

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПЛАВАЮЩЕГО ТРАНСПОРТЕРА НА СЕПАРИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДНИЩА НАКЛОННОЙ КАМЕРЫ

INFLUENCE OF THE SPEED OF THE FLOATING CONVEYOR ON THE SEPARATING ABILITY OF THE BOTTOM OF THE INCLINED CHAMBER

В.Н. ОЖЕРЕЛЬЕВ, д.с.-х.н.

В.В. НИКИТИН, к.т.н.

В.Ф. КОМОГОРЦЕВ, к.ф.-м.н.

Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия, vicoz@bk.ru

V.N. OZHEREL'EV, DSc in Agriculture

V.V. NIKITIN, PhD in Engineering

V.F. KOMOGORCEV, PhD in Physics and Mathematics

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia,
vicoz@bk.ru

Представлены результаты лабораторного эксперимента, подтверждающие возможность предварительной сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха до его поступления в молотильную камеру зерноуборочного комбайна. В частности, предложено снабдить наклонную камеру специальным перфорированным решетчатым днищем, имеющим продолговатые отверстия прямоугольной формы. Все исследования производились на пшенице сорта Московская 56. Влажность зерна составляла порядка 12 %. Скорость движения плавающего транспортера имела шесть уровней варьирования в пределах 0,5...3 м/с. Угол наклона экспериментальной установки к горизонту был принят равным 45°. Подача очесанного зернового вороха составляла порядка 10 кг/с при содержании в нем 80 % свободного зерна. Так, по результатам научных исследований установлено, по мере увеличения скорости плавающего транспортера количество свободного зерна, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища уменьшается, а количество сошедшего с него зерна, наоборот, возрастает. При этом максимальный сход свободного зерна (31,3 %) соответствует максимальной скорости плавающего транспортера (3 м/с). Это обусловлено тем, что при проведении серии экспериментов длина сепарирующей решетки оказалась недостаточной. Для этого рассмотрен характер процесса предварительной сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха по длине решетчатого днища. Экстраполяция указанного процесса показывает, что длина решетчатого днища, обеспечивающая полное выделение свободного зерна из очесанного зернового вороха, должна быть не менее 1,17 м. Практическое внедрение такого технического решения в конструкцию современного зерноуборочного комбайна позволит увеличить его производительность при очесывании растений на корню, надежно исключив при этом вероятность дробления свободного зерна рабочими органами молотильного устройства.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, очес, наклонная камера, решетчатое днище, предварительная сепарация очесанного зернового вороха.

The results of a laboratory experiment confirming the possibility of preliminary separation of free grain from a combed grain heap prior to its entry into the threshing chamber of a combine harvester are presented. In particular, it is proposed to provide the inclined chamber with a special perforated trellised bottom having elongated holes of a rectangular shape. All research was carried out on the wheat of the variety called Moscow 56. The moisture content of the grain was about 12 %. The speed of the floating conveyor had six levels of variation within the range of 0,5 ... 3 m/s. The angle of inclination of the experimental setup to the horizon was assumed equal to 45 °. The feeding of the combed grain heap was about 10 kg / s with the content of 80% of free grain in it. So according to the results of scientific research it is established that as the speed of the floating conveyor increases, the amount of free grain of the grating bottom that has passed through the holes decreases, and the amount of grain that has descended from it, on the contrary, increases. In this case, the maximum free grain (31,3 %) corresponds to the maximum speed of the floating conveyor (3 m/s). This is due to the fact that during the series of experiments, the length of the separation grid was insufficient. For this purpose, the nature of the process of preliminary separation of free grain from the tow grain heap along the length of the lattice bottom is considered. Extrapolation of this process shows that the length of the lattice bottom, which ensures the complete liberation of free grain from the tow grain heap, should be not less than 1,17 m. The practical implementation of such a technical solution in the construction of a modern combine harvester will increase its productivity when combing plants on the root, while at the same time excluding the possibility of crushing free grain by the working bodies of the threshing device.

Keywords: combine harvester, tow, inclined chamber, lattice bottom, preliminary separation of combed grain heap.

Введение

По итогам 2016 года Россия впервые заработала на экспорте сельскохозяйственных товаров и продовольствия больше, чем на продаже оружия. Таким образом, наша страна вышла на первое место в мире по экспорту зерновых, обогнав при этом Соединенные Штаты Америки. Согласно данным Министерства сельского хозяйства, валовой сбор зерна в стране составил рекордные 120 миллионов тонн при средней урожайности 30 ц/га, а в 2017 году аналогичный показатель его превысил и достиг уровня 140 миллионов тонн. В связи с этим изыскание технических возможностей по обеспечению качественной и своевременной уборки зерновых культур является актуальной научной задачей.

Многолетние исследования и практический опыт свидетельствуют о том, что указанным требованиям наиболее полно отвечает технология очесывания растений на корню [1]. Это обусловлено тем, что при таком способе уборки снижается поступление хлебной массы в молотильное устройство. В результате этого производительность комбайна повышается в 1,5...2 раза по сравнению с традиционной жаткой, что влечет за собой значительное сокращение сроков проведения уборочной кампании, и как следствие этого, уменьшение потерь зерна от самоосыпания. Однако ввиду того, что очесанный зерновой ворох содержит до 80 % свободного зерна, то при таком способе уборки наблюдается его чрезмерное дробление (порядка 12...14 %) рабочими органами молотилки, что ограничивает очес от широкого применения [2].

Одним из вариантов решения такой проблемы служит предварительная сепарация свободного зерна до его поступления в молотильную камеру зерноуборочного комбайна. Это достигается за счет снабжения днища наклонной камеры специальной сепарирующей решеткой [3], оптимальными параметрами которой являются: ее длина, равная 0,95 м, а также размер прямоугольных отверстий 160×8 мм [4]. Практическая реализация такого технического решения обеспечивает максимальный проход свободного зерна (до 70 %), что исключает вероятность его дробления рабочими органами молотилки и направляет последнее на очистку, минуя молотильную камеру.

Поскольку предварительное выделение свободного зерна из очесанного зернового вороха удалось осуществить только в последние годы [5, 6], то не все технологические параметры процесса изучены до конца. В частности, не известно влияние скорости плавающего транспортера на сепарирующую способность днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна при работе с очесывающим адаптером.

Цель исследований

Целью исследования является исследование влияния скорости плавающего транспортера на сепарирующую способность днища наклонной камеры и определение ее оптимальных параметров.

Методика исследований

Для исследования процесса предварительной сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха авторами была разработана экспериментальная установка, имитирующая работу скребкового плавающего транспортера наклонной камеры зерноуборочного комбайна (рис. 1). Она состоит из корпуса 1, скребкового транспортера 2, решетчатого днища 3 и емкости 4 для сбора свободного зерна 5. Привод установки осуществлялся от электродвигателя 6 посредством цепной передачи 7. Регулировка скорости транспортера выполнялась при помощи частотного преобразователя 8 «Веспер» Е2-8300.

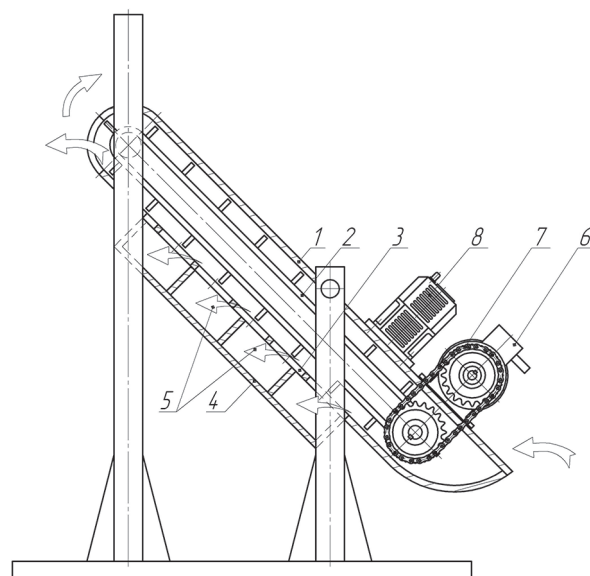


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Исследования производились на пшенице сорта «Московская 56». Влажность зерна составляла порядка 12 % (определялась весовым методом в межкафедральной лаборатории Брянского ГАУ). Скорость движения транспортера имела шесть уровней варьирования в пределах 0,5...3 м/с. Максимальное значение скорости выбрано в соответствии с аналогичным параметром работы большинства современных зерноуборочных комбайнов [7, 8]. Угол наклона экспериментальной установки к горизонту был принят равным 45°. Подача очесанного зернового вороха составляла 10 кг/с при содержании в нем 80 % свободного зерна. Длина съемного решетчатого днища равнялась 0,95 м, а ее прямоугольные отверстия имели размеры 160×8 мм.

В качестве выходного параметра было принято количество свободного зерна прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища экспериментальной установки. Каждый вариант опыта проведен с десятикратной повторностью. Таким образом, всего было учтено и обработано 60 опытов.

Результаты исследований и их обсуждения

Полученные данные были обработаны в программах STATISTICA и Excel. По ним построен график (рис. 2), характеризующий зависимость количества свободного зерна прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища от скорости плавающего транспортера. Наиболее адекватной моделью (с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,976$) для него является полиномиальная кривая второго порядка. Уравнение регрессии имеет вид:

$$C = -5,148v^2 + 4,426v + 99,847,$$

где C – количество свободного зерна прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища, %; v – скорость плавающего транспортера, м/с.

Анализ полученной зависимости (рис. 2) свидетельствует о том, что по мере увеличения скорости плавающего транспортера количество свободного зерна прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища уменьшается, а количество сошедшего с него зерна, наоборот, возрастает. При этом максимальный сход свободного зерна (31,3 %) наблюдается при максимальной скорости плавающего транспортера (3 м/с) и влечет за собой его поступление в молотильную камеру зерноубороч-

ного комбайна с последующим дроблением. Это обусловлено тем, что при проведении серии экспериментов со скоростью плавающего транспортера, находящейся в интервале 1,0...3,0 м/с, длина сепарирующей решетки оказалась недостаточной. Таким образом, для исключения поступления свободного зерна в молотильную камеру зерноуборочного комбайна необходимым и достаточным является ее увеличение.

С целью выявления характера процесса сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха по длине решетчатого днища, производилась регистрация его количества на четырех контрольных участках (см. рис. 2 и рис. 3). При этом за стопроцентное количество свободного зерна принято начало проведения эксперимента на момент его поступления в корпус установки. Расчет количества свободного зерна, поступившего на второй контрольный участок (81 %), определен разницей между предыдущим значением (100 %) и количеством свободного зерна прошедшего сквозь отверстия на первом контрольном участке (19 %) (рис. 3, е). Аналогичным образом были получены и остальные значения (62,95, 46,6 и 31,3 % соответственно).

Оценка убывания свободного зерна из очесанного зернового вороха по длине поверхности сепарирования (рис. 3, е) свидетельствует о наличии резерва для повышения степени

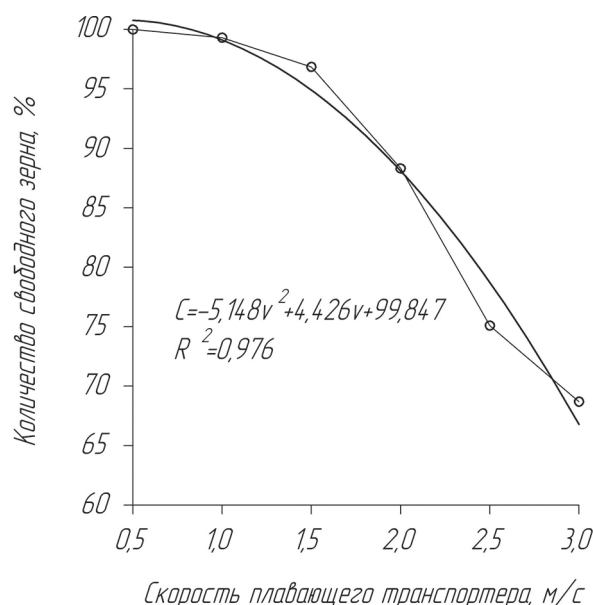


Рис. 2. Изменение количества свободного зерна прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища в зависимости от скорости плавающего транспортера

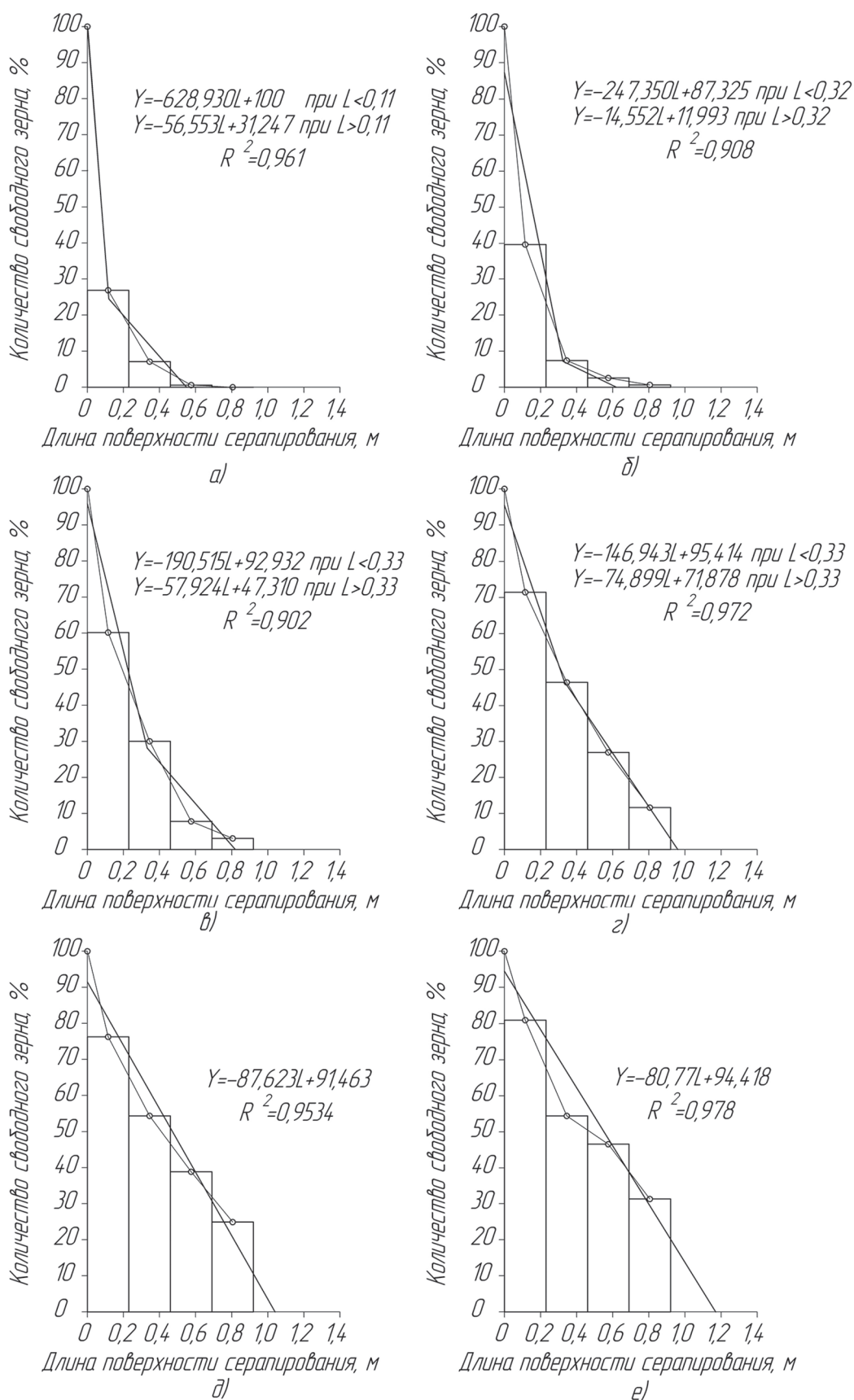


Рис. 3. Убывание свободного зерна из очесанного зернового вороха по длине поверхности сепарирования при скорости транспортера:

а – $v = 0,5$ м/с; б – $v = 1,0$ м/с; в – $v = 1,5$ м/с; г – $v = 2,0$ м/с; д – $v = 2,5$ м/с; е – $v = 3,0$ м/с

сепарации. С высокой степенью вероятности ($R^2 = 0,978$) линия тренда прямолинейна и имеет вид

$$Y = -80,77L + 94,418,$$

где Y – текущий остаток зерна в ворохе, в процентах от ее исходной массы, имевшейся в начале процесса сепарации; L – длина сепарирующей поверхности, м.

Экстраполяция графика функции показывает, что длина решетчатого днища, обеспечивающая полное выделение свободного зерна из очесанного зернового вороха, должна быть не менее $x = 1,17$ м.

По аналогичной методике были получены и остальные значения длины решетчатого днища (рис. 3, а, 3, д) при различной скорости плавающего транспортера (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 м/с). При этом для некоторых данных функция убывания свободного зерна была представлена как линейная регрессия с точкой разрыва. По ним получена зависимость длины сепарирующей поверхности наклонной камеры зерноуборочного комбайна от скорости плавающего транспортера (рис. 4). Уравнение регрессии представляет собой прямолинейный вид ($R^2 = 0,984$)

$$L = 0,257v + 0,41,$$

где L – длина сепарирующей поверхности, м;
 v – скорость плавающего транспортера, м/с.

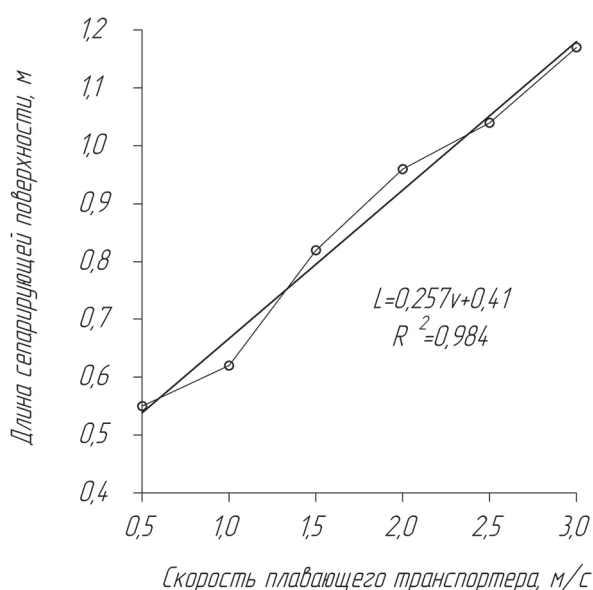


Рис. 4. Зависимость длины сепарирующей поверхности экспериментальной установки от скорости плавающего транспортера

Представленный график свидетельствует о том что, по мере увеличения скорости плавающего транспортера длина днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна возрастает. Так, при увеличении скорости плавающего транспортера в 6 раз (от 0,5 м/с до 3 м/с) необходимая минимальная длина днища наклонной камеры увеличилась более чем в 2 раза и составляет порядка 1,17 м. Такое техническое решение может быть реализовано в наклонной камере зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье GS-12», имеющей длину порядка 1,3 м.

Заключение

Результаты эксперимента позволяют сделать следующие выводы.

1. Эффективная сепарация свободного зерна из очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры зерноуборочного комбайна возможна.
2. Для обеспечения максимальной сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха длина решетчатого днища должна быть не менее 1,17 м.
3. Улучшить сепарацию свободного зерна возможно за счет более полного отделения легких примесей из очесанного зернового вороха непосредственно в корпусе очесывающего адаптера путем снабжения его задней стенки пластинчатым сепаратором [9].

Литература

1. Жалнин Э.В. Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. 2013. № 8. С. 10–12.
2. Шабанов Н.П. Разработка и обоснование устройства для сепарации очесанного зернового вороха в наклонной камере зерноуборочного комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Симферополь, 1997. 26 с.
3. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Наклонная камера зерноуборочного комбайна: патент на изобретение № 2566015, Российская Федерация. Опубликовано 20.10.2015. Бюл. № 29.
4. Никитин В.В., Ожерельев В.Н. Влияние размеров отверстий решетчатого днища наклонной камеры на его сепарирующую способность // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Ч. 1. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2017. С. 8–12.

5. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Предварительная сепарация очесанного зернового вороха в наклонной камере // Агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета. Ч. 1. Воронеж: Воронежский ГАУ имени Петра I, 2015. С. 165–170.
6. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Комогорцев В.Ф. Наклонная камера зерноуборочного комбайна // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 65–70.
7. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2003. 624 с.
8. Жалнин Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России. М.: ПОЛИГРАМ СЕРВИС, 2012. 368 с.
9. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Устройство для обмолота растений на корню: патент на изобретение № 2566017, Российская Федерация. Опубликовано 20.10.2015., Бюл. № 29.
4. Nikitin V.V., Ozherel'ev V.N. The effect of the dimensions of the holes of the lattice bottom of the inclined chamber on its separating ability. Rol' agrarnoj nauki v razvitii APK RF: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu FGBOU VO Voronezhskij GAU [The role of agrarian science in the development of the agrarian and industrial complex of the Russian Federation: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 105th anniversary of Voronezh State Agrarian University]. CH. 1. Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2017, pp. 8–12 (in Russ.).
5. Ozherel'ev V.N., Nikitin V.V. Preliminary separation of tow grain heaps in an inclined chamber. Agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu agroinzhenernogo fakul'teta [Agro-industrial complex at the turn of the century: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of the agro-engineering faculty]. CH. 1. Voronezh: Voronezhskij GAU imeni Petra I, 2015, pp. 165–170 (in Russ.).
6. Ozherel'ev V.N., Nikitin V.V., Komogorcev V.F. Inclined chamber of combine harvester. Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii. 2016. No 3, pp. 65–70 (in Russ.).
7. Halanskij V.M., Gorbachev I.V. Sel'skhozaystvennye mashiny [Agricultural machinery]. Moscow: KolosS Publ., 2003. 624 p.
8. ZHalnin E.H.V. Metodologicheskie aspekty mekhanizacii proizvodstva zerna v Rossii [Methodological aspects of mechanization of grain production in Russia]. Moscow: POLIGRAM SERVIS Publ., 2012. 368 p.
9. Ozherel'ev V.N., Nikitin V.V. Ustrojstvo dlya obmolota rastenij na korny [Device for threshing plants on the root]: patent na izobretenie No 2566017, Rossijskaya Federaciya. Opublikovano 20.10.2015., Byul. No 29.

References

1. ZHalnin E.H.V. Harvesting with a tow on a root: for and against. Sel'skij mekhanizator. 2013. No 8, pp. 10–12 (in Russ.).
2. SHabanov N.P. Razrabotka i obosnovanie ustrojstva dlya separacii ochesannogo zernovogo voroha v naklonnoj kamere zernouborochnogo kombajna: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Development and justification of the device for separation of tow grain heap in an inclined chamber of a combine harvester: Dissertation for degree of candidate of technical sciences]. Simferopol', 1997. 26 p.
3. Ozherel'ev V.N., Nikitin V.V. Naklonnaya kamera zernouborochnogo kombajna [Inclined chamber of combine harvester]: patent na izobretenie No 2566015, Rossijskaya Federaciya. Opublikovano 20.10.2015. Byul. No 29.