

Научная статья

УДК 631.331

EDN QUFKOZ

DOI: 10.22450/19996837_2023_1_128

**Теоретические аспекты процесса загрузки и разгрузки
ячеек карманного типа в аппарате точного высева****Александр Александрович Фадеев¹, Сергей Александрович Шишлов²,
Игорь Александрович Бородин³, Дмитрий Сергеевич Шишлов⁴**^{1, 2, 3, 4} Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Приморский край, Уссурийск, Россия

² sergey_a_shishlov@mail.ru

Аннотация. В современных условиях одной из наиболее широко распространенных и важных для агропромышленного комплекса Приморского края сельскохозяйственных культур является соя. Продукция соеводческой отрасли применяется в продовольственных, кормовых, технических целях; пользуется высоким спросом в России и странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Известно, что продуктивность растений сои имеет непосредственную связь с их расположением по площади питания, соответствующим агробиологическим требованиям этой культуры. Наибольшая точность раскладки семян сои при посеве может быть достигнута за счет применения высевающих устройств, обеспечивающих единичный отбор семян с последующим их высевом в пунктирную строчку с заданным интервалом. В этой связи актуальность имеет разработка новых и совершенствование существующих конструкций аппаратов точного высева. Предлагаемая конструкция высевающего устройства с ячейками карманного типа (патент РФ № 164890) имеет ряд конструктивных особенностей, в числе которых отсутствие вспомогательных элементов, обеспечивающих попадание семян в ячейки высевающего диска и последующий высеv семян из ячеек. В статье представлены некоторые результаты теоретических исследований процесса загрузки и разгрузки ячеек карманного типа в аппарате точного высева с единичным отбором семян.

Ключевые слова: посев, точный высеv, единичный отбор семян, высевающий аппарат

Для цитирования: Фадеев А. А., Шишлов С. А., Бородин И. А., Шишлов Д. С. Теоретические аспекты процесса загрузки и разгрузки ячеек карманного типа в аппарате точного высева // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 1. С. 128–133. doi: 10.22450/19996837_2023_1_128.

Original article

**Theoretical aspects of the process of loading and unloading
pocket-type cells in a seed-placing device****Aleksandr A. Fadeev¹, Sergei A. Shishlov²,****Igor A. Borodin³, Dmitrii S. Shishlov⁴**^{1, 2, 3, 4} Primorskaya State Academy of Agriculture, Primorsky krai, Ussuriisk, Russia² sergey_a_shishlov@mail.ru

Abstract. In the current conditions, one of the most widespread and important agricultural crops for the agro-industrial complex of Primorsky krai is soybeans. The products of the soybean industry are used for food, feed, and technical purposes, and are in high demand in Russia and the countries of the Asia-Pacific region. It is known that the productivity of soybean plants is directly related to their location in the area of nutrition corresponding to the agrobiological requirements of this crop. The greatest accuracy of the layout of soybean seeds during sowing can be achieved through the use of sowing devices that provide a single selection of seeds, followed by their sowing in a dot-

ted line with a specified interval. In this regard, the development of new and improvement of existing designs of precision seeding machines is relevant. The proposed design of a seeding device with pocket-type cells (patent RF No. 164890) has a number of design features, including the absence of auxiliary elements that ensure the entry of seeds into the cells of the seeding disk and subsequent seeding of seeds from the cells. The article presents some results of theoretical studies of the process of loading and unloading pocket-type cells in a seed-placing device with a single seed selection.

Keywords: sowing, precision seeding, single selection of seeds, sowing machine

For citation: Fadeev A. A., Shishlov S. A., Borodin I. A., Shishlov D. S. Teoreticheskie aspekty protsessy zagruzki i razgruzki yacheek karmannogo tipa v apparate tochnogo vyseva [Theoretical aspects of the process of loading and unloading pocket-type cells in a seed-placing device]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 1: 128–133. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_1_128.

Введение. Одним из направлений улучшения качества работы растениеводческой отрасли АПК является повышение урожайности сельскохозяйственных культур при общем снижении их себестоимости. В Приморском крае производство сои носит приоритетный характер как по посевным площадям, так и по объему валового сбора зерна. Немаловажную роль в повышении эффективности возделывания сои играет применение машин точного высева, позволяющих производить посев с оптимальным, с агробиологической точки зрения, расположением семян в почве, что способствует полноценному развитию растений, приводящему к увеличению урожая.

