Shukov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Kiryukhina Tatyana – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University” Russia, Penza, e-mail: kiryuhina.t.a@pgau.ru.

Поступила в редакцию (Received): 14.02.2020 Принята к публикации (Accepted): 03.04.2020

УДК 621.899

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-29-35

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ СО СПЛОШНЫМ ПОКРЫТИЕМ КЛАПАНА ИЗ РЕЗИНЫ С ШИПАМИ

¹Ларюшин Николай Петрович

¹Родин Александр Сергеевич

¹Шуков Александр Васильевич

¹Шумаев Василий Викторович

¹Кирюхина Татьяна Александровна

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. Исследования, направленные на повышение качества посева зерновых культур сеялкой за счет разработки эффективных катушечных высевальных аппаратов имеет важное значение для АПК России. Новый катушечный высевальный аппарат со сплошным покрытием клапана из резины с шипами разработан, изготовлен и испытан на базе Пензенского ГАУ. Проводили теоретические исследования конструктивных и режимных параметров катушечного высевального аппарата, со сплошным покрытием клапана из резины с шипами. Установили, что угол обхвата сплошного покрытия из резины с шипами, замеренный от кромки сброса семян клапана из центра вращения высевальной катушки, составляет 100 градусов. Улучшение равномерности высева семян с заданной нормой, снижение травмирования семян и повышению урожайности могут быть обеспечены наличием сплошного покрытия из резины с шипами, с заданными конструктивными параметрами.

Изучали закономерности движения центра масс семени при передвижении его по плоскости клапана высевального аппарата. Установили зависимости наименьшего коэффициента трения, при котором возможно качение семени без скольжения, частоты вращения катушки. Показали, что при использовании предлагаемого высевального аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане с расчётными конструктивными и кинематическими параметрами за счёт улучшенного формирования потока семян при выходе из исследуемого высевального аппарата уменьшится неравномерность распределения семян по длине рядка, а также снизятся пульсации семян, в результате повысится урожайность производимой культуры и снизятся затраты на её производство.

Ключевые слова: катушечный высевальный аппарат, неустойчивость общего высева, посев, зерновые культуры, клапан, шипы.

THEORETICAL STUDIES OF THE SEEDING APPARATUS OF A SEEDER WITH A SOLID COVER OF A VALVE MADE OF RUBBER WITH SPIKES

¹Laryushin Nikolay

¹Rodin Alexander

¹Shukov Alexander

¹Shumaev Vasily

¹Kiryukhina Tatyana

¹FSBEI HE “Penza State Agrarian University”

Abstract. Research aimed at improving the quality of sowing of grain crops with a seeder due to the development of effective reel sowing machines is important for the Russian agricultural sector. The new spool metering device with a continuous coating of a valve made of rubber with spikes is designed, manufactured and tested on the basis of the Penza GAU. A theoretical study of the design and operating parameters of the coil meter, with a continuous coating of the valve made of rubber with spikes, was carried out. It was found that the angle of coverage of a continuous coating of rubber with spikes, measured from the edge of the discharge of valve seeds from the center of rotation of the seed coil, is 100 degrees. Improving the uniformity of sowing seeds with a given rate, reducing injury to seeds and increasing yields can be ensured by the presence of a continuous coating of rubber with spikes, with predetermined design parameters. The patterns of motion of the center of mass of the seed when moving it along the plane of the valve of the sowing apparatus was studied. The dependences of the smallest coefficient of friction, at which the seed can roll without sliding, are set to the rotation frequency of the coil. It was shown that when using the proposed metering device coated with rubber with spikes on the valve with calculated structural and kinematic parameters, due to the improved formation of the seed flow upon exit from the studied metering device, the uneven distribution of seeds along the row length will decrease, as well as the pulsation of seeds, as a result the yield of the produced crop will increase and the cost of its production will decrease.

Keywords: coil seeding machine, instability of general seeding, seeding, crops, valve, spikes.

Ведение. С помощью высевашего аппарата можно создать плавный без пульсации поток семян при снижении их дробления, обеспечить заданную устойчивость общего высева, не зависящую от скорости движения посевного агрегата. Для высевашего аппарата важно иметь простую конструкцию, обеспечивающую надежную и удобную регулировку нормы высева различных культур.

Наиболее распространены катушечные высевашие аппараты с корпусом, в котором размещены высевашая катушка и установленный под ней клапан с гладкой рабочей поверхностью. При работе такие высевашие аппараты не обеспечивают равномерность высева, устойчивость заданной нормы высева, их использование повышает дробление семян, что негативно сказывается на урожайности зерновых культур. Поэтому разработка катушечного высевашего аппарата, со сплошным покрытием клапана из резины с шипами, имеет важное значение для АПК России.

