, L)$. Оптимальное количество отверстий распределителя – 5.

Аналогично, на рисунке 3а приведена поверхность $y = f(H, b)$, а на рисунке 3б – кривые равномерности распределения семян в зависимости от высоты распределителя. Из рисунка 3б

Анализ поверхностей, представленных на рисунке 2а, показывает, что поверхности имеют выпуклый характер, по форме напоминающий параболоид. Кривые же на рисунке 2б позволяют определить оптимальные значения длины и ширины распределителя семян. Из рисунка 1б следует, что оптимальное значение длины L находится в пределах 39-43 мм, а ширины b – 70-75 мм.

следует, что оптимальное значение высоты распределителя семян H находится в пределах 12-13 мм.

Выводы

1. Получена математическая модель, устанавливающая связь между равномерностью распределения семян в полосе и основными конструктивными (геометрическими) параметрами распределителя семян, в виде:

$$y = 0,84236 + 0,005298L + 0,008886b - 0,01137H - 0,01124n + 0,00423Lb - 0,00533LH - 0,00621Ln - 0,00533bH - 0,04014L^2 - 0,0566b^2 - 0,06204H^2 - 0,0365n^2.$$

2. Установлены рациональные параметры распределителя семян: длина $L = 39-43$ мм, ширина $b = 70-75$ мм, высота $H = 12-13$ мм, количество отверстий $n = 5$ шт.

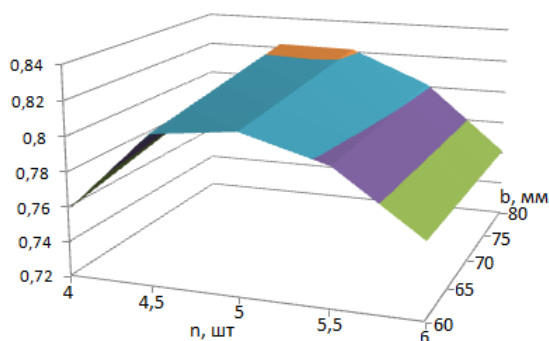


Рис. 4. Поверхность распределения равномерности семян в зависимости от числа отверстий n и ширины b распределителя семян:

**1 – $b = 60$ мм; 2 – $b = 65$ мм; 3 – $b = 70$ мм;
4 – $b = 75$ мм; 5 – $b = 80$ мм**

Библиографический список

1. Савельев, В. А. Растениеводство: учебное пособие / В. А. Савельев. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 316 с. – Текст: непосредственный.

2. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России / Ю. Ф. Лачуга [и др.]. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с. – Текст: непосредственный.

3. Демчук, Е. В. Равномерность распределения семян зерновых культур двухленточным сошником / Е. В. Демчук, И. Д. Кобяков. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 2. – С. 21-23.

4. Механизация процессов селекции, земледелия и растениеводства: монография / В. А. Домрачев [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2011. – 190 с. – Текст: непосредственный.

5. Формирование технологических условий орудий для разуплотнения почвы / Р. В. Даманский, М. С. Чекусов, А. А. Кем [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (46). – С. 138-144.

6. Исследование влияния траектории движения частиц в семяпроводе сошника при посеве зерновых культур / Р. В. Даманский, Л. С. Керученко, М. С. Чекусов, [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (48). – С. 193-199.

7. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алёшкин, П. М. Рощин. – Москва: Наука, 1980. – 168 с. – Текст: непосредственный.

8. Спирина, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекций / Н. А. Спирина, В. В. Лавров; под общей редакцией Н. А. Спирина. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2004. – 257 с. – Текст: непосредственный.

9. Сеялка «Омичка» СКП-2.1: официальный сайт ООО «СибзаводАгро» – URL: <https://sibzavodagro.ru/tehnika/posevnaya/seyalka-skp-21?ysclid=luuvnw1fbo451012416> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

10. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений / М. С. Чекусов, А. А. Кем, Е. М. Михальцов [и др.]. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – Т. 52, № 1. – С. 90-99.

11. Результаты лабораторных исследований сошника для разноуровневого высева семян и внесения удобрений / Е. В. Демчук, У. К. Сабиев, В. В. Мяло. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 3. – С. 12-18.

References

1. Rastenievodstvo: uchebnoe posobie / V.A. Savelev. – 2-e izd., dop. – Sankt-Peterburg: Lan, 2019. – 316 s.

2. Strategiiia mashinno-tekhnologicheskoi modernizatsii selskogo khoziaistva Rossii / Iu.F. Lachuga [i dr.]. – Moskva: FGNU "Rosinformagrotekh", 2009. – 80 s.

