

**Оценка особенностей методики обоснования режимно-конструктивных параметров
транспортера валковой порционной жатки**

**Иван Николаевич Глушков¹, Алексей Сергеевич Грецов², Игорь Владимирович Герасименко¹,
Марат Рустамович Курамшин¹, Сергей Сергеевич Пашинин¹, Игорь Игоревич Огнев³**

¹ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, Россия

² ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», г. Самара, Россия

³ ФГАУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: i-n-g2012@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются способы уборки зерновых культур. Акцент сделан на раздельном способе, подразумевающем использование валковых жаток. Рассмотрен вариант валковой жатки, работающей по порционной технологии. Проанализирована стандартная методика обоснования оптимальных параметров и режимов работы транспортера жатки. В результате установлено, что такая методика не подходит для установления соответствующих показателей транспортера порционной жатки в силу ее технико-технологических особенностей. Предложена и обоснована частная методика для определения оптимальных режимов и параметров транспортера порционной жатки, учитывающая ее конструктивно-технологические особенности и возможность минимизации потерь зерна, а в заключении приведены результаты ее применения.

Ключевые слова: уборка зерновых; раздельная уборка; валковая жатка; порционная технология; транспортер жатки.

Для цитирования: Глушков И. Н., Грецов А. С., Герасименко И. В., Курамшин М. Р., Пашинин С. С., Огнев И. И. Оценка особенностей методики обоснования режимно-конструктивных параметров транспортера валковой порционной жатки // Аграрный научный журнал. 2023. № 5. С. 112–119. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i5pp112-119](http://10.28983/asj.y2023i5pp112-119).

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Evaluation of the features of the methodology for substantiating the operational
and design parameters of the harvester conveyor, which works according to the batch method**

**Ivan N. Glushkov¹, Alexey S. Gretsov², Igor V. Gerasimenko¹, Marat R. Kuramshin¹, Sergey S. Pashinin¹,
Igor I. Ognev³**

¹Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

²Samara State Agrarian University, Samara, Russia

³Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

e-mail: i-n-g2012@yandex.ru

Abstract. The article discusses the methods of harvesting grain crops. The emphasis is placed on a separate method involving the use of roller harvesters. A variant of a roller harvester operating by batch technology is considered. The standard methodology of substantiation of optimal parameters and modes of operation of the harvester conveyor is analyzed. As a result, it was found that such a technique is not suitable for establishing the appropriate indicators of the conveyor of the batch header due to its technical and technological features. A particular technique for determining the optimal modes and parameters of the conveyor of a batch harvester is proposed and justified, taking into account its design and technological features and the possibility of minimizing grain losses, and in conclusion the results of its application are presented.

Keywords: grain harvesting; separate harvesting; roller harvester; batch technology; harvester conveyor.

For citation: Glushkov I. N., Gretsov A. S., Gerasimenko I. V., Kuramshin M. R., Pashinin S. S., Ognev I. I. Evaluation of the features of the methodology for substantiating the operational and design parameters of the harvester conveyor, which works according to the batch method // The Agrarian Scientific Journal. 2023;(5):112–119. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i5pp112-119](http://10.28983/asj.y2023i5pp112-119).





Введение. Уборка урожая является одним из важнейших этапов возделывания зерновых культур. Если все предшествующие операции влияют на количественные и качественные показатели самой культуры, то уборочный процесс направлен, прежде всего, на то, чтобы уже имеющийся урожай удалось собрать с наименьшими потерями. Уборка, как известно [1, 2], может осуществляться двумя способами – прямым комбайнированием с применением зерноуборочных комбайнов и раздельным способом, при котором хлебостой сначала укладывается для дозревания в валки посредством валковых жаток, а потом с помощью подборщика поступает на обмолот в молотильный аппарат комбайна. Особенности работы жаток в обоих случаях имеют как общие черты, так и различия [1]. Особенности прямого комбайнирования подробно раскрываются в работах ряда авторов [4–7]. Ключевые аспекты функционирования валковых жаток и особенности подбора валков отражены в работах [1, 2, 8].

В целях повышения эффективности и качества раздельного способа уборки зерновых на базе Оренбургского ГАУ под руководством профессора М.М. Константинова была разработана конструкция порционной жатки, обоснованы режимы и параметры ее функционирования, описана сущность ее технологического процесса, а также предложены модификации данной машины для различных условий работы [1, 8].

Методика исследований. Из работ, посвященных данной жатке [8–10], видна важность корректного подбора конструктивно-габаритных и режимных параметров ее транспортирующего устройства.

Рассмотрим возможность применения стандартной методики определения оптимальных параметров и режимов функционирования транспортера валковой жатки для рассматриваемого случая. Отметим, что такая методика в качестве одного из основных критериев корректности режимов и параметров работы транспортирующего устройства валковой жатки подразумевает формирование валка скошенной массы с оптимальными параметрами, при этом особое значение предается ширине такого валка. Также стоит сказать, что она базируется на следующем моменте: срезанный стеблестой, попадающий на транспортер, не усваивает скорость последнего моментально, поскольку имеет место определенное проскальзывание. Скошенная масса приходит в движение за счет силы трения F , которая возникает между полотном ней и лентой транспортирующего устройства. Перемещение стеблей происходит с наибольшим ускорением a , м/с^2 , которое лента может им передать [3].

Так как

$$F = fmg = mk, \quad (1)$$

для полотна, наклоненного под углом β к горизонту,

$$k = g(f \cos \beta - \sin \beta), \quad (2)$$

где β – коэффициент трения [1].

Время t , за которое перемещаемая скошенная масса приобретает скорость ленты v_p , с учетом предыдущего выражения будет равно

$$t = \frac{v_p}{g(f \cos \beta - \sin \beta)} \quad (3)$$

Расстояние l , м, которое преодолит активная зона транспортера, будет описываться выражением, представленным ниже

$$l = \frac{v_p^2}{2g(f \cos \beta - \sin \beta)} \quad (4)$$

Угол наклона ленты транспортирующего устройства (рис. 1) определяется из условия обеспечения равномерной подачи хлебной массы.

Для этого требуется обязательное соблюдение следующей закономерности:

$$F = G \sin \beta + P, \quad (5)$$

откуда

$$\text{tg} \varphi \geq \text{tg} \beta + \frac{a}{g \cos \beta}. \quad (6)$$

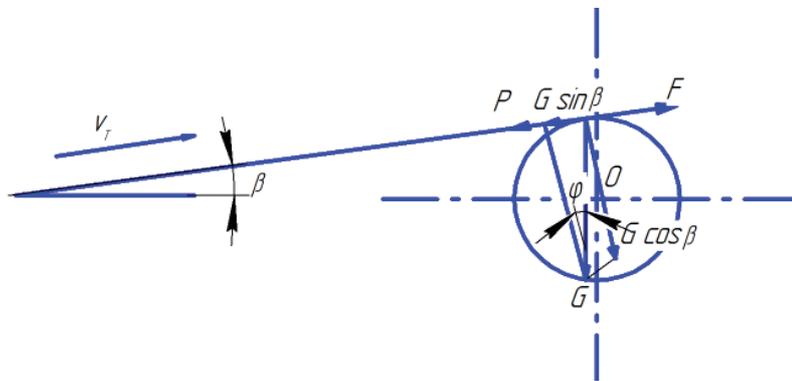


Рис. 1. Схема определения угла наклона транспортирующего устройства

Соответственно, значение угла наклона не должно быть больше значения угла трения между массой и скошенным хлебостоем и лентой [1, 2].

Загрузка транспортера зависит от ширины захвата B и скорости движения жатки, а также урожайности Q , ц/га, культуры в конкретно взятых условиях. За единицу времени на ленту транспортера поступит q_{II} массы срезанного хлебостоя [1, 3]:

$$q_{II} = 0,01Bv_M Q, \quad (7)$$

где v_M – скорость машины.

Толщина слоя скошенной массы h по ходу движения активной зоны транспортера возрастает и достигает своего наибольшего значения перед выгрузным окном. С учетом данного момента и значения показателя длины стеблестоя l_c и скорости движения транспортирующего устройства v_T количество выгружаемой за единицу времени в выгрузное окно хлебной массы q_c , кг/с, может быть установлено следующим образом:

$$q_c = \rho_c l_c h v_T, \quad (8)$$

где ρ_c – плотность слоя срезанной массы на транспортерной ленте, кг/м³.

Условием непрерывности и равномерности выгрузки массы будет выступать равенство показателей количества поступающего на ленту массы срезанного хлебостоя за единицу времени (7) и количества массы (8), выгружаемой за единицу времени в окно жатки. В соответствии с этим толщина слоя массы перед ее выгрузкой с транспортирующего устройства может быть выражена следующей закономерностью:

$$h = \frac{0,01Bv_M Q}{\rho_c l_c v_T} \leq H_{во}, \quad (9)$$

где $H_{во}$ – высота выбросного окна.

При этом ширина валка не должна быть больше ширины подбирающего устройства при реализации второй фазы раздельной уборки.

Далее, согласно рассматриваемой методике, необходимо проанализировать и описать момент схода хлебной массы с транспортирующего устройства валковой жатки. В точке отрыва выгружаемого валка от ленты на массу в общем смысле оказывают воздействие два вида сил – центробежная сила P_{II} и, очевидно, сила тяжести скошенной массы G . Соответственно, отделение валковой массы от транспортирующего устройства может быть реализовано при соблюдении следующей математической зависимости:

$$P_{II} = m\omega^2 r \geq mg = G, \text{ или } \omega^2 r \geq g, \quad (10)$$

где ω – угловая скорость, r – радиус, на основании чего можно записать следующее:

$$\frac{v_T^2}{r} \geq g, \text{ или } v_T \geq \sqrt{gr}. \quad (11)$$



В итоге, согласно рассматриваемой методике, после ряда стандартных математических преобразований можно записать выражение, определяющее ширину валка при его стандартном способе выгрузки:

$$b_v = X_{C_1} - X_{A_1} \leq b_{\text{подб}}, \quad (12)$$

Из выражения (12) видно, что ширина валка находится в зависимости от толщины слоя хлебной массы на транспортере, от скорости последнего, а также от расстояния от нижней линии валка до активного участка транспортирующей ленты и может быть ограничена шириной захвата подборщика, функционирующего при второй фазе раздельной уборки урожая.

Анализируя рассмотренную методику обоснования оптимальных режимов работы и параметров транспортера стандартной валковой жатки, можно заключить, что такой вариант при всех своих достоинствах и проработанности не может в полной мере соответствовать случаю с порционной валковой жаткой, разработанной в Оренбургском ГАУ. Это объясняется несколькими моментами – рассмотрим их ниже. Во-первых, конструктивная схема порционной жатки не подразумевает наклона транспортирующего устройства – оно имеет горизонтальную конфигурацию, что объясняется, в том числе, и технологическими особенностями работы. В целом данный момент возможно учесть в рассмотренной выше методике. Для этого необходимо выражение (2) представить в виде:

$$k = fg. \quad (13)$$

Однако принципиального изменения сути стандартной методики это не дает, что необходимо для нашего случая, поскольку, как отмечалось выше, одним из главных ее критериев является достижение определенных параметров валка, тогда как технология формирования порционного валка в своей основе подразумевает возможность корректировки его показателей по мере необходимости [1]. При этом суть расположения такого валка относительно его подбора принципиально отличается от классического варианта [9, 10].

Следует также сказать, что стандартная методика не учитывает такой показатель, как потери зерна, а одной из главных задач разработки и создания порционной жатки и обоснования ее технологического процесса как раз была минимизация потерь зерна при уборке, при этом ключевую роль как раз играет транспортера.

Учитывая всё сказанное выше, обоснование режимов и параметров транспортирующего устройства порционной валковой жатки целесообразно проводить с учетом всех конструктивно-технологических особенностей по индивидуальной методике в частном порядке.

Результаты исследований. Обоснование параметров и режимов работы порционной жатки должно позволять, во-первых, выявить оптимальный и обоснованный диапазон конструктивно-габаритных показателей элементов транспортера, а во-вторых, - выявить режимные параметры транспортера, обеспечивающие минимизацию потерь зерна во время уборочного процесса. Одним из наиболее показательных параметров в отношении последнего является оптимальный диапазон скоростей ленты транспортера.

Сущность обоснования оптимальных конструктивно-габаритных параметров элементов конструкции транспортера жатки рассматривалась в работе 9. Здесь же отметим ключевые моменты данного вопроса. Оптимальные значения ширины транспортерной ленты – одного из главных и определяющих конструктивных показателей транспортирующего устройства – могут быть установлены исходя из производительности транспортера. Данный показатель определяется следующим образом [10]:

$$Q = S \rho_m v_t, \quad (14)$$

где S – площадь поперечного сечения скошенной массы на поверхности ленты, m^2 , ρ_m – плотность, kg/m^3 , v_t – скорость перемещения ленты, m/c .

Дальнейшие исследования и математические преобразования позволили уточнить данную закономерность для нашего случая с учетом того, что изначально в ней имеется неизвестная ве-



личина – площадь поперечного сечения хлебной массы [9]. В итоге выражение (14) примет следующий вид:

$$Q = B^2 \rho_m v_T \operatorname{tg} \varphi, \quad (15)$$

где B – ширина ленты, м, φ – угол откоса хлебной массы на ленте.

Соответственно, ширину ленты транспортирующего устройства порционной жатки можно определить следующим образом:

$$B = 2 \sqrt{\frac{Q}{\rho_m v_T \operatorname{tg} \varphi}}. \quad (16)$$

Далее крайне важно правильно установить оптимальные значения сопутствующего показателя – диаметра опор и расстояние между ними. При этом необходимо учитывать, что диаметр приводного элемента должен обеспечивать отсутствие проскальзывания ленты при ее перемещении.

По итогам преобразований и исследований было выявлено выражение, являющееся обязательным условием отсутствия проскальзывания на опорах ленты транспортера:

$$F(D_p/2) \geq F_{\text{тр}}(d_{\text{ц}}/2), \quad (17)$$

где F – приводящая ленту в движение сила, Н, D_p – диаметр приводного вала транспортера, м, $F_{\text{тр}}$ – сила трения, Н, $d_{\text{ц}}$ – диаметр цапфы, м.

Оптимальные значения по рассмотренным выше показателям представим в заключении данной работы.

Переходя к разговору о параметрах и режимах работы транспортирующего устройства жатки, нужно сразу отметить следующий момент: весомое влияние на диапазоны их оптимизации оказывают текущие условия, в особенности показатели состояния убираемой культуры. Так, высота стеблестоя на поле, в пределах которого осуществляется скашивание хлебной массы в порционные валки, оказывает влияние на высоту среза растений и, соответственно, на длину скашиваемых их частей. Этот показатель оказывает определяющее влияние на особенности укладки массы на ленту транспортера. Помимо этого необходимо иметь в виду и густоту стеблестоя, поскольку эта характеристика может влиять на плотность укладки массы на транспортере после ее скашивания.

Некоторая часть убираемых растений после их контакта с режущим аппаратом жатки будет иметь участок стебля малой длины из-за еще одного показателя хлебостоя на поле – ярности. Данная ситуация уменьшает вероятность попадания таких коротких скошенных элементов на ленту. Соответственно, этот момент необходимо учесть [5]. Будем считать длину таких коротких частей критической ($l_{\text{кр}}$) и выявим возможность установления ее величины (рис. 2).

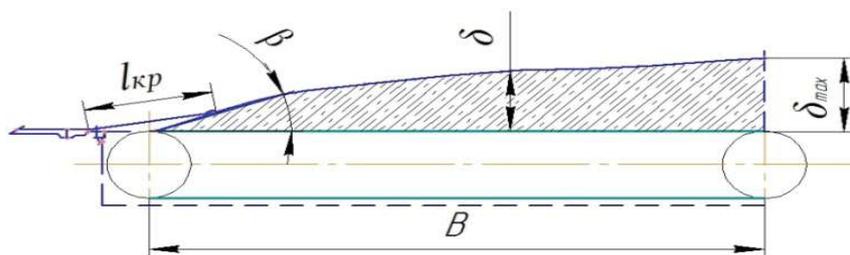


Рис. 2. Схема укладки стеблей на транспортер

В подавляющем большинстве случаев характер распределения растений на поле по густоте, высоте и урожаю зерна будет подчиняться нормальному закону распределения [10]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (18)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение, \bar{x} – среднее значение величины.



Вероятность попадания высоты стеблей на конкретно взятом поле (т.е., нормально распределенная случайная величина) в интервал от 0 до $\ell_{кр} + h$, учитывая величину отношения $\frac{H_{cp}}{\sigma_H} > 3$ для большинства стеблестоев убираемых зерновых культур, будет определяться таким образом [9]:

$$P[0 < H < (\ell_{кр} + h)] = \frac{1}{2} \{1 - \Phi[\frac{\ell_{кр} + h - H_{cp}}{\sigma_H}]\}, \quad (19)$$

где h – высота среза стеблей, м, $\Phi(H)$ – интеграл вероятности (функция Лапласа), H_{cp} – средняя высота хлебостоя, м.

Соответственно, показатель величины возможных потерь срезанным колосом (срезанными стеблями) $Q_{ск}$, выраженный в процентах, будет описываться следующим выражением:

$$Q_{ск} = 50 \{1 - \Phi[\frac{H_{cp} - (\ell_{кр} + h)}{\sigma_H}]\}. \quad (20)$$

Из закономерности, представленной выше (20), можно видеть, что чем ровнее и чем выше хлебостой, тем меньше показатель величины возможных потерь урожая.

Приближенную величину критической длины срезаемого режущим аппаратом стеблестоя можно установить с помощью следующей зависимости:

$$\ell_{кр} = \mu v, \quad (21)$$

где μ – коэффициент, определяемый экспериментально; v – величина пассивной зоны между лентой транспортера и режущим аппаратом, м.

На величину коэффициента μ влияет толщина слоя скошенной массы, находящейся на транспортере. Она, в свою очередь зависит от рабочей скорости машины, длины транспортирующего устройства, его скоростных показателей и других частных факторов.

Как видно из закономерности (21), зерновые культуры на полях со значительным показателем ярусности во избежание больших потерь зерна нецелесообразно убирать с высоким срезом. Причина в том, что если пренебречь данным нюансом, повышается количество потерь срезанным колосом и вероятность разрушения колоса режущим аппаратом. Последнее ведет к возрастанию показателя потерь свободным зерном. Также будет велика степень возможности роста потерь и зерна в несрезанном колосе.

Для корректной и оптимальной укладки скошенного хлебостоя на ленту транспортера и во избежание разбрасывания стеблей при их взаимодействии с мотовилом порционной жатки, нужно чтобы толщина слоя массы на ленте не превосходила максимальной величины, которая зависит от высоты среза и средней высоты хлебостоя:

$$\delta_{max} < \frac{2}{3} (H_{cp} - h), \quad (22)$$

где δ_{max} – максимальная толщина слоя массы на ленте в зоне ее схода.

