

УДК 631.331.86

UDC 631.331.86

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ БЕССОШНИКОВОЙ ПОСЕВНОЙ МАШИНЫ

### THEORETICAL RESEARCH THE WORK OF A SEEDLESS SOWING MACHINE

Богус Азамат Эдуардович

Bogus Azamat Eduardovich

к. т. н., доцент

Cand.Tech.Sci., docent

SPIN - код автора: 9567-1848

RSCI SPIN-code: 9567-1848

email: [azamat089@gmail.com](mailto:azamat089@gmail.com)

email: [azamat089@gmail.com](mailto:azamat089@gmail.com)

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

Руснак Владимир Андреевич

Rusnak Vladimir Andreevich

студент

student

SPIN - код автора: 9339-0689

RSCI SPIN-code: 9339-0689

email: [vladimir.rusnak1488@gmail.com](mailto:vladimir.rusnak1488@gmail.com)

email: [vladimir.rusnak1488@gmail.com](mailto:vladimir.rusnak1488@gmail.com)

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

В статье описана конструктивная схема безсошниковой посевной машины, позволяющей снизить тяговое сопротивление посевного агрегата. Проведены теоретические исследования величины необходимого оптимального разряжения в присоске при определенной скорости и диаметре присасывающего отверстия. Описана траектория движения семян после взаимодействия с присоской, получены выражения, характеризующие скорость и ускорение семян

The article describes the design scheme of a seedless sowing machine, which allows to reduce the traction resistance of the sowing unit. Theoretical studies have been carried out on the magnitude of the required optimal discharge in the suction cup at a certain speed and diameter of the suction hole. The trajectory of the movement of seeds after interaction with a suction cup is described, expressions characterizing the speed and acceleration of seeds are obtained

Ключевые слова: ПОСЕВ, СОШНИК, РАЗРЯЖЕНИЕ, ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ, БЕССОШНИКОВАЯ СЕЯЛКА, ВАКУУМ, РАЗРЯЖЕНИЕ, СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЕ, ДАВЛЕНИЕ

Keywords: SOWING, COULTER, DISCHARGE, SEEDING MACHINE, SEEDLESS SEEDER, VACUUM, DISCHARGE, SPEED, ACCELERATION, PRESSURE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-198-037>

## Введение

Существующие посевные секции пунктирных сеялок не всегда способны соблюдать агротехнические требования при повышении скоростей работы до 12 км/ч. Невысокая равномерность распределения семян в борозде этими сеялками объясняется временем нахождения семян в зоне семяпровода, неодновременностью отделения семян от высевающего диска и перераспределением семян во время падения на дно борозды. Посевные секции серийных сеялок очень энергоемки. Основные затраты

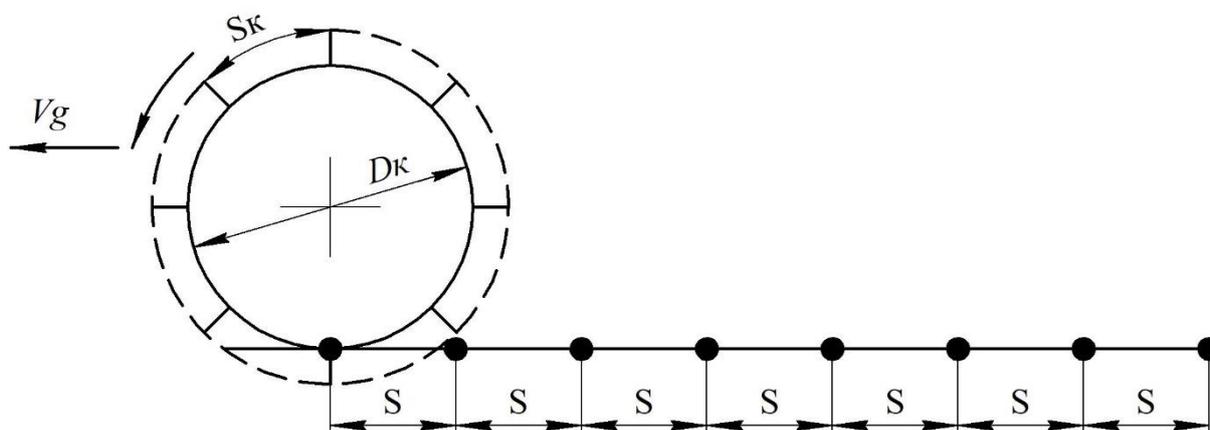
<http://ej.kubagro.ru/2024/04/pdf/37.pdf>