3. Demchuk, E.V. Ravnomernost raspredeleniia semian zernovykh kultur dvukhlentochnym soshnikom / E.V. Demchuk, I.D. Kobiakov // Traktory i selkhoz mashiny. – 2012. – No. 2. – S. 21-23.

4. Mekhanizatsiia protsessov selektsii, zemledeliia i rastenievodstva: monografiia / V.A. Domrachev [i dr.]. – Omsk: Izd-vo OmGAU im. P.A. Stolypina, 2011. – 190 s.

5. Damanskii, R.V., Formirovanie tekhnologicheskikh uslovii orudii dlia razuplotneniia pochvy. / R.V. Damanskii, M.S. Chekusov, A.A. Kem, E.M. Mikhaltsov, A.N. Shmidt // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 2 (46). – S. 138-144.

6. Damanskii, R.V., Keruchenko L.S., Chekusov M.S., Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Shmidt A.N. Issledovanie vliianiia traektorii dvizheniia chastits v semiaprovide soshnika pri poseve zernovykh kultur / R.V. Damanskii, L.S. Keruchenko, M.S. Chekusov, A.A. Kem, E.M. Mikhaltsov, A.N. Shmidt // Vestnik Omskogo GAU. – 2022. – No. 4 (48). – S. 193-199.

7. Melnikov, S.V. Planirovanie eksperimenta v issledovaniiah selskokhoziaistvennykh protsessov / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshchin. – Moskva: Nauka, 1980. – 168 s.

8. Spirin, N.A. Metody planirovaniia i obrabotki rezultatov inzhenernogo eksperimenta: konspekt lektsii / N.A. Spirin, V.V. Lavrov / pod obshch. red.

N.A. Spirina. – Ekaterinburg: Izd-vo UGTU-UIPI, 2004. – 257 s.

9. Seialka «Omichka» SKP-2.1: ofitsialnyi sait OOO «SibzavodAgro». – Rezhim dostupa: <https://sibzavodagro.ru/tehnika/posevnaya/seyalka-skp-21?ysclid=luuvnw1fbo451012416> (10.04.2024).

10. Chekusov, M.S., Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Shmidt A.N., Damanskii R.V. Vozdeleyvanie pshenitsy v zavisimosti ot sposoba poseva i vneseniia azotnykh udobrenii / M.S. Chekusov, A.A. Kem, E.M. Mikhaltsov, A.N. Shmidt, R.V. Damanskii // Sibirskii vestnik selskokhoziaistvennoi nauki. – 2022. – T. 52. – No. 1. – S. 90-99.

11. Demchuk E.V., Sabiev U.K., Mialo V.V., Chupin P.V., Koval V.S. Rezultaty laboratornykh issledovaniu soshnika dlia raznourovnevnogo vyseva semian i vneseniia udobrenii // Traktory i selkhoz-mashiny. – 2019. – No. 3. – S. 12-18.



УДК 631.372:631.51

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-77-84

Н.И. Селиванов, С.В. Грищенко, И.В. Власов
N.I. Selivanov, S.V. Grishchenko, I.V. Vlasov

РАЦИОНАЛЬНЫЕ УРОВНИ БАЛЛАСТИРОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ 4К4А ТРАКТОРОВ КИТАЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

RATIONAL LEVELS OF DEAD WEIGHT LOADING OF WHEELED 4K4A TRACTORS MADE IN CHINA

Ключевые слова: колесный трактор, параметр-адаптер, уровень балластирования, технология почвообработки, потенциальные возможности.

Цель работы – обоснование рациональных уровней балластирования колесных 4к4а тракторов «Lovol» и «Agroarollo» на операциях почвообработки разной энергоёмкости. Практика производственной эксплуатации китайских тракторов указанных моделей номинальной мощностью 60-102 кВт с регулируемой в диапазоне 18-24%-ной эксплуатационной массой, представляющих основу (59%) обновления парка сельских

товаропроизводителей Красноярского края, показывает, что отсутствие конкретных рекомендаций официальных дилеров по их адаптации к операционным технологиям почвообработки разной энергоёмкости приводит к существенному снижению уровня реализации потенциальных возможностей и повышению топливных затрат из-за неправильного балластирования. В качестве основных параметров-адаптеров трактора к технологическому процессу приняты эталонная удельная, отнесенная к единице реализуемой мощности двигателя, масса $m_{удэ}^*$ в номинальном тягово-скоростном режиме $\varphi_{крн} = 0,400$ и $V_{н1}^* = 2,50$ м/с и абсцисса центра