

УДК 631.33.07

UDC 631.33.07

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

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

### **МЕХАНИЗАЦИЯ ПОСЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КВАДРАТНО-ГНЕЗДОВЫМ СПОСОБОМ**

### **MECHANIZATION OF SOWING AGRICULTURAL CROPS IN A SQUARE-NESTING WAY**

Сторожук Татьяна Александровна  
доцент кафедры «Механизации животноводства и БЖД»  
SPIN-код 1864-1806,  
email: storojuk.t.a@gmail.com  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Storozhuk Tatyana Aleksandrovna  
Associate Professor, Department Mechanization of Animal Husbandry and Life Safety, RSCI SPIN-code: 1864-1806  
e-mail: [storojuk.t.a@gmail.com](mailto:storojuk.t.a@gmail.com)  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Богус Азамат Эдуардович  
доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе», SPIN-код 9567-1848,  
email: azamat089@gmail.com  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Bogus Azamat Eduardovich  
Associate Professor, Department of Processes and Machines in Agribusiness, RSCI SPIN-code: 9567-1848  
email: azamat089@gmail.com  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Проанализированы способы посева сельскохозяйственных культур и их междурядная обработка. Описаны преимущества квадратно-гнездового посева в сравнении с обычным рядовым. Представлены расчеты площади обработки поля при междурядных культуризациях. Предложено приспособление позволяющее производить квадратный посев без использования проволоки, натягиваемой вдоль хода машины. Описана конструкция копильника для клубней картофеля, позволяющая повысить надежность работы при высеве

The methods of sowing crops and their row-to-row processing are analyzed. The advantages of square-nest sowing in comparison with ordinary one are described. Calculations of the field cultivation area for row-to-row cultivations are presented. A device has been proposed that allows for square sowing without using a wire stretched along the stroke of the machine. The design of a piggy bank for potato tubers is described, which allows to increase the reliability of operation during sowing

Ключевые слова: КВАДРАТНЫЙ ПОСЕВ, КВАДРАТНО-ГНЕЗДОВОЙ ПОСЕВ, ТОЧНЫЙ ВЫСЕВ, КОПИЛЬНИК, КЛУБНИ, ПОСАДКА, ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАКТОР, ШАЙБА, КЛАПАН

Keywords: SQUARE SEEDING, SQUARE-NEST SEEDING, PRECISE SEEDING, PIGGY BANK, TUBERS, PLANTING, CRAWLER TRACTOR, WASHER, VALVE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-004>

## **Введение**

Гнездовой посев или посадка, в особенности при квадратном размещении гнезд, имеет целый ряд агробиологических обоснований и содействует повышению урожайности культур. Но у этого способа имеется еще другое существенное преимущество перед рядовыми способами, состоящее в возможности значительного повышения уровня механизации работ по уходу за квадратными посевами. Известно, что междурядная обработка ря-

<http://ej.kubagro.ru/2025/03/pdf/04.pdf>

довых посевов и посадок не может быть в настоящих условиях осуществлена полностью механизированным способом. Этому препятствует необходимость создания значительных по величине защитных зон, в пределах которых возможна только ручная обработка почвы. В то же время операции, при которых нужно вторгаться в пределы этих защитных зон (прополка, рыхление и др.), относятся к числу наиболее трудоемких работ. Положительным свойством квадратных посевов и посадок является то, что при них мы получаем возможность механизированной обработки междурядий в двух взаимно перпендикулярных направлениях и получаем тем самым снижение относительных размеров площади ручной доработки, а иногда устраняем необходимость этой доработки даже совсем.

#### **Исследовательская часть**

Для того чтобы судить об эффективности квадратного посева или посадки с этой точки зрения, рассмотрим следующий пример. Пусть площадь обработки междурядия шириной,  $a$  при размере защитной зоны  $b$  на длине пути  $a$  при обычной рядовой посадке или посеве (рис. 1, II) составляет  $a^2 - 2ab$ .

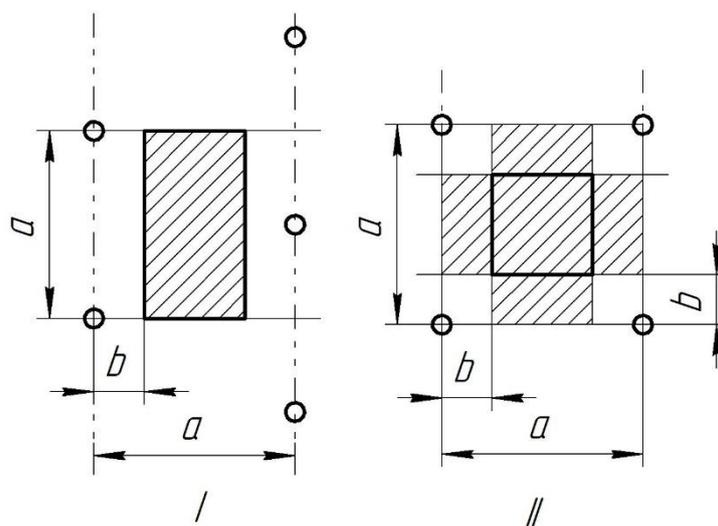
При квадратной же посадке или посеве (рис. 1, II) за счет возможности обработки в двух взаимно перпендикулярных направлениях эта площадь будет равна  $a^2 - 4b$

Относительные площади обработки при рядовой посадке составят величину:

$$i_p = \frac{a^2 - 2ab}{a^2} = 1 - 2 \frac{b}{a}, \quad (1)$$

а при квадратно-гнездовой:

$$i_k = \frac{a^2 - 4b^2}{a^2} = 1 - 2 \frac{b^2}{a^2} . \quad (2)$$



*I* – при рядовом посеве; *II* – при квадратном посеве;

$a$  — ширина междурядия;  $b$  — ширина защитной зоны.

Рис. 1. – К определению относительной величины площади механизированной междурядной обработки при разных способах посева или посадки

Обозначая отношение ширины защитной зоны к ширине междурядия (как некоторое постоянное для данных условий число) через  $\frac{b}{a} = k$ , можно величины относительных площадей выразить как:

$$i_p = 1 - 2k , \quad (3)$$

$$i_k = 1 - 4k^2 . \quad (4)$$

Тогда относительное увеличение площади механической обработки при квадратно-гнездовом посеве или посадке по сравнению с рядовыми выразится как:

$$\eta = \frac{1-4k^2}{1-2k} = 1 + 2k . \quad (5)$$

Так, например, при ширине междурядия  $a = 70$  см и при ширине защитной зоны  $b = 12.5$  см, когда величина  $k = \frac{b}{a} = 0.179$ , будем иметь:

$$k = 1 + 2 \cdot 0.179 = 1.358 . \quad (6)$$

Иными словами, площадь механизированной обработки квадратных посевов и посадок в этом случае будет на 36% больше, чем рядовых. Практическая значимость этой цифры весьма существенна, если учесть большой абсолютный объем работ по уходу за пропашными (большие площади посевов и посадок, многократность повторения обработок за период вегетации культур). С другой стороны, сам по себе факт обработки почвы вокруг гнезда со всех сторон имеет очень важное положительное влияние на произрастание большинства культур.

Таковы, в основном, преимущества квадратного способа посева и посадки с рассматриваемой точки зрения.

Широкому распространению квадратных способов посадки и посева в значительной степени препятствовала до настоящего времени сложность механического размещения объектов посева или посадки по углам квадратов так, чтобы они (объекты) располагались на пересечении взаимно перпендикулярных прямых (рис. 2), которыми как бы расчерