

УДК 631.33.02

UDC 631.33.02

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**ВЛИЯНИЕ БОКОВЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ В БУНКЕРАХ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ НА КАЧЕСТВО ИХ РАБОТЫ**

**INFLUENCE OF LATERAL AND VERTICAL PRESSURES IN THE HOPPER OF SEEDING MACHINES ON THE QUALITY OF THEIR WORK**

Курасов Владимир Станиславович  
профессор, д.т.н.  
[kurasoff@gmail.com](mailto:kurasoff@gmail.com)

Kurasov Vladimir Stanislavovich  
professor, Dr.Sci.Tech.  
[kurasoff@gmail.com](mailto:kurasoff@gmail.com)

Матущенко Алексей Евгеньевич  
ассистент  
[archangel24@mail.ru](mailto:archangel24@mail.ru)

Matushchenko Alexey Evgenievich  
assistant  
[archangel24@mail.ru](mailto:archangel24@mail.ru)

Полуэктов Александр Александрович  
студент  
[aleksandr.poluektov2000@yandex.ru](mailto:aleksandr.poluektov2000@yandex.ru)

Poluektov Aleksander Aleksandrovich  
student  
[aleksandr.poluektov2000@yandex.ru](mailto:aleksandr.poluektov2000@yandex.ru)

Сарксян Мовсес Дмитриевич  
студент  
[movses.sarksyan.03@mail.ru](mailto:movses.sarksyan.03@mail.ru)  
*Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия*

Sarksyan Movses Dmitrievich  
student  
[movses.sarksyan.03@mail.ru](mailto:movses.sarksyan.03@mail.ru)  
*Kuban State Agrarian University named after I.T.Trubilin*

Посевные машины с вертикально-дисковыми высевающими аппаратами выгодно отличаются от сеялок с горизонтально-дисковыми аппаратами. Они характеризуются более равномерным распределением семян вдоль рядка благодаря малой высоте падения их от диска до дна борозды. Их называют аппаратами точного высева. Качество работы остается хорошим при посеве на повышенных и высоких скоростях движения (до 15 км/час). Однако следует отметить, что на точность высева влияют многие факторы, среди которых основными являются заполнения ячеек семенами (по одному) и перераспределение семян после удара о дно борозды. Первый фактор зависит от работы высевного диска, второй – от сошника. На заполнение ячеек семенами большое влияние оказывает форма и размеры бункера. Это особенно заметно в аппаратах с вертикальным высевным диском, где зона заполнения гораздо меньше чем у горизонтального диска

Sowing machines with vertical disc sowing units compare favorably with seeders with horizontal disc units. They are characterized by a more uniform distribution of seeds along the row due to their low drop height from the disc to the bottom of the furrow. They are called precision seeding devices. The quality of work remains good when sowing at higher and high travel speeds (up to 15 km / h). However, it should be noted that the seeding accuracy is influenced by many factors, among which the main ones are filling the cells with seeds (one at a time) and the redistribution of seeds after hitting the bottom of the furrow. The first factor depends on the work of the seeding disc, the second - on the coulter. The filling of the cells with seeds is greatly influenced by the shape and size of the hopper. This is especially noticeable in units with a vertical sowing disc, where the filling area is much smaller than that of a horizontal disc

Ключевые слова: ПОВТОРНОСТЬ, ОБЪЕМНЫЙ ВЕС, СЕМЕНА, БУНКЕР

Keywords: REPETITION, VOLUMETRIC WEIGHT, SEEDS, BUNKER

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-178-011>

Некоторые исследователи считают, что с увеличением высоты слоя семян в бункере улучшается заполнения ячеек, так как давление на семена,

находящиеся в граничном слое, увеличивается. Это положение распространяется на все бункеры посевных машин без учета их размера и формы.