С другой стороны, рассматриваемая выше величина должна определяться с учетом наличия возможности укладки коротких стеблей на транспортер. Как известно [1, 2], толщина формирующегося слоя хлебной массы δ на ленте транспортера зависит от его рабочей длины и его скоростных характеристик, показателей скорости перемещения машины при ее работе, густоты стеблестоя и его диаметра, а также плотности укладки на ленте. Соответственно, ее можно выразить такой зависимостью:

$$\delta = cd^2 K_n L \frac{v_{арп}}{v_T}, \quad (23)$$

где c – густота стеблестоя, $1/m^2$, d – диаметр стебля, м, K_n – коэффициент, характеризующий неплотность укладки стеблей, $v_{арп}$ – скорость перемещения жатки при работе в поле, м/с, v_T – скорость транспортера, м/с, L – длина транспортера, м.



Выразим из формулы (23) длину транспортера порционной жатки:

$$L = \frac{\delta v_{\tau}}{cd^2 K_n v_{\text{арп}}}, \quad (24)$$

В ряде работ [8, 9] были изложены, разъяснены и обоснованы ключевые положения о формировании рассматриваемой порционной жаткой соответствующего валка, отвечающего оптимальным требованиям. В контексте данных исследований была выявлена зависимость, обосновывающая скоростные режимы ленты транспортера в период аккумуляирования хлебной массы, которая, среди прочего, учитывает и показатель длины транспортера:

$$v_{\tau} = \sqrt{2fLg}, \quad (25)$$

где f – коэффициент трения о ленту транспортера скошенных стеблей убираемой культуры, g – ускорение свободного падения тела, м/с^2 .

При всей справедливости представленного выше выражения, следует отметить его некую контекстность или ограниченность, поскольку в нем не учитывается показатель потерь зерна, что необходимо для оптимизации рабочих процессов всей жатки. Для устранения данного момента целесообразно преобразовать данную закономерность с учетом рассмотренного выше выражения (24):

$$L = \frac{\delta v_{\tau}}{cd^2 K_n v_{\text{арп}}} = \frac{v_{\tau}^2}{2fg}. \quad (26)$$

Благодаря таким преобразованиям получим окончательный вид закономерности, позволяющей более комплексно обосновать оптимальные диапазоны скоростных режимов ленты транспортирующего устройства:

$$v_{\tau} = \frac{2\delta fg}{cd^2 K_n v_{\text{арп}}}. \quad (27)$$

При всём этом следует обозначить рамки некоторых составляющих данного выражения, имеющих постоянные значения или, точнее некоторый интервал таких значений, не поддающийся корректировке и характеризующихся сугубо физическими, агрономическими и агротехническими причинами. Так, на густоту стеблестоя влияют технология посева, всхожесть семян, погодные условия (для степной зоны Южного Урала – от 230 до 600 $1/\text{м}^2$), коэффициент трения стеблей о ленту транспортера колеблется примерно от 0,4 до 0,8, диаметр колоса убираемых культур – от 0,008 до 0,012 м, плотность стеблей при их укладке на транспортной ленте – 10-25 кг/м^3 .

Установленная закономерность позволяет определять скорость ленты транспортера при накоплении хлебной массы в зависимости от скорости машины, неплотности укладки массы, толщины ее слоя и параметров хлебостоя в конкретных условиях, а также учитывает допустимый уровень потерь зерна за жаткой.

Заключение. По итогам проведенных исследований установлено, что оптимальные значения ширины ленты от шнекового делителя до края жатки составляют 2,21–2,24 м, в центре (между делителями) – 1,78–1,82 м, диаметр приводного вала – 0,068–0,074 м, оптимальное количество опорных роликов – 3 шт., расстояние между соседними опорами – 0,358–0,366 м, а их диаметр – 0,039–0,042 м. По поводу оптимальных скоростных режимных параметров транспортера: было установлено, что зона их оптимальных значений в период накопления хлебной массы составляет 1,6–2,8 м/с .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование и организация эффективного процесса уборки зерновых культур / М.М. Константинов [и др.]. Екатеринбург, 2011. 152 с.
2. Жалнин Э.В. Классификация потерь зерна и их оценка // Сельский механизатор. 2014. № 9 (67). С. 4–6.





