

УДК 631.331.85

UDC 631.331.85

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)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВАКУУМНЫХ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ

DETERMINATION OF SOME PARAMETERS OF OPERATION OF VACUUM-SMART SEEDING UNITS

Полуэкттов Александр Александрович
ассистент
aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Poluektov Aleksander Aleksandrovich
assistant
aleksandr.poluektov2000@yandex.ru

Ан Станислав Игоревич
студент факультета Механизации
stas61208@gmail.com
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

An Stanislav Igorevich
student of the Faculty of Mechanization
stas61208@gmail.com
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia

Такая технологическая операция как посев требует точных и современных подходов и методов ее проведения, в связи с этим в настоящее время идет процесс активного наращивания и усовершенствования технических средств для проведения данной технологической операции. В данной научной статье нами предлагается конструкция вакуумного высевающего аппарата, для посева зерновых и зернобобовых культур, с целью более точного распределения семенного материала по поверхности, что позволяет увеличить площадь питания отдельного растения, что в дальнейшем приводит к увеличению его урожайности. Помимо самой конструкции и технологического процесса ее работы, в данной статье также затрагивается вопрос о теоретических аспектах работы вакуумных высевающих аппаратов. В результате проведения теоретических исследований, было определено теоретически необходимое значение давления, для захвата и удержания одной единицы посевного материала, на примере озимой пшеницы

Such technological operation as sowing requires accurate and modern approaches and methods of its carrying out, in this regard, currently there is a process of active building up and improvement of technical means for carrying out this technological operation. In this scientific article, we propose a design of vacuum seeding apparatus for sowing grain and leguminous crops, in order to more accurately distribute the seed material on the surface, which allows to increase the area of nutrition of a single plant, which further leads to an increase in its yield. In addition to the design and technological process of its operation, this paper also addresses the issue of theoretical aspects of vacuum seeding units. As a result of theoretical research, the theoretically necessary pressure value was determined to capture and hold one unit of seed on the example of winter wheat

Ключевые слова: ДАВЛЕНИЕ, ЗЕРНО, МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ, ПОСЕВ, ВАКУУМ

Keywords: PRESSURE, GRAIN, MECHANICAL DAMAGE, YIELD, SOWING, VACUUM

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-208-051>

Посев является основополагающей частью в любом виде земледельческой деятельности, ведь именно от него будет зависеть получение урожая. На сегодняшний день известно различное множество посевных комплексов и агрегатов, которые имеют как свои преимущества, так и свои недостатки. Все это приводит к тому, что для получения высококачествен-

<http://ej.kubagro.ru/2025/04/pdf/51.pdf>

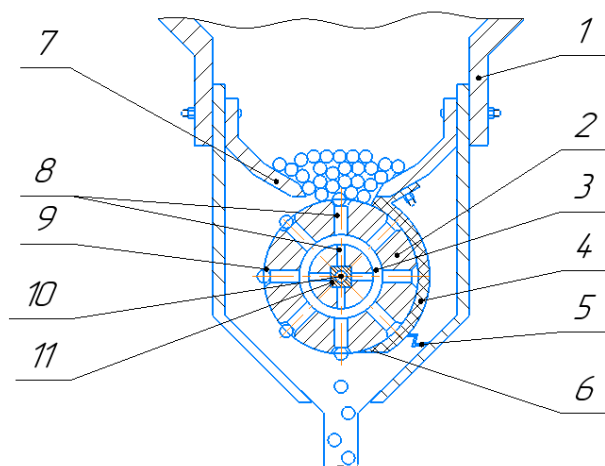
ного урожая необходимо уже на начальном этапе проектировать и разрабатывать посевные агрегаты и комплексы, которые смогут решать ряд задач и могут составить достойную конкуренцию зарубежным аналогам.

Развитие современных высевальных аппаратов становится неотъемлемой частью аграрного сектора АПК. Главным критерием эффективной работы высевальных аппаратов является равномерность посева и минимизация количества поврежденного посевного материала в процессе посева. Эти два критерия применяются во всех сельхозстроительных организациях и заводах. Как правило, увеличивая один критерий, снижается другой, поэтому создание новых высевальных аппаратов направлено на оптимизацию данных параметров [1].