Предлагаемая конструкция высевающего устройства, техническая новизна которой подтверждена патентом Российской Федерации № 164890 [1], производит единичный отбор семян с их последующим высевом в пунктирную строчку с заданным интервалом. Отличительной особенностью высевающего устройства является отсутствие дополнительных элементов (выталкивателей, укладчиков, роликов-отражателей и т. д.), способствующих заполнению ячеек семенами и последующему их высеву. Такое конструктивное исполнение позволит снизить повреждение семян в процессе загрузки и разгрузки ячеек.

Целью работы явился теоретический анализ силовых и кинематических факторов, влияющих на загрузку ячеек высевающего диска семенами и их разгрузку в высевающем устройстве точного высева с ячейками карманного типа.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены с использо-

ванием законов математического анализа, физики и теоретической механики.

Результаты исследований. Для обеспечения бесперебойной работы высевающего устройства, загрузка семян в ячейки высевающего диска должна происходить без пропусков. Для этого необходимо согласование углов естественного откоса и трения посевного материала по контактирующим с ним поверхностям высевающего устройства. В соответствии с линейными размерами семян сои, исследованными ранее [2], примем, что зерно сои имеет шарообразную форму. Загрузка ячеек карманного типа высевающего устройства [1] происходит за счет зачерпывания семян при вращательном движении диска в полости бункера (рис. 1).

Ось ячеек выполнена под углом α , соответствующим углу трения семян по материалу высевающего диска, и расположена в продольной плоскости диска, проходящей через его ось симметрии [1] (рис. 1).

Если в момент входа ячейки в бункер ее загрузка по принципу зачерпывания не произошла, то при дальнейшем вращательном движении высевающего диска в объеме посевного материала зерно попадает в ячейку под действием силовых факторов, представленных на рисунке 2.

Нормальная реакция N (рис. 2) является результирующей реакцией взаимодействия зерен:

$$\bar{N} = \bar{N}_1 + \bar{N}_2 + \dots + \bar{N}_i \quad (1)$$

Сила трения $F_{тр}$ в точке соприкосновения зерна с поверхностью диска определится по формуле (2):

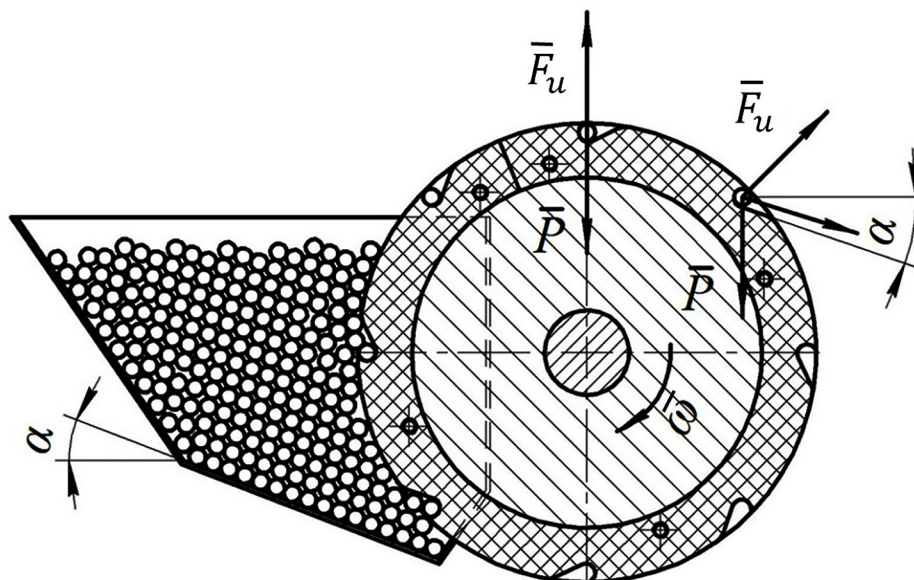


Рисунок 1 – К определению условий загрузки ячеек

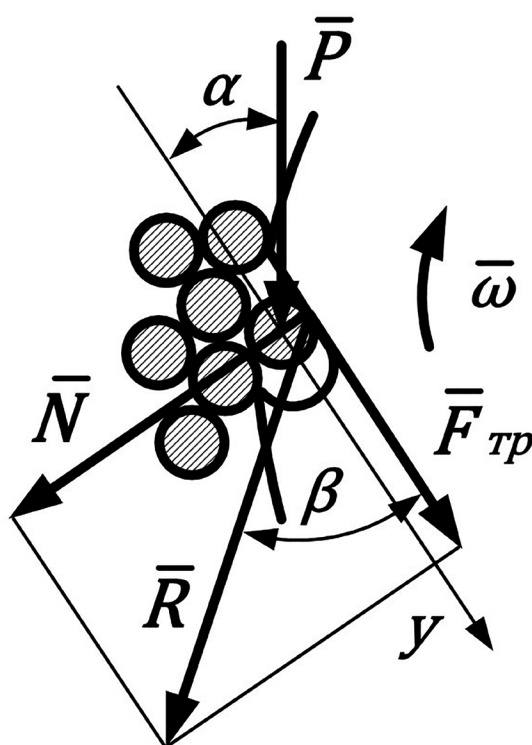


Рисунок 2 – Силовые факторы, действующие на зерно при загрузке в ячейку высевяющего диска

$$F_{тр} = N \cdot f \quad (2)$$

где f – коэффициент трения зерна по поверхности диска.