3. Листопад Г.Е. Совершенствование машиноиспользования в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1998. № 8. С. 7–10.
4. Старцев А.С., Серебряков А.А., Ананьев В.А. Результаты анализа площади решет и соломотряса зерноуборочных комбайнов // Научная мысль. 2015. № 3. С. 59–62.
5. Результаты исследований физико-механических свойств стеблестоя подсолнечника / А.С. Старцев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 59–64.
6. Ozherelyev V.N., Nikitin V.V., Komogortsev V.F. Comparison of different methods for preliminary separation of free grain when hatcheling standing plants // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020). 2021. Vol. 1079. Ch. 5. P. 062088.
7. Результаты аналитических исследований технических параметров зерноуборочных комбайнов / Е.Е. Демин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 9. С. 56–60.
8. К вопросу организации экспериментальных исследований порционной жатки с устройством образования стерневых кулис / И.Н. Глушков [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 57. С. 41–45.
9. Обоснование длины транспортера порционной жатки, обеспечивающего загрузку молотильного аппарата при обмолоте валков / М.М. Константинов [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 46. С. 36–39.
10. Konstantinov M., Glushkov I., Ognev I. Justification optimal operating parameters of the conveyor, which is the mechanism of the header for two-phase harvesting by batch method, taking into account the minimization of losses of grain // Proceedings of International conference «International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment, ICMTMTE 2019», September 09-13, Sevastopol, Source: E3S WEB OF CONFERENCES, Publisher: EDP Sciences, P. 00046, (2019).

REFERENCES

1. Design and organization of an effective process of harvesting grain crops / M.M. Konstantinov et al. Yekaterinburg, 2011. 152 p. (In Russ.).
2. Zhalnin E.V. Classification of grain losses and their assessment. *Rural machine operator*. 2014; 9 (67): 4–6. (In Russ.).
3. Listopad G.E. Improvement of machine use in agriculture. *Mechanization and electrification of agriculture*. 1998; 8: 7–10. (In Russ.).
4. Startsev A.S., Serebryakov A.A., Ananyev V.A. The results of the analysis of the area of sieves and straw harvesters. *Scientific thought*. 2015; 3: 59–62. (In Russ.).
5. Results of studies of the physico-mechanical properties of the sunflower stem / A.S. Startsev et al. *The Agrarian Scientific Journal*. 2017; 3: 59–64. (In Russ.).
6. Comparison of different methods for preliminary separation of free grain when hatcheling standing plants / V.N. Ozherelyev et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020)*. 2021; 1079; 5: 062088.
7. Results of analytical studies of technical parameters of combine harvesters / E.E. Demin et al. *The Agrarian scientific journal*. 2018; 9: 56–60. (In Russ.).
8. On the question of the organization of experimental studies of a batch header with a device for the formation of stubble wings / I.N. Glushkov et al. *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*. 2021; 57: 41–45. (In Russ.).
9. Substantiation of the length of the conveyor of the batch header, which ensures the loading of the threshing machine when threshing rolls / M.M. Konstantinov et al. *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*. 2019; 46: 36–39. (In Russ.).
10. Konstantinov M., Glushkov I., Ognev I. Justification optimal operating parameters of the conveyor, which is the mechanism of the header for two-phase harvesting by batch method, taking into account the minimization of losses of grain. *Proceedings of International conference «International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment, ICMTMTE 2019», September 09-13, Sevastopol, Source: E3S WEB OF CONFERENCES*, Publisher: EDP Sciences, P. 00046, (2019).

Статья поступила в редакцию 15.10.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 5.12.2022.

The article was submitted 15.10.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 5.12.2022.