При работе данного высевашего аппарата можно говорить о сокращении времени формирования упорядоченного неподвижного слоя семян, осуществлению более равномерного торможения нижних слоев семян в активном слое, формированию устойчивого активного слоя семян, снижению травмирования семян, исключению самопроизвольного истечения семян с кромки сброса клапана, улучшению равномерности высева, устранению проявления задерживания семян стенками корпуса семенной коробки, увеличению толщины активного слоя, при этом обеспечивается устойчивость заданной нормы высева. Указанное выше способствует улучшению положения с качеством высева семян, повышением урожайности культуры и снижением себестоимости продукции.

В результате анализа работы катушечных высеваших аппаратов, можно утверждать, что силы трения между семенами, частота вращения катушки, тип семян влияют на толщину активного слоя, в результате чего высев семян осуществляется неравномерно. В результате семена неравномерно распределяются по длине ряда, общий высев семян характеризуется неустойчивостью и дроблением, а в итоге все это приводит к снижению урожайности возделываемых культур.

Материалы и методы. На базе ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ в настоящее время разработан, изготовлен и испытан новый катушечный высеваший аппарат со сплошным покрытием клапана из резины с шипами (Патент № 2688837).

Катушечный высеваший аппарат со сплошным покрытием клапана из резины с шипами содержит корпус 1 (рис.1) с установленной в нём катушкой 2 и размещенным под ней клапаном 3, рабочая поверхность клапана 3 имеет заднюю и переднюю части. Задняя часть клапана 3 выполнена в виде части поверхности цилиндра. Край рабочей поверхности задней части клапана 3, выполненный в виде части поверхности цилиндра, имеет кромку 4 сброса семян клапана 3, выполненную со скосом. На клапан 3 способом гуммирования, нанесено покрытие 5 из резины с шипами 6. Шипы 6 сплошного покрытия 5 из резины расположены в шахматном порядке.

Работа катушечного высевающего аппарата со сплошным покрытием клапана из резины с шипами происходит следующим образом. Вращаясь катушка 2 заполняет желобки семенами из верхней части семенной коробки и направляет их к клапану 3, заполняя одновременно переднюю поверхность клапана 3, а так же поверхность сплошного покрытия 5 из резины с шипами 6. С клапана 3 семена сходят в семяпровод.

Для создания условий с целью движения семян без заклинивания, формирования активного слоя семян заданной толщины, равномерного высева семян с заданной нормой и в то же время исключения самопроизвольного истечения семян с кромки 4 сброса семян, на клапан 3 нанесено сплошное покрытие 5 из резины с шипами 6. Для этого рабочая поверхность клапана 3 выполнена гладкой. Гладкая рабочая поверхность клапана 3 имеет переднюю и заднюю части. Задний край рабочей поверхности задней части клапана 3, выполненный в виде части поверхности цилиндра, имеет кромку 4 для сброса семян через клапан 3, выполненную со скосом, идентичным скосу кромки 4 для сброса семян клапана 3. Для угла обхвата задней части клапана 3, определенного от кромки 4 для сброса семян клапана 3 из центра вращения высевающей катушки 2, определено значение $\alpha = 55$ градусов. Оставшуюся часть гладкой рабочей поверхности клапана 3, без задней части клапана 3, занимает передняя часть клапана 3. Форма гладкой рабочей поверхности передней части клапана 3 выполнена идентично форме рабочей поверхности клапана 3, все это способствует улучшению устойчивости дозирования высева семян.

а – общий вид, б – клапана из резины с шипами

1 – корпус; 2 – катушка; 3 – клапан; 4 – опоры; 5 – донце; 6 – скос; 7 – направлятель; 8 – щетка.

Рисунок 1 – Схема катушечного высевающего аппарата со сплошным покрытием клапана из резины с шипами:

Для формирования равномерного, устойчивого активного слоя семян заданной толщины получен неподвижный слой семян за счет нанесения на клапан 3, способом гуммирования, сплошного покрытия 5 из резины с шипами 6. Неподвижный слой семян свободно, упорядоченно, без вспучивания, надежно и равномерно распределяется между шипами 6, на сплошном покрытии из резины, что способствует образованию устойчивого активного слоя семян заданной толщины, без попадания семян к боковинам корпуса 1 семенной коробки. Величина угла обхвата сплошного покрытия 5 из резины с шипами 6, определенная от кромки 4 сброса семян клапана 3 из центра вращения высевающей катушки 2, равна $\beta = 100$ градусов. Благодаря наличию сплошного покрытия 5 из резины с шипами 6, имеющего заданные конструктивные параметры, происходит улучшение равномерности высева семян с заданной нормой, снижение травмирования семян и повышение урожайности.

Сплошное покрытие 5 из резины с шипами 6, имеющее заданные конструктивные параметры отвечает за улучшение равномерности высева семян по заданным нормам, снижение их травмирования и повышение урожайности.