Сила R (рис. 2), действующая на зерно во время загрузки ячейки, определит-

ся геометрической суммой силы трения и нормальной реакции:

$$\bar{R} = \bar{F}_{тр} + \bar{N} \quad (3)$$

Анализ схемы силовых факторов, действующих на зерно при загрузке в

ячейку (рис. 2), показывает, что загрузка зерна в ячейку происходит эффективнее при меньших значениях угла β , который определится при помощи выражения (4):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{N}{F_{\text{тр}}} \quad (4)$$

Тогда усилие F_3 , обеспечивающее загрузку ячеек, определится суммой проекций действующих сил на ось y :

$$F_3 = R \cdot \cos \beta + P \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где P – сила тяжести единичного зерна.

Из выражения (5) следует, что при положении высевающего диска, когда центральная ось ячейки совпадает с направлением силы тяжести зерна (при $\alpha = 0$), условия заполнения ячейки наилучшие.

Рассмотрим условия выхода единичного зерна сои из ячейки.

При относительно малой угловой скорости высевающего диска ω разгрузка

ячейки под действием силы тяжести семян произойдет, когда проекция силы P на вертикальную ось приобретет большее значение, чем проекция удерживающей силы $F_{\text{мп}}$ на эту же ось.

Центробежная разгрузка ячейки под действием силы Q (рис. 3) наиболее эффективно произойдет при условии, когда сила инерции зерна будет равна по модулю и противоположно направлена его силе тяжести при отсутствии силы нормального давления и силы трения:

$$\bar{F}_u = -\bar{P} \quad (6)$$

Тогда имеем выражение (7):

$$m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot g \quad (7)$$

где m – масса единичного зерна;
 r – радиус высевающего диска;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Угловая скорость высевающего диска для начальных условий центробежного выхода зерна (7) определится из выражения (8):

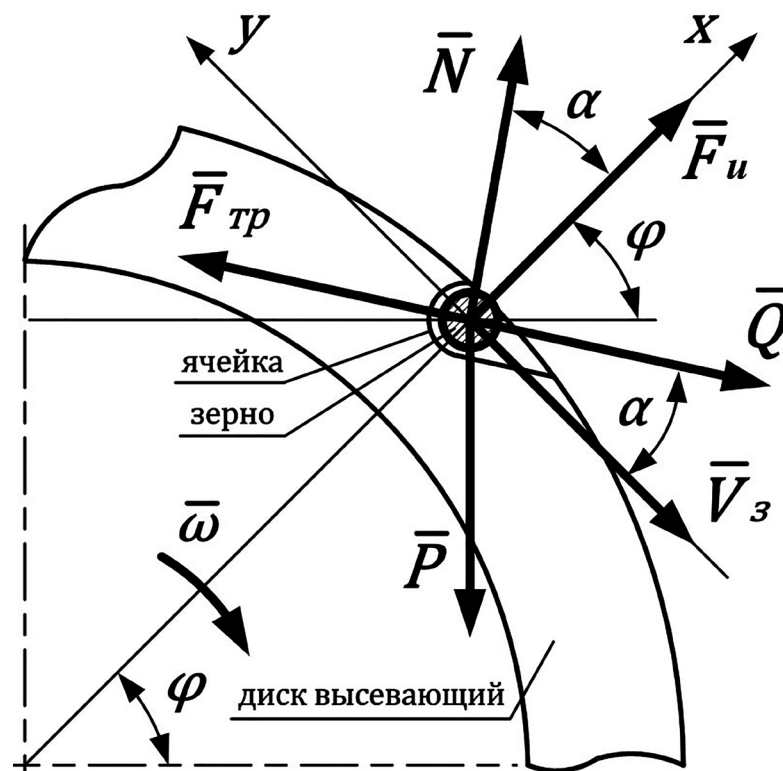


Рисунок 3 – К определению условий разгрузки ячеек

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}} \quad (8)$$

При этом радиус высевающего диска составит:

$$r = \frac{g}{\omega^2} \quad (9)$$

Дальнейший поворот высевающего диска изменит положение зерна в ячейке, и условие (6) не будет выполняться. На зерно будет действовать выбрасывающая его из ячейки сила Q , нормальная реакция N , сила трения $F_{тр}$, сила инерции F_u и сила тяжести P . Направление движения зерна в ячейке высевающего диска до его высева определится направлением окружной скорости зерна V_s .