Нами проведены исследования в которых ставилась задача - найти зависимость заполнения ячеек семенами от высоты слоя в бункере, а также установить зависимость между высотой семян в бункере и давлением на боковые и горизонтальные стенки бункера для двух типов бункеров, характерных для горизонтальной и вертикально-дисковых высевальных аппаратов [1].

Определение боковых и вертикальных давлений в бункерах производилось специальным прибором (рис. 1), изготовленным в лабораториях Кубанского ГАУ

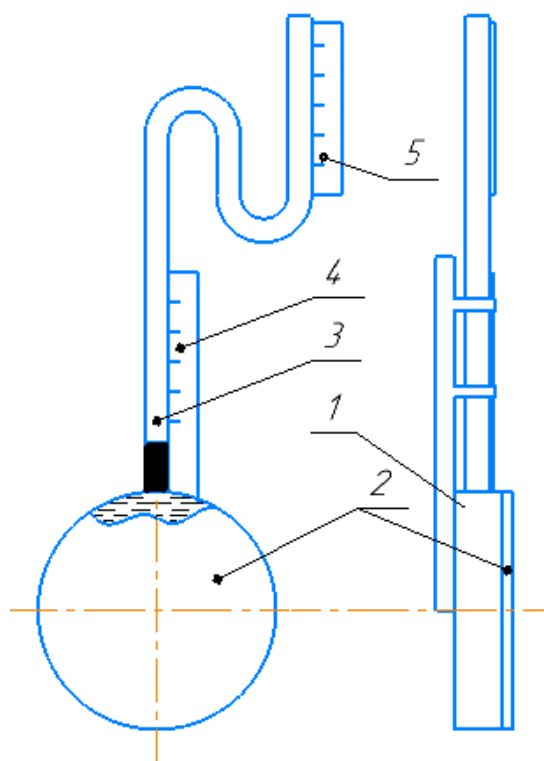


Рисунок 1. Прибор для определения давления в слое семян:

1 – камера; 2 – диафрагма; 3 - трубка; 4 – шкала высоты слоя семян; 5 – шкала давлений

Прибор состоит из следующих основных частей: камеры, диафрагмы, трубки, шкалы высоты слоя семян, шкалы давлений. Перед началом

опытов и в конце их прибор тарировался в воде, закон распределения давления в которой известен [2].

После обработки данных тарировки строился график, по которому определялся коэффициент тарировки

$$K = \frac{H \cdot \gamma}{\rho_{eg} \cdot S'} \quad (1)$$

где  $H$  – высота столба воды до центра диафрагмы, мм;

$\gamma$  – объемный вес воды мг/мм<sup>2</sup>;

$\rho_{eg}$  – показание прибора, мм;

$S$  – площадь диафрагмы, мм<sup>2</sup>.

Опыты по определению давления проводились в пятикратной повторности. Запись показаний прибора делалась через каждые 10 см слоя семян в бункере.

При определении боковых давлений диафрагма устанавливалась вертикально, при определении вертикальных давлений – горизонтально [3].

Опыты производились с двумя культурами - подсолнечником и кукурузой; в бункерах двух типов цилиндрическом, диаметром 25 мм, и сложной формы с узкой горловиной, сечением 25x180 мм.

При определении боковых давлений в бункере сложной формы камера прибора с диафрагмой устанавливалась в вырезе боковой стенки аппарата, в зоне наиболее интенсивного заполнения (0...20° от вертикали, проходящей через центр высевного диска). Давления определялись при статической нагрузке (минимальное значение) и при встряске (максимальное), что имеет место при работе сельхозмашин [4].

Давление в слое семян находилось по формуле

$$\rho = K \cdot \rho \quad (2)$$

где  $K$  – тарировочный коэффициент;

$\rho$  – показание прибора.

Полученные цифровые данные обрабатывались методом математической статистики; по результатам такой обработки составлялись таблицы и строились графики.

Для сравнения данных, полученных в результате опытов, и данных которыми пользуются некоторые исследователи, нами определялся объемный вес семян  $\gamma_c$ . Проба для установления объемного веса отбиралась по общепринятой методике. Определения объемов производилось с точностью до  $5 \text{ мм}^3$ , а веса - с точностью до 1 грамма [5].