Еще одним ограничением при создании новых высевальных аппаратов является ограничение, связанное с соблюдением условий агротехнических требований (скорость не более 12 км/ч), что может существенно сказаться на производительности данного вида сельскохозяйственной техники.

На сегодняшний день существует различное множество разнообразных конструкций высевальных аппаратов точного посева, проанализировав большинство из них можно сделать общий вывод о сложности их конструкции, а также наличие возможности травмирования посевного материала при посеве [2].

На рисунке 1.1 представлена конструкция вакуумного высевального аппарата, разработанная в Кубанском государственном аграрном университете, которая позволяет обеспечивать высокую равномерность посева на любых скоростях движения, а также минимизирует риски получения механических повреждений посевного материала при осуществлении посева [3].



1 – бункер, 2 – высевающая катушка, 3 – колесообразная полость, 4 – прижимная пластина,
5 – пружина, 6 – чистик, 7 – отражатель, 8 – вакуумные каналы, 9 – конусообразные углубления, 10 – цилиндрический вакуумный канал, 11 – вал привода катушек высевающего аппарата.

Рисунок 1.1 – Поперечный разрез вакуумного высевающего аппарата

Представленный выше вакуумный высевающий аппарат (Патент № 2781010 С1) позволяет производить точечный высев различных сельскохозяйственных культур с одинаковой точностью в независимости от того какая высевается культура и требуемая ее норма высева.

Работа данного высевающего аппарата заключается в следующем, семена из бункера самотеком (под действием силы тяжести), поступают в нижнюю часть бункера, которая представляет из себя наклонные пластины (отражатели), в результате чего семенной материал попадает на высевающую катушку, где при помощи вакуума, семя попадает в конусообразное углубление и, удерживаясь в нем, за счет вращения катушки высевающего аппарата, транспортируется в нижнюю часть высевающего аппарата, где под действием чистка извлекается из ячейки и попадает в семяпровод. Равномерное распределение вакуума между всеми конусовидными углубления происходит при помощи радиальных вакуумных каналов, и колесообразной полости, что приводит к возникновению прижимного усилия се-

мени в конусовидном углублении в любом положении высевающей катушки.

Основным показателем работы вакуумных высевающих аппаратов является давление, которое захватывает и удерживает семя в процессе его транспортировки высевающими рабочими органами [4].

Далее рассмотрим процесс работы вакуумного высевающего аппарата с теоретической точки зрения, для определения необходимого давления для захвата и удержания семян, на примере семян озимой пшеницы.

Во время движения катушки зерновка проходит путь из положения А в катушке в положение В.

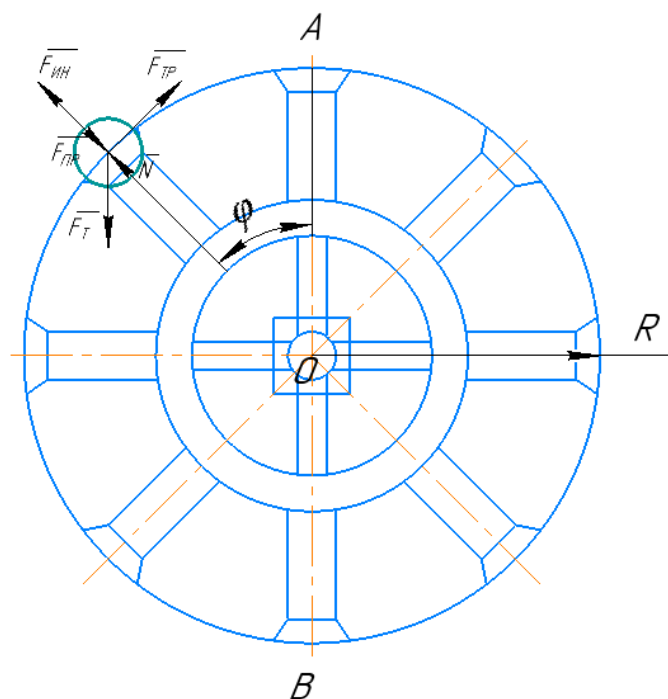


Рисунок 1.2 – Схема действия сил на зерновку

Определим силы, действующие на зерновку во время нахождения в конусовидном углублении.

Сила тяжести:

$$F_T = mg \quad (1.1)$$

где m – масса зерновки, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Сила инерции:

$$F_{\text{ин}} = m\omega^2 R \quad (1.2)$$

где ω – угловая скорость катушки, рад/с;

R – радиус катушки, м.