энергии идут на образование борозды сошником и разброс почвенных частиц в стороны. На сеялках названных типов установлены полозовидные и дисковые сошники, которые до 80-90% энергии, затрачиваемой на их передвижение в почве, расходуют вхолостую. При работе они делают сплошную борозду, тогда как это не обязательно. Если максимальная длина семян кукурузы, подсолнечника, клещевины колеблется в пределах 15-20 мм, то длина подготовительной борозды под посев должна быть не более 25 мм. А так как посев в борозду производится с интервалом 200-700 мм между высеянными семенами, то в промежутках между ними сошник делает холостой ход на протяжении 175-675 мм.

### **Пневматическая бессошниковая посевная машина**

Пневматическая бессошниковая посевная машина (рисунок 1) по конструкции и технологическому процессу новая секция резко отличается от сошниковых. Главной частью ее является посевное колесо с установленными на нем клиньями-лункообразователями. Для каждого клина имеется поджимная присоска с кассетой-семяпроводом. К присоскам подведены вакуумшланги от вакуум-распределителя, установленного в центре посевного колеса. Под внутренний обод его введен зерновод семенной банки. Колесо смонтировано на неподвижной оси со ступицей. Ось соединена поводками навески с рамой сеялки. Поводки подпружинены через нажимные штанги. Количество клиньев на колесе зависит от нормы высева. Они также регулируются по высоте, что обеспечивает необходимую глубину заделки семян в почву. В клинях установлены выталкиватели. Технологический процесс высева происходит следующим образом. При перекачивании посевного Колеса по почве клинья делают лунки и одновременно с помощью выталкивателя, установленного в клине, производят высев семян. Семена подаются на выталкиватель клина из семенной банки с помощью подвижной присоски по кассете-семяпроводу. Присоска приводится в возвратно-поступательное движение с помощью

ролика, кулачка и пружины. При проходе присоски через обод колеса с семенами лишние счищаются отверстие-чистиком, установленным в ободу. Присасывающее аэродинамическое поле присоски создается с помощью вакуум-насоса.



$D_k$  – наружный диаметр посевного колеса;  $S_k$  – расстояние между клиньями по наружному диаметру;  $S$  – заданные расстояния между семенами в борозде;  $V_g$  – поступательная скорость посевного агрегата

Рисунок 1 – Схема движения колеса с клиньями-лункообразователями по полю

Диаметр  $D_k$  посевного колеса (рисунок 2) определяется расстановкой  $S$  растений в рядке и допустимой поступательной скоростью  $V_g$  посевного колеса, при которой возможен устойчивый процесс поштучного выбора семян присосками из семенного бункера.

Диаметр  $D_k$  определим из отношения:

$$D_k = \frac{60V_g}{\pi n_0}, \tag{1}$$

или равенства:

$$\pi D_k = S_k n, \tag{2}$$

где  $n_0$  – допустимое число оборотов колеса в минуту;

$n$  – количество лункоделателей на ободе колеса

Из этих зависимостей допустимое число оборотов посевного колеса выразится формулой

$$n_0 = \frac{60V_g}{Sn}. \quad (3)$$

Если расстояние между лункоделателями на ободе посевного колеса определяется агротехническими требованиями, то окружная скорость присосок на ободе колеса зависит от величины вакуума в них, размеров всасывающих отверстий в присосках, степени погружения присосок в массу семян, а также от скорости движения присосок  $V_{np}$  относительно захватываемых семян. Согласно этого допустимый диаметр посевного колеса  $D_k$  можно определить из выражения:

$$L_a = V_g t = \pi D_k n_k t = S_k n n_k t, \quad (4)$$

где  $t$  – время движения агрегата;

$L_a$  – путь, пройденный агрегатом

Решив которое относительно  $D_k$ , получим:

$$D_k = \frac{S_k n}{\pi}. \quad (5)$$

По агротехническим требованиям  $S = 15 \dots 70$  см, значит и величина  $S_k$  должна находиться в этих пределах. Согласно этому условию  $D_k \approx 891$ мм.

### **Процесс захвата семени присоской**

Известно, что аэродинамическое поле присоски способно захватить семя из общей массы и удерживать его лишь при определенной величине вакуума и скорости движения присоски в семенах.

На рисунке 2 дана схема сил действующих на присосанное семя при прохождении присоски в бункере с семенами. На присоске семя удерживается присасывающей силой  $F_{пр}$ , которая зависит от величины вакуума в присоске.

Кроме того, на семя действуют силы веса семени  $mg$  и трения  $F_k$ . Величина последней силы зависит от количества семян, расположенных впереди присосанного семени, и фрикционных свойств их поверхностей.

Так как захват семян происходит в небольшой зоне бункера, то при большом радиусе колеса  $R_k$  можно условно принять, что присоска движется прямолинейно в направлении оси  $X$  (рисунок 2).

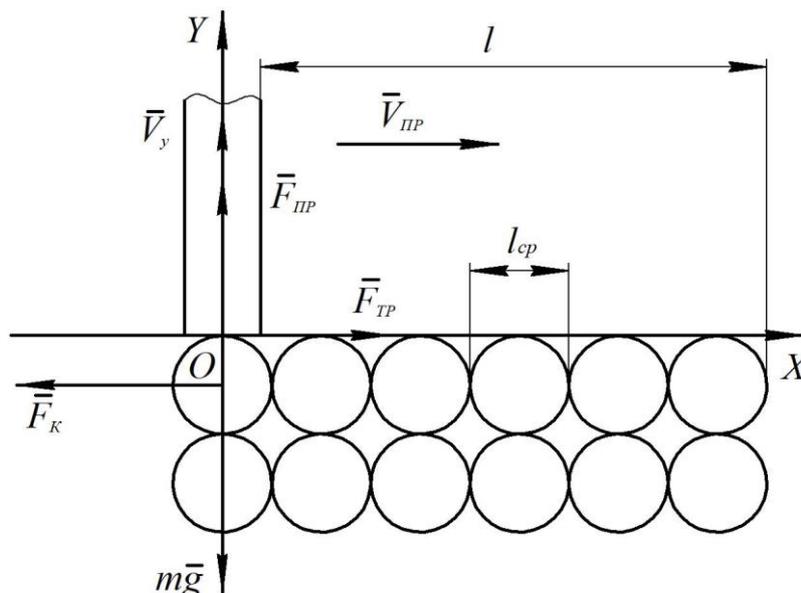


Рисунок 2 – Система сил, действующих на семя при прямолинейном движении присоски

При большом диаметре посевного колеса следует учитывать влияние центробежной силы  $F_{цб}$  на присосанное семя.

В первом случае число семян  $n_1$  перед присоской принимаем равным:

$$n_1 = \frac{l}{l_{cp}} \quad (6)$$

где  $l$  – путь прохождения присоски в бункере с семенами;

$l_{cp}$  – средний размер семени

В данном случае полагаем, что сила трения  $F_k$ , действующая со стороны неприсосанных семян, будет равна:

$$F_k = mgn_1f_{\text{тр}} \quad (7)$$

где  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения семени о семяна

Препятствовать сдвигу семени с присоски будет сила трения  $F_{\text{тр}}$ , определяемая величиной разряжения  $\Delta P$  в присоске:

$$F_{\text{тр}} = (F_{\text{пр}} - mg)f_1 \quad (8)$$

где  $f_1$  – коэффициент трения присоски о семя, так как  $F_{\text{пр}} = \frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4} \Delta P k$ , то:

$$F_{\text{тр}} = \left( \frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4} \Delta P k - mg \right) f_1, \quad (9)$$