Качественные показатели работы высевающего аппарата (заполнение ячеек и повреждение семян) в зависимости от высоты слоя семян в бункере определялись на высевающем аппарате с вертикальным диском. Скорость вращения диска  $30 \text{ мин}^{-1}$ .

Заполняемость ячеек семенами изучалась следующим образом. В бункер засыпались семена до определяемого уровня. После включения в работу аппарата на установленном режиме подсчитывалось количество высевных семян за 8 оборотов диска [6]. Опыты производились в десятикратной повторности, после чего определялся коэффициент заполнения по формуле:

$$K_3 = \frac{M_{\text{ср}}}{n} \quad (3)$$

где  $M_{\text{ср}} \frac{\sum_1^q M}{q}$  – среднее количество семян, высевных за 5 оборотов диска;

$\sum_1^q$  - количество семян, высевных за аппаратом за  $q$  повторностей;

$q$  – количество повторностей;

$n$  – количество ячеек, прошедших аппаратом за 5 оборотов диска,

Одновременно изучалось повреждение семян по формуле:

$$K_n = \frac{M_{\text{п}}}{M_0} \quad (4)$$

где  $M_{\text{п}}$  – количество поврежденных семян

$M_0$  – общее количество высеянных семян (целых и поврежденных).

Результаты экспериментальных исследований.

Бункер цилиндрической формы.

При нахождении закона распределения давления в слое семян с изменением высоты слоя в бункере цилиндрической формы установлено, что боковые давления в полтора – два раза меньше вертикальных (табл. 1).

Таблица 1.

Высота слоя семян Н, мм	Кукуруза				Подсолнечник			
	Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>				Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>			
	боковое		вертикальное		боковое		вертикальное	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
100	2,64	3,84	4,56	8,64	1,37	1,68	2,64	3,52
200	2,88	5,16	5,28	10,32	1,75	2,88	3,30	5,72
300	3,17	7,20	6,00	12,48	2,11	4,80	3,96	7,48
400	3,41	8,40	6,72	13,92	2,33	6,48	4,40	9,68
500	3,65	10,32	7,20	15,60	2,52	8,16	5,06	11,68

С увеличением высоты слоя семян (Н) давление (Р) возрастает по закону прямой линии. Это характерно как для боковых так и для вертикальных давлений (рис. 2).