Сила притяжения создаваемая вакуумом:

$$F_{\text{пр}} = (P_0 - P)S \quad (1.3)$$

где P_0 – атмосферное давление, Па;

P – давление в каналах катушки, Па;

S – поперечное сечение зерновки, м².

Для зерновки сферической формы ее положение в углублениях катушки неважно, а для зерновки произвольной формы надо учесть. На крайних положениях с $S_{\min}$ и $S_{\max}$ [5].

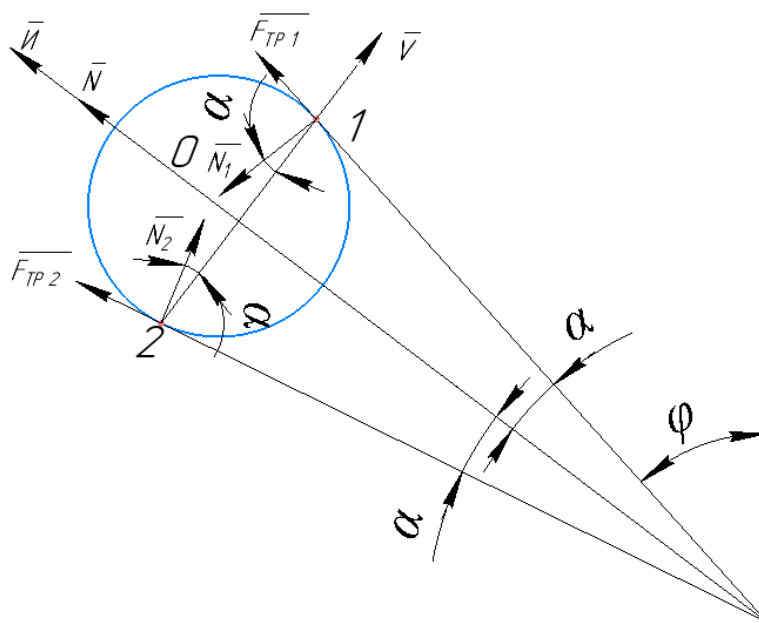


Рисунок 1.3 – Силы, действующие со стороны зерновки

Пользуясь данными рисунка 1.3 найдем

Сумму нормальных реакций стенок конусовидных углублений на зерновку

$$\bar{N} = \bar{N}_1 + \bar{N}_2, \quad N_2 > N_1 \quad (1.4)$$

Силу с которой зерновка оказывает воздействие на конусовидные углубления

$$N_{\text{и}} = N_1 \sin \alpha + N_2 \sin \alpha = (N_1 + N_2) \sin \alpha \quad (1.5)$$

Силу, с которой конусовидные углубления оказывают воздействия на зерновку.

$$N_V = N_2 \cos \alpha - N_1 \cos \alpha = (N_2 - N_1) \cos \alpha \quad (1.6)$$

Силу трения зерновки о конусовидные углубления

$$F_{\text{тр и}} = F_{\text{тр 1}} \cos \alpha + F_{\text{тр 2}} \cos \alpha = (F_{\text{тр 1}} + F_{\text{тр 2}}) \cos \alpha \quad (1.7)$$

Силу трения конусовидных углублений о зерновку

$$F_{\text{тр V}} = F_{\text{тр 1}} \sin \alpha - F_{\text{тр 2}} \sin \alpha = (F_{\text{тр 1}} - F_{\text{тр 2}}) \sin \alpha \quad (1.8)$$

Например, для семени пшеницы имеются две плоскости симметрии:

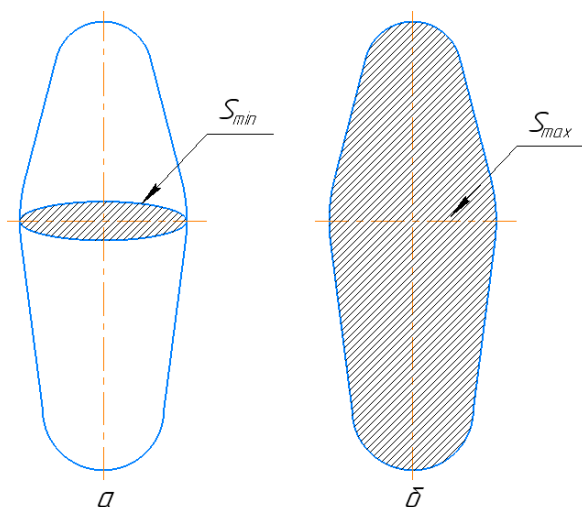


Рисунок 1.4 – Миделево сечение зерновки

Рассмотрим произвольное положение катушки, когда угол поворота φ изменяется от $\varphi = 0$ (положение А, рис. 1) до $\varphi = \pi$ (положение В), $0 \leq \varphi \leq \pi$.