где  $d_{\text{пр}}$  – диаметр присоски;

$k$  – коэффициент просасывания

Спроектируем силы  $F_k$  и  $F_{\text{тр}}$  на ось  $X$  (рисунок 2) и запишем дифференциальное уравнение движения семени в направлении оси  $X$  в виде:

$$m \frac{dV_{CX}}{dt} = \left( \frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4} \Delta P k - mg \right) f_1 - mg \frac{l}{l_{\text{cp}}} f_{1\text{тр}}, \quad (10)$$

где  $V_{CX}$  – скорость семени в направлении оси  $X$

Решив уравнение (10) при начальных условиях  $t = 0, V_0 = V_{\text{пр}}$ , получим:

$$V_{CX} = V_{\text{пр}} + \frac{1}{m} \left[ \left( \frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4} \Delta P k - mg \right) f_1 - mg \frac{l}{l_{\text{cp}}} f_{\text{тр}} \right] t. \quad (11)$$

Тогда при установившемся движении и отсутствии относительного скольжения между семенем и присоской достаточное разряжение равно:

$$\Delta P = 4mg \frac{f_1 + \frac{l}{l_{\text{cp}}} f_{\text{тр}}}{\pi d_{\text{пр}}^2 f_1}. \quad (12)$$

Так как  $f_{\text{тр}} = f_{\text{тр}}(V_{CX})$  то в общем случае уравнение (12) примет вид:

$$\Delta P = 4mg \frac{f_1 + \frac{l}{l_{cp}} f_{тр}(V_{сх})}{k\pi d_{пр}^2 f_1}. \quad (13)$$

Из анализа этой формулы следует, что величина вакуума в присоске находится в прямой зависимости от веса высеваемых семян, свойств их поверхностей, скорости движения присоски, количества семян перед присосанным семенем и в обратной зависимости от квадрата величины диаметра присасывающего отверстия присоски, коэффициента просасывания и коэффициента трения присоски о семя.

Рассмотрим случай криволинейного движения присоски (рисунок 3). В этом случае ко всем действующим на семя силам добавляется центробежная сила:

$$F_{цб} = \frac{mV_{пр}^2}{R_{ап}}, \quad (14)$$

Где принимаем на исследуемом отрезке  $V_{пр} = V_{сх}$ . Силу  $F_K$  будем определять по формуле [4]. Суммарная сила  $F_p$ , действующая на присосанное семя по оси  $Y$ , равна:

$$F_p = F_{пр} + F_{цб} - mg, \quad (15)$$

Запишем дифференциальное уравнение движения семени по оси  $X$ :