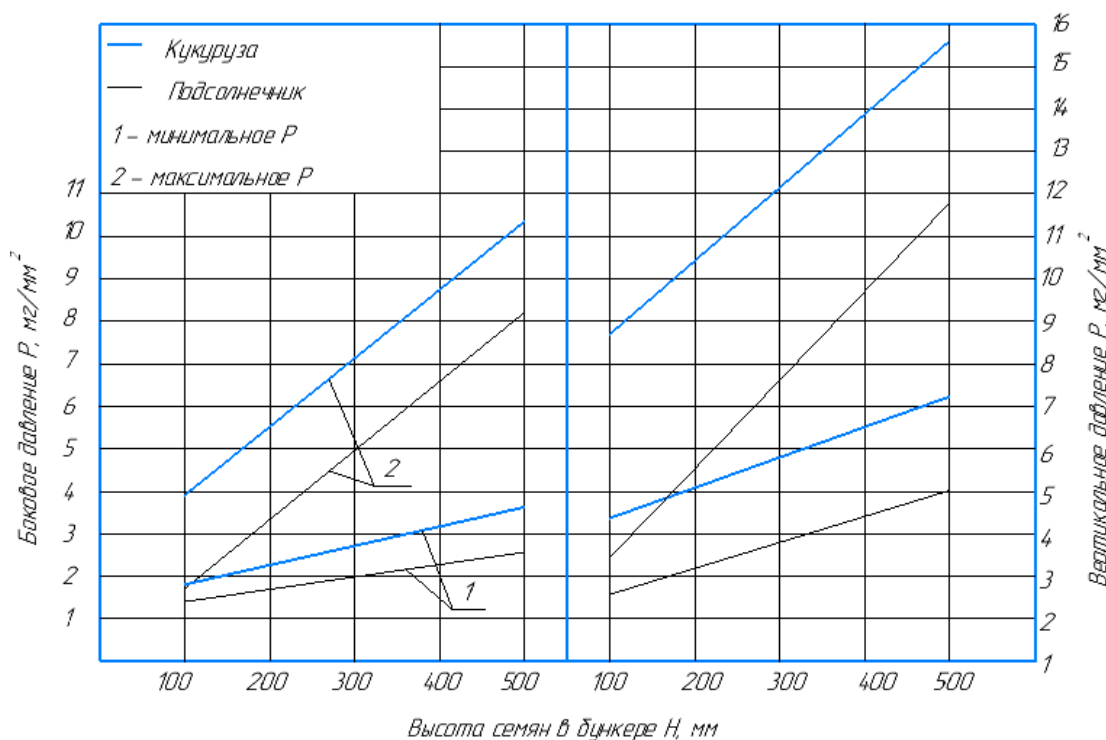


Рисунок 2. Зависимость бокового и вертикального давлений от высоты слоя семян в бункере.

При анализе данных табл. 1 и графиков (рис.2) были найдены эмпирические зависимости давлений от высоты слоя семян.

Для кукурузы:

$$\rho_{\text{б}} = (0,1 + 0,2) H \quad (5)$$

$$\rho_{\text{в}} = (0,25 + 0,5) H \quad (6)$$

Для подсолнечника:

$$\rho_{\text{б}} = (0,07 + 0,16) H \quad (7)$$

$$\rho_{\text{в}} = (0,12 + 0,3) H \quad (8)$$

где:  $\rho_{\text{б}}$  = боковое давление, мг/мм<sup>2</sup>;

$\rho_{\text{в}}$  = вертикальное давление, мг/мм<sup>2</sup>.

В предположении, что на диск высевающего аппарата передаётся весь вес семян, находящихся в бункере, найдены теоретические зависимости давления от высоты слоя семян, которые выражаются следующими соотношениями

Для кукурузы

$$P = 7,1 H \quad (9)$$

Для подсолнечника

$$P = 4,5 H \quad (10)$$

Формулы (5 – 8) и (9, 10) значительно различаются между собой. Пользование формулами (5, 6) при определении давления на диске связано с большими допущениями, что искажает действительную картину.

Из результатов исследования давлений в цилиндрических бункерах видно, что

1. Характер боковых и вертикальных давлений при изменении высоты слоя семян  $H$  подчиняется закону прямой линии: при этом боковые давления меньше вертикальных в 1,5...2 раза;

2. Увеличение высоты слоя семян в бункере мало влияет на величину давления на диск

Бункер сложной формы (с узкой горловиной).

Давление на боковую стенку определялось при неподвижном и вращающемся диске. Вертикальное давление находилось только при неподвижном диске. В таблице 2 представлены результаты исследований по определению боковых и вертикальных давлений для семян подсолнечника и кукурузы.

Таблица 2

Высота слоя семян $H$ , мм	Кукуруза				Подсолнечник			
	Давление $P$ , мг/мм <sup>2</sup>				Давление $P$ , мг/мм <sup>2</sup>			
	боковое		вертикальное		боковое		вертикальное	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
100	1,3	1,5	2,24	3,68	0,49	0,55	1,12	2,52
200	1,3	1,7	2,8	4,2	0,50	0,56	1,96	3,6
300	1,28	1,6	2,8	4,75	0,48	0,60	1,95	3,9
400	1,31	1,66	2,8	4,70	0,47	0,58	1,95	3,92
500	1,30	1,7	2,8	4,75	0,50	0,57	1,96	3,9

Анализ данных таблицы показывает, что в узких щелях (горловинах бункеров сложной формы) давление на боковую стенку и на диск (вертикальное давление) остаётся практически постоянным, т.к. семена образуют устойчивые статистические слои, которые воспринимают давление вышележащих слоёв.