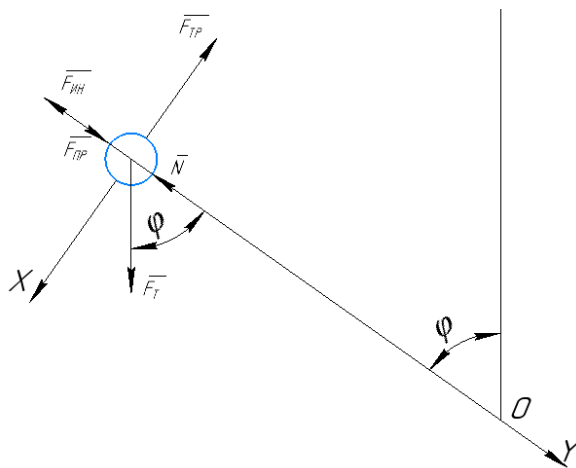


Рисунок 1.5 – Схема сил во время движения катушки

Применим метод кинетостатики

$$F_T + F_{ин} + F_{пр} = 0 \quad (1.9)$$

В проекции на оси X и Y:

$$X: F_T \sin \varphi - F_{тр V} - N_V = 0 \quad (1.10)$$

$$Y: F_{пр} + F_T \cos \varphi - N_{и} - F_{тр и} - F_{ин} = 0 \quad (1.11)$$

Условие отрыва зерновки в положении В будет $N_{и} = 0$, тогда

$$F_{пр} + F_T \cos \varphi - F_{тр и} = 0 \quad (1.12)$$

$$F_{тр и} = \mu N_0 = 0 \quad (1.13)$$

$$(P_0 - P)S_{max} + mg \cdot \cos \pi = 0 \quad (1.14)$$

При $\cos \pi = -1$

$$(P_0 - P)S_{max} - mg = 0 \quad (1.15)$$

$$P = \frac{P_0 S_{max} - mg}{S_{max}} = P_0 - \frac{mg}{S_{max}} \quad (1.16)$$

Аналогично для S_{min}

Далее численно определим силу вакуума необходимую для удержания семени в конусовидном углублении.

$$P_1 = \frac{0,040}{1000} \cdot 9,81 = 3,66 \cdot 10^{-5} \text{ кПа} = 36 \text{ Па}$$

В результате этого получаем теоретически необходимое значение вакуума для удержания одного семени.

Такое давление обосновывается тем, что вакуум необходим для удержания семени в процессе прохождения катушкой полудуги (от верхнего положения к нижнему, А-В, рисунок 1.2).

Далее рассмотрим условие попадание в конусовидное углубление только одного семени. Воспользуемся теоретическими исследованиями, представленными в [6].

Вероятность того, что семя попадет в ту или иную ячейку, без учета действия вакуума рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{D}{D + h} \left(1 - \frac{d}{D} \right) \quad (1.17)$$

где P – вероятность попадания одного семени в одно конусовидное углубление;

D – диаметр верхней части конусовидного углубления, мм;

h – глубина конусовидного углубления, мм;

d – диаметр поперечного сечения зерновки, мм.

Учитывая, что в работе [6], рассматривалось условие заполнения ячейки высевающего аппарата дражжированными семенами, близкими к форме круга, вероятность попадания семян пшеницы будет ниже, чем у дражжированных семян близких по форме к форме кругу. Принимая во внимание тот факт, что в [6] рассматривалось условие заполнения ячеек только под действием силы тяжести, формула 1.17 может быть применена и к нашей конструкции, так как в нашем случае помимо силы тяжести также используется сила притяжения, создаваемая вакуумом.