Применяя принцип Даламбера [3], приложим к системе сил, действующих на зерно, силу инерции F_u и составим уравнение проекций на ось x :

$$F_u + N \cos \alpha - F_{тр} \sin \alpha + Q \sin \alpha - P \cos \varphi = 0 \quad (10)$$

Отсюда получим выражение (11):

$$Q = \frac{F_{тр} \sin \alpha + P \cos \varphi - F_u - N \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (11)$$

Тогда угол поворота высевающего диска φ , при котором начинается процесс выхода зерна из ячейки, определится с использованием выражения (12):

$$\cos \varphi = \frac{F_u + N \cos \alpha - F_{тр} \sin \alpha + Q \sin \alpha}{P} \quad (12)$$

Полученные теоретические зависимости могут быть использованы при исследовании и проектировании дисковых устройств точного высева с ячейками карманного типа и прочих высевающих агрегатов со сходным принципом посева [4].

Выводы. 1. Загрузка зерна в ячейку карманного типа происходит эффективнее при меньших значениях угла β (рис. 2). Наилучшие условия заполнения ячейки зерном создаются при положении высевающего диска, когда центральная ось ячейки совпадает с направлением силы тяжести зерна.

2. Центробежная разгрузка зерна из ячейки под действием выбрасывающей силы наиболее эффективно произойдет, когда сила инерции зерна будет равна по модулю и противоположно направлена его силе тяжести при отсутствии силы нормального давления и силы трения.

Список источников

1. Патент № 164890 Российская Федерация. Высевающий аппарат : № 2015139419/13 : заявл. 16.09.2015 : опубл. 20.09.2016 / Бородин И. А., Комин А. Э., Фадеев А. А. Бюл. № 26. 3 с.
2. Шишлов С. А., Шишлов А. Н. Влияние геометрических размеров семян сои на параметры загрузочного окна высевающего аппарата // Наука в центральной России. 2013. № 5S. С. 4–6.
3. Лачуга Ю. Ф., Ксендзов В. А. Теоретическая механика. М. : Колос, 2005. 576 с.
4. Расширение функциональных возможностей колесной энергетике / О. А. Кузнецова, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С.87–98.

References

1. Borodin I. A., Komin A. E., Fadeev A. A. Vysevayushchii apparat [Seeding apparatus], Patent RF No. 164890 patents.google.com Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU164890U1/ru> (Accessed 25 November 2022) (in Russ.).
2. Shishlov S. A., Shishlov A. N. Vliyanie geometricheskikh razmerov semyan soi na parametry zagruzochnogo okna vysevayushchego apparata [Influence of the geometric dimensions

of soybean seeds on the parameters of the loading window of the sowing machine]. *Nauka v central'noj Rossii. – Science in Central Russia*, 2013; 5S: 4–6 (in Russ.).

3. Lachuga Yu. F., Ksendzov V. A. *Teoreticheskaya mekhanika [Theoretical mechanics]*, Moskva, Kolos, 2005, 576 p. (in Russ.).

4. Kuznetsova O. A., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Evdokimov V. G., Polikutina E. S. [et al.]. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostei kolesnoi energetiki [Expansion of wheeled power functional capabilities]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 1 (57): 87–98 (in Russ.).

© Фадеев А. А., Шишлов С. А., Бородин И. А., Шишлов Д. С., 2023

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 04.03.2023; принята к публикации 14.03.2023.

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 04.03.2023; accepted for publication 14.03.2023.

Сведения об авторах

Фадеев Александр Александрович, старший преподаватель, Приморская государственная сельскохозяйственная академия;

Шишлов Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, Приморская государственная сельскохозяйственная академия,
sergey_a_shishlov@mail.ru;

Бородин Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, Приморская государственная сельскохозяйственная академия;

Шишлов Дмитрий Сергеевич, студент бакалавриата, Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Information about authors

Aleksandr A. Fadeev, Senior Lecturer, Primorskaya State Academy of Agriculture;

Sergei A. Shishlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Primorskaya State Academy of Agriculture, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Igor A. Borodin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Primorskaya State Academy of Agriculture;

Dmitrii S. Shishlov, Undergraduate Student, Primorskaya State Academy of Agriculture