Максимальное давление (при встряске) несколько больше минимального, однако и оно при увеличении высоты слоя остаётся практически постоянным.

Результаты определения боковых давлений при вращающемся диске представлены в табл. 3.

С повышением высоты слоя семян при вращающемся диске увеличивается боковое давление, однако это увеличение происходит до определенного предела – до 300 мм, после чего оно остается постоянным [7].

С увеличением скорости вращения диска давление на боковую стенку изменяется. Например, при изменении скорости диска с 20 до 35 мин<sup>-1</sup> для кукурузы минимальное давление увеличивается на 0,3 – 0,5 мг/мм<sup>2</sup>, а максимальное уменьшается на 0,2 – 0,4 мг/мм<sup>2</sup>; для подсолнечника минимальное давление увеличивается на 0,5 – 0,7 мг/мм<sup>2</sup> и максимальное увеличивается на 0,8 – 1,0 мг/мм<sup>2</sup>.



Таблица 3

Обороты диска, н, мин <sup>-1</sup>	Высота слоя семян, Н, мм	Кукуруза		Подсолнечник	
		Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>	Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>	Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>	Давление Р, мг/мм <sup>2</sup>
		мин.	макс.	мин.	макс.
20	100	0,96	1,92	0,46	0,96
	200	1,2	2,86	0,72	1,43
	300	1,43	3,36	1,2	1,92
	400	1,44	3,36	1,2	1,92
25	100	0,96	1,92	0,48	1,43
	200	1,43	2,40	0,96	1,68
	300	1,68	3,12	1,43	2,4
	400	1,68	3,12	1,43	2,16
30	100	0,96	1,75	0,96	1,92
	200	1,2	2,40	1,2	2,4
	300	1,68	2,86	1,92	2,88
	400	1,83	2,86	1,92	2,88
35	100	0,96	1,75	0,48	2,16
	200	1,43	2,40	1,2	2,4
	300	1,92	2,88	1,92	2,88
	400	1,92	3,12	1,92	2,88

С целью изучения степени заполнения ячеек высевного диска и повреждения семян в зависимости от высоты слоя были проведены опыты на экспериментальном аппарате при скорости высевного диска 30 мин<sup>-1</sup>. Результаты этих опытов представлены на кривых рис. 3.

Характер полученных кривых позволяет констатировать, что с увеличением высоты слоя семян в бункере заполнение ячеек диска уменьшается, а повреждение семян увеличивается.

Минимальное повреждение наблюдается при малой высоте слоя семян (порядка 20 – 40 мм). Малый слой семян на диске способствует лучшему отражению лишних семян (повреждение 1 – 1,2%), улучшению условий ворошению семян, уменьшению их относительной скорости.