Использование точечного высева сельскохозяйственных культур, позволяет увеличить площадь питания отдельно стоящих растений, что в свою очередь приводит к повышению урожайности. Повышение полевой урожайности сельскохозяйственных культур является острой проблемой уже более ста лет. Решение данной проблемы приводит к созданию большого количества новых методик расчетов и проведения экспериментов, а также к созданию новых конструктивных решений, позволяющих выполнять те или иные операции на повышенных скоростях движения, без существенной потери в качестве выполняемой технологической операции.

В данной научной статье была предложена конструкция вакуумного высевающего аппарата для точечного посева зерновых и зернобобовых культур [8], а также рассчитан показатель давления, необходимый для захвата и удержания одного семени ячейками высевающей катушки.

Список литературы

1. Оптимальные параметры пневматического высевающего 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.
2. Красовских В.С., Клишин А.И. Выссевающие устройства посевных машин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007. № 8. С. 48 – 51.
3. Патент № 2781010 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Вакуумный выссевающий аппарат : № 2022102950 : заявл. 07.02.2022 : опубл. 04.10.2022 / В. В. Цыбулевский, А. А. Полуэктов, А. Е. Матущенко, М. Д. Сарксян ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина".
4. Погосян, В. М. Методика исследований физико-механических свойств семян амаранта / В. М. Погосян, К. И. Ставровский, Е. Р. Дубровский // Уральский научный вестник. – 2019. – Т. 5. – № 3. – С. 44-46.
5. Матущенко А.Е. Высев мелкосемянной культуры, костреца безостого / А.Е. Матущенко // В сборнике «Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 12 Всероссийской конференции молодых ученых. Отв. за вып. А.Г. Коцаев. 2019. С. 142–143.
6. Цыбулевский, В. В. Приложение теории вероятности к рассмотрению условий заполнения ячеек диска выссевающего аппарата дражжированными семенами / В. В. Цыбулевский, А. Е. Матущенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(90). – С. 130-133. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-90-4-130-133.
7. Цыбулевский, В. В. Определение размеров отверстий ячеек выссевающего диска / В. В. Цыбулевский, А. Е. Матущенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3(89). – С. 112-115. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-112-115.
8. Полуэктов, А. А. Исследование функции распределения геометрических размеров семян озимой пшеницы / А. А. Полуэктов, О. С. Вакуленко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(99). – С. 92-98.

References

1. Optimal`ny`e parametry` pnevmaticheskogo vy`sevayushhego 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.
2. Krasovskix V.S., Klishin A.I. Vy`sevayushhie ustrojstva posevny`x mashin // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007. № 8. S. 48 – 51.
3. Patent № 2781010 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/04. Vakuumny`j vy`sevayushhij apparat : № 2022102950 : zayavl. 07.02.2022 : opubl. 04.10.2022 / V. V. Cybulevskij, A. A. Polue`ktov, A. E. Matushhenko, M. D. Sarksyany ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshhego obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina".
4. Pogosyan, V. M. Metodika issledovaniy fiziko-mexanicheskix svojstv semyan amara`nta / V. M. Pogosyan, K. I. Stavrovskij, E. R. Dubrovskij // Ural`skij nauchny`j vestnik. – 2019. – T. 5. – № 3. – S. 44-46.
5. Matushhenko A.E. Vy`sev melkosemyanno`j kul`tury`, kostrecza bezostogo / A.E. Matushhenko // V sbornike «Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa.

Sbornik statej po materialam 12 Vserossijskoj konferencii molody`x ucheny`x. Otv. za vy`p. A.G. Koshhaev. 2019. S. 142–143.

6. Cybulevskij, V. V. Prilozhenie teorii veroyatnosti k rassmotreniyu uslovij zapolneniya yacheek diska vy`sewayushhego apparata drazhzhirovanny`mi semenami / V. V. Cybulevskij, A. E. Matushhenko // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 4(90). – S. 130-133. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-90-4-130-133.

7. Cybulevskij, V. V. Opredelenie razmerov otverstij yacheek vy`sewayushhego diska / V. V. Cybulevskij, A. E. Matushhenko // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 3(89). – S. 112-115. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-112-115.

8. Polue`ktov, A. A. Issledovanie funkcii raspredeleniya geometricheskix razmerov se-myay ozimoy pshenicy / A. A. Polue`ktov, O. S. Vakulenko // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 1(99). – S. 92-98.