$$m \frac{dV_{сх}}{dt} = F_{тр1} - F_k, \quad (16)$$

где  $F_{тр1} = F_p f_1 = (F_{пр} + F_{цб} - mg) f_1$

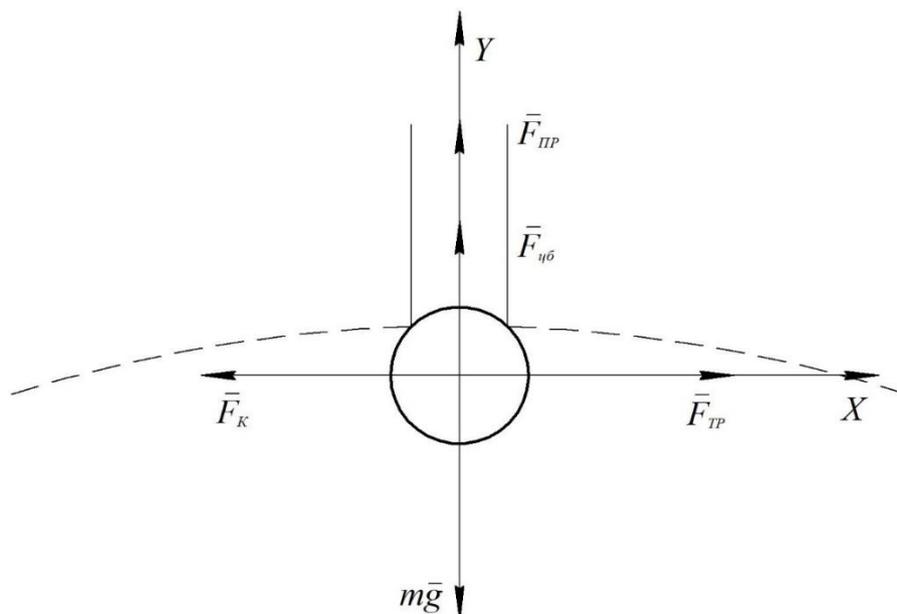


Рисунок 3 – Система сил, действующих на семя при криволинейном движении присоски

Разделим переменные и решим уравнение 16 при начальных условиях  $t = 0, V_{CX} = V_{ПР}$ .

$$\arctg = \frac{V_{CX}}{\sqrt{\frac{F_{ПР}f_1 - mgf_1 - F_k}{\frac{mf_1}{R_{ан}}}}} = \arctg \frac{V_{ПР}}{\sqrt{\frac{F_{ПР}f_1 - mgf_1 - F_k}{\frac{mf_1}{R_{ан}}}}} + \sqrt{\frac{\frac{F_{ПР}f_1 - mgf_1 - F_k}{\frac{mf_1}{R_{ан}}}}{m}} t. \quad (17)$$

При установившемся движении и отсутствии относительного скольжения между семенами и присоской достаточное разряжение из уравнения 17:

$$\Delta P = \frac{mg \frac{l}{l_{cp}} f_{тр} + mgf_1 - \frac{mV_{ПР}^2}{R_{ан}} f_1}{\frac{\pi d_{ПР}^2}{4} k f_1} \quad (18)$$

Учитывая, что  $f_{тр} = f_{тр}(V_{CX})$ ,

$$\Delta P = 4m \frac{g \frac{l}{l_{cp}} f_{тр}(V_{CX}) + mgf_1 - \frac{V_{ПР}^2}{R_{ан}} f_1}{\pi d_{ПР}^2 k f_1} \quad (19)$$

Рассмотрим движение семени после прекращения действия вакуума

в присоске (рисунок 4). На семя при этом действует сила веса семени  $mg$  и  $F_{\text{аэр}}$  – сила сопротивления воздушной среды.

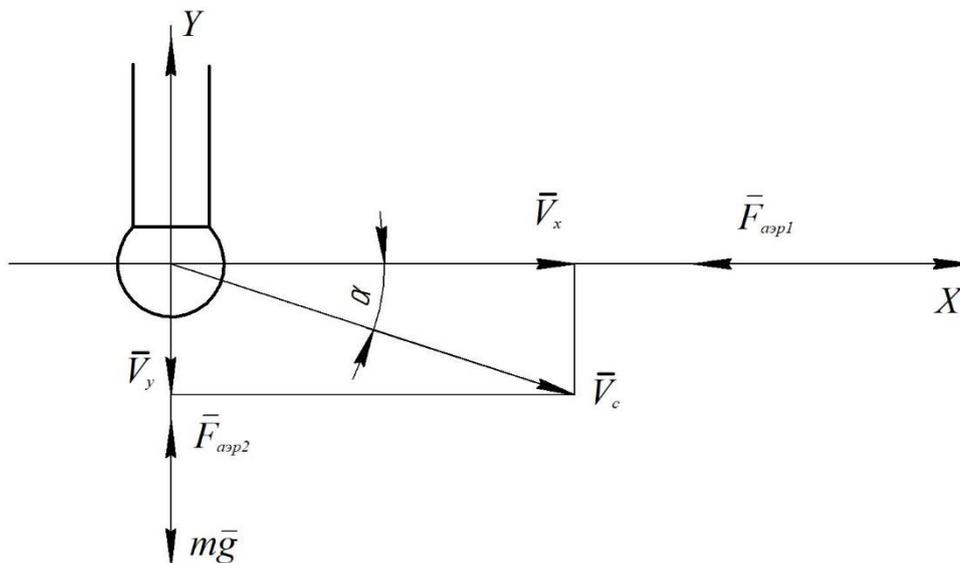


Рисунок 4 – Система сил, действующих на семя после прекращения вакуума в присоске

Проекции скорости  $V_C$  на оси координат равны:

$$V_{CX} = V_{\Pi} \cos\alpha, V_{CY} = V_{\Pi} \sin\alpha$$

где на рисунке 4  $V_{\Pi} = V_C$  показано в начальный момент после прекращения действия вакуума в присоске.