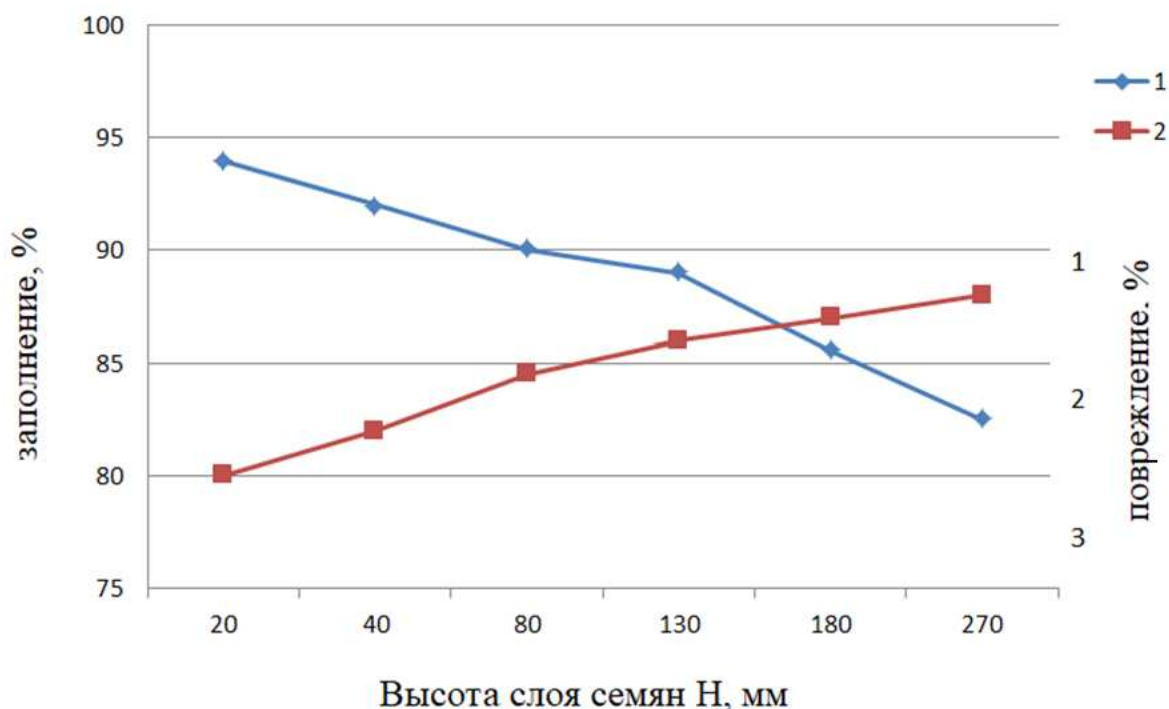


Рисунок 3. Зависимость заполнения ячеек и повреждения семян от высоты H :

1 - заполнение; 2 –повреждение .

Выводы. Исследование распределения давлений в бункерах в зависимости от высоты слоя семян бункера, а также результаты испытаний высевающего аппарата по заполнению ячеек к повреждению семян дают основания сделать следующие выводы:

Примененный прибор даёт возможность без использования сложной и громоздкой аппаратуры получать достоверные результаты при исследовании давлений в бункерах высевающих аппаратов [8].

В цилиндрических бункерах с увеличением высоты слоя семян повышаются боковое и вертикальное давления; вертикальное давление в два-три раза больше бокового. Зависимость давления от высоты слоя семян – прямолинейная.

В бункерах с узкой горловиной, ширина которой в два-три раза больше длины семени, с увеличением высоты слоя семян давление практически остается постоянным. Оно увеличивается в 1,5...2 раза при враще-

нии диска по сравнению с давлением при неподвижном диске. При изменении числа оборотов диска с 20 до 35 мин<sup>-1</sup> оно изменяется незначительно.

В высевающем аппарате с вертикальным диском с увеличением высоты слоя семян давление на диск не увеличивается, заполнение ячеек ухудшается, а повреждение давления семян растет.

Для улучшения условий работы отражательного ролика и заполнения ячеек семенами (уменьшения относительной скорости семян) необходимо применять разгрузатели – заслонки или перегородки, обеспечивающие высоту слоя семян на диске в пределах 20- 40 мм.

#### Список литературы

1. Цыбулевский, В. В. Исследование процесса однозернового высева семян высевающих аппаратов сеялок / В. В. Цыбулевский, А. Е. Матущенко, А. А. Полуэктов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6(92). – С. 134-137.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619745 Российская Федерация. Оптимизация основных параметров катушечного высевающего аппарата для посева семян рапса : № 2021618458 : заявл. 31.05.2021 : опубл. 16.06.2021 / А. Е. Матущенко, В. В. Цыбулевский, А. А. Полуэктов [и др.].