Чтобы улучшить равномерность высева семян, увеличив активный слой и устранив проявления их задерживания стенками корпуса 1 семенной коробки, можно внутреннюю

поверхность стенок корпуса 1 семенной коробки покрыть антифрикционным материалом, таким как, пластмасса.

Результаты и их обсуждение. Найдем закон движения центра масс семени при движении его по плоскости клапана высевающего аппарата.

Для упрощения расчетов примем, что семя выполнено в форме шара. Тогда семя, на которое действует сила F , имеющее радиус R (рисунок 2) и вес P начнет катиться из состояния покоя без скольжения по наклонной плоскости клапана высевающего аппарата, имеющей сплошное резиновое покрытие с шипами и углом наклона α .

Покажем силы, действующие на семя, если принять что оно осуществляет плоскопараллельное движение. Обозначим через P – вес семени, F – силу сопротивления, N – реакцию семени, F_{mp} – силу трения семени о пластмассовую поверхность клапана. Составим дифференциальное уравнение плоскопараллельного движения в системе координат XOY :

$$m\ddot{x}_c = \sum F_{kx}; \quad m\ddot{x}_c = P \cdot \sin \alpha - F - F_{mp} \quad (1)$$

$$m\ddot{y}_c = \sum F_{ky}; \quad m\ddot{y}_c = N - P \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$J_{cz} \cdot \varepsilon = \sum M_{cz}(F_k) \quad \frac{mR^2}{2} \varepsilon = F_{mp} \cdot R - F \cdot R \quad (3)$$

где ε –угловое ускорение семени, рад/с².

Движение по ходу часовой стрелки выбираем за положительное направление для моментов. Это будет направление вращения семени при движении его центра C от оси Oy .

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – вал; 4 – покрытие из пластмассы.

Рисунок 2 – Схема движения семени по передней части клапана из резины с шипами

Считая, что центр масс семени не движется по оси y и при этом $y_c = R = const$, находим четыре неизвестные величины $\ddot{x}_c$, F_{mp} , N и ε в уравнениях (1) - (3). Связь двух неизвестных величин $\ddot{x}_c$ и ε определяется кинематическим соотношением. При движении без скольжения точка C отвечает за мгновенный центр скоростей семени a :

$$\ddot{x}_c = v_c = \omega \cdot R.$$

После дифференцирования, получим:

$$\ddot{x}_c = \dot{\omega} \cdot R = \varepsilon \cdot R \quad (4)$$

Следовательно, в уравнениях (1) - (4) имеются четыре неизвестные величины.

Выразим из уравнения (3) F_{mp} и подставим в выражение (1), получим (с учетом равенства (4)) $x_c = f(t)$:

$$m \cdot \ddot{x}_c = P \sin \alpha - 2F - \frac{1}{2} m \cdot \ddot{x}_c \quad (5)$$

Отсюда:

$$\ddot{x}_c = \frac{2}{3} \frac{P \sin \alpha - 2F}{m} \quad (6)$$

После некоторых преобразований данных уравнений получим:

$$\ddot{x}_c = 0,31g \quad (7)$$

Интегрируя, выражение (7) получим:

$$\dot{x}_c = 0,31g + C_1 \quad x_c = \frac{0,31}{2} g t^2 + C_1 \cdot t + C_2 \quad (8)$$

Подставим в равенства (8) начальные условия, при $t=0$, $x_c=0$, $\dot{x}_c = v_c = 0$, найдем $C_1=0$, $C_2=0$.
Окончательно из равенства (8) находим закон движения центра C семени:

$$x_c = 0,16g t^2 \quad (9)$$

Определим $f_{\min}$ при качении семени без скольжения по передней части клапана из резины с шипами

$$|F_{mp}| \leq f \cdot N \quad (10)$$

По указанному выше уравнению (2), при условии $y_c = 0$ находим величину N .

$$N = P \cdot \cos \alpha = 0,5P \quad (11)$$

Приведенное ранее уравнение (1) поможет в определении значения F_{mp} , если ввести в него значение $\ddot{x}_c$ из выражения (7).

$$0,31mg = P \sin \alpha - F - F_{mp}$$

Подставив $mg = P$, получим:

$$F_{mp} = P \sin 60 - F - 0,31P = 0,36P \quad (12)$$

Если в неравенство (10) подставить значения N и F_{mp} из равенств (11) и (12), то получим неравенство $0,36P \leq f \cdot 0,5P$, из которого следует, что $f \geq 0,72$. Таким образом, $f_{\min} = 0,72$, то есть это значение наименьшего коэффициента трения, при котором возможно качение семени без скольжения.

Определим величину угловой скорости катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане, исходя из ширины семяпровода (рисунок 3).