Составим систему дифференциальных уравнений:

$$m \frac{dx}{dt} = -F_{\text{аэр}1}, \tag{20}$$

$$m \frac{dy}{dt} = -mg + F_{\text{аэр}2}, \tag{21}$$

где  $x = V_{CX}$  ,  $y = V_{CY}$ , сила аэродинамического сопротивления определяется по известной формуле из аэродинамики:

$$F_{\text{аэр}} = kf \frac{\rho}{2} (V_{\text{потока}} - V_{\text{тела}})^2. \tag{22}$$

Обозначим  $kf \frac{\rho}{2} = \mu$  , где коэффициент, характеризующий аэродинамические свойства семени.

В нашем случае:

$$V_{\text{потока}} = 0, V_{\text{тела}} = V_{\text{семени}}$$
$$V_{\text{аэр1}} = \mu V_{\text{СХ}}^2 = \mu x^2, \quad (23)$$
$$V_{\text{аэр2}} = \mu V_{\text{СУ}}^2 = \mu y^2, \quad (23)$$

В отличие от обычных пневмоаппаратов, у которых высев семян осуществляется в вертикально расположенный семяпровод (сошник), движение семян в направлении клина-лункоделателя в рассматриваемой посевной секции происходит через семяпровод, изменяющий свое положение относительно поверхности почвы. С целью уменьшения его влияния на характер движения семян после отрыва их от присоски форма семяпровода должна изготавливаться с учетом траектории падения семян.

### **Выводы**

Проведенные теоретические исследования позволяют определить величину необходимого оптимального разряжения в присоске при определенной скорости и диаметре присасывающего отверстия.

Полученные проекции скоростей движения семян и законы его падения после отделения семени от присоски пневмоаппарата.

### **Библиографический список**

1. Богус, А. Э. Методика экспериментальных исследований распределителя семян пневматической сеялки / А. Э. Богус // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 323-324. – EDN VTХТРН.

2. Патент № 2457656 С2 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка с центрально-дозировочной системой : № 2010145399/13 : заявл. 08.11.2010 : опубл. 10.08.2012 / Е. И. Трубилин, А. В. Хохлов, А. А. Хохлов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет". – EDN EKXDSS.

3. Богус, А. Э. Анализ процесса работы распределительных устройств зерновых пневматических сеялок / А. Э. Богус // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей, Краснодар, 14 марта 2018 года. – Краснодар: Кубанский

государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 267-268. – EDN YWHOFL.

### References

1. Bogus, A. E. Metodika eksperimental'nyh issledovanij raspredelitya se-myan pnevmaticheskoy seyalki / A. E. Bogus // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik statej po materialam IX Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh, Krasnodar, 24–26 noyabrya 2015 goda / Otvetstvennyj za vypusk: A.G. Koshchayev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 323-324. – EDN VTXTPH.

2. Patent № 2457656 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/04. Pnevmaticheskaya seyalka s central'no-doziruyushchej sistemoj : № 2010145399/13 : zayavl. 08.11.2010 : opubl. 10.08.2012 / E. I. Trubilin, A. V. Hohlov, A. A. Hohlov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet". – EDN EKXDSS.

3. Bogus, A. E. Analiz processa raboty raspreditel'nyh ustrojstv zernovyh pnevmaticheskikh seyalok / A. E. Bogus // Itogi nauchno-issledovatel'skoj raboty za 2017 god : sbornik statej po materialam 73-j nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej, Krasnodar, 14 marta 2018 goda. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2018. – S. 267-268. – EDN YWHOFL.