3. Котова, К. А. Обзор бункерных установок для определения причины сводообразования / К. А. Котова, Е. Е. Самурганов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3 ч., Краснодар, 10–30 марта 2021 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 479-482.

4. Патент № 2317671 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка : № 2006126439/12 : заявл. 20.07.2006 : опубл. 27.02.2008 / В. В. Цыбулевский, В. В. Куцеев, В. В. Куцеев ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.

5. Патент на полезную модель № 163299 U1 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка : № 2015151239/13 : заявл. 30.11.2015 : опубл. 10.07.2016 / Г. Г. Маслов, В. В. Цыбулевский, И. В. Щеглов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

6. Авторское свидетельство № 969190 А1 СССР, МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка : № 3254203 : заявл. 27.02.1981 : опубл. 30.10.1982 / В. П. Иванов, А. В. Будагов, С. А. Кузнецов [и др.] ; заявитель КУБАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ.

7. Баловнев, К. А. Оптимизация параметров вибрационного высевяющего аппарата для мелкосеменных овощных культур / К. А. Баловнев, В. В. Цыбулевский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 13. – С. 204-208.

8. Оптимальные параметры пневматического высевяющего аппарата / Г. Г. Маслов, В. В. Цыбулевский, Б. Х. Тазмеев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 170. – С. 203-210. – DOI 10.21515/1990-4665-170-011.

## References

1. Cybulevskij, V. V. Issledovanie processa odnozernovogo vy`seva semyan vy`sewayushhix apparatov seyalok / V. V. Cybulevskij, A. E. Matushhenko, A. A. Polue`ktov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 6(92). – S. 134-137.

2. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2021619745 Rossijskaya Federaciya. Optimizaciya osnovny`x parametrov katushechnogo vy`sewayushhego apparata dlya poseva semyan rapsa : № 2021618458 : zayavl. 31.05.2021 : opubl. 16.06.2021 / A. E. Matushhenko, V. V. Cybulevskij, A. A. Polue`ktov [i dr.].

3. Kotova, K. A. Obzor bunkerny`x ustanovok dlya opredeleniya prichiny` svodoobrazovaniya / K. A. Kotova, E. E. Samurganov // Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa : sbornik statej po materialam 76-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov po itogam NIR za 2020 god. V 3 ch., Krasnodar, 10–30 marta 2021 goda. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – S. 479-482.

4. Patent № 2317671 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/04. Pnevmaticheskaya seyalka : № 2006126439/12 : zayavl. 20.07.2006 : opubl. 27.02.2008 / V. V. Cybulevskij, V. V. Kuceev, V. V. Kuceev ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet.

5. Patent na poleznuyu model` № 163299 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/04. Pnevmaticheskaya seyalka : № 2015151239/13 : zayavl. 30.11.2015 : opubl. 10.07.2016 / G. G. Maslov, V. V. Cybulevskij, I. V. Shheglov ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet".

6. Avtorskoe svidetel`stvo № 969190 A1 SSSR, MPK A01C 7/04. Pnevmaticheskaya seyalka : № 3254203 : zayavl. 27.02.1981 : opubl. 30.10.1982 / V. P. Ivanov, A. V. Budagov, S. A. Kuznecov [i dr.] ; zayavitel` KUBANSKIY ORDENA TRUDOVOGO KRASNOGO ZNAMENI SEL`SKOXOZYAJSTVENNY`J INSTITUT.

7. Balovnev, K. A. Optimizaciya parametrov vibracionnogo vy`sewayushhego apparata dlya melkosemennny`x ovoshhny`x kul`tur / K. A. Balovnev, V. V. Cybulevskij // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – № 13. – S. 204-208.

8. Optimal`ny`e parametry` pnevmaticheskogo vy`sewayushhego apparata / G. G. Maslov, V. V. Cybulevskij, B. X. Tazmееv [i dr.] // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 170. – S. 203-210. – DOI 10.21515/1990-4665-170-011.