Рисунок 3 – Схема к определению траектории движения семени при ходе с клапана высевающего аппарата

Линейная скорость катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане в момент сбрасывания ребром катушки направлена по углом $\alpha - \gamma$ к вертикали, следовательно, горизонтальная и вертикальная составляющие этой скорости будут равны:

$$v_{xo} = \omega \cdot r \cdot \sin(\alpha - \gamma) \quad (13)$$

$$v_{yo} = \omega \cdot r \cdot \cos(\alpha - \gamma) \quad (14)$$

где r – радиус катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане, м
 ω – угловая скорость катушки, рад/с

Необходимо чтобы семя попало в середину семяпровода на расстоянии $x = 2a$ от приемной кромки канала. В таком случае вершина параболы (Рисунок 3), являющейся траекторией свободного движения семени, определится абсциссой $x = v_{xo} \cdot t$, где время t определится из условия

$$v_y = \omega \cdot r \cdot \cos(\alpha - \gamma) - g \cdot t, \quad (15)$$

Следовательно

$$t = \frac{\omega \cdot r \cdot \cos(\alpha - \gamma)}{g}, \quad (16)$$

отсюда

$$a = \frac{(\omega \cdot r)^2 \cdot \sin 2(\alpha - \gamma)}{2g} \quad (17)$$

Для определения угловой скорости ω вращения катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане, зададимся величиной $2a$.

$$\omega = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot g}{\sin 2(\alpha - \gamma)}} \quad (18)$$

Из уравнения (18), найдем частоту вращения катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане.

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot g}{\sin 2(\alpha - \gamma)}} \quad (19)$$

Подставляя значение известных величин в выражение (19) найдем частоту вращения катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане $n = 31,3 \text{ мин}^{-1}$.

Заключение. В результате теоретических исследований высевающего аппарата сеялки со сплошным покрытием клапана из резины с шипами установлены зависимости наименьшего коэффициента трения, при котором возможно качение семени без скольжения, частоты вращения катушки высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане.

При использовании предлагаемого высевающего аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане с расчётными конструктивными и кинематическими параметрами за счёт улучшенного формирования потока семян при выходе из исследуемого высевающего аппарата уменьшится неравномерность распределения семян по длине рядка, а также снижётся пульсации семян, в результате повысится урожайность производимой культуры и снизятся затраты на её производство.

Список литературы

1. Ларюшин Н.П., Родин А.С., Шуклов А.В. и др. Конструкция катушечного высевающего аппарата сеялки для высева зерновых культур // Нива Поволжья. – 2018. – № 4 (49). – С. 144-149.
2. Петров А.М., Сыркин В.А. Теоретическое обоснование движения семян по приемному лотку экспериментальной селекционной пневматической сеялки // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 70-76.
3. Цепляев А.Н., Тимошенко В.В. Теоретическое определение скорости движения частицы гидрогеля в момент отрыва от ребра катушки // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – № 2(26). – С. 75-79.

References

1. Laryushin N.P., Rodin A.S., SHukov A.V. i dr. Konstrukciya katushechnogo vysevayushchego apparata seyalki dlya vyseva zernovykh kul'tur // Niva Povolzh'ya. – 2018. – № 4 (49). – S. 144-149.
2. Petrov A.M., Syrkin V.A. Teoreticheskoe obosnovanie dvizheniya semyan po priemnomu lotku eksperimental'noj selekcionnoj pnevmaticheskoy seyalki // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 4. – S. 70-76.

3. Ceplyaev A.N., Timoshenko V.V. Teoreticheskoe opredelenie skorosti dvizheniya chasticy gidrogelya v moment otrывa ot rebra katushki // Problemy razvitiya APK regiona. – 2016. – № 2 (26). – S. 75-79.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ларюшин Николай Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Родин Александр Сергеевич – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза.

Шуков Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Шумаев Василий Викторович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru.

Кирюхина Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: kiruhina.t.a@pgau.ru.

Author credentials

Affiliations

Laryushin Nikolay – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Rodin Alexander – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza.

Shukov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Shumaev Vasily – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru.

Kiryukhina Tatyana – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University” Russia, Penza, e-mail: kiruhina.t.a@pgau.ru.

Поступила в редакцию (Received): 15.02.2020 Принята к публикации (Accepted): 23.03.2020

УДК 631.354

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-35-42

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЖАТКИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

¹Ерохин Геннадий Николаевич

¹Коновский Валерий Викторович

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Представлена математическая модель определения производительности зерноуборочного комбайна в зависимости от условий уборки зерновых культур жатками различной ширины. Исследование выполнялось с помощью компьютерного моделирования. В качестве объектов исследования выбраны зерноуборочные комбайны компании «Ростсельмаш» различной пропускной способности. Для комбайна NOVA увеличение ширины жатки с 4м до 7м приводит к увеличению производительности на 23,7 % при урожайности 2,5т/га, на 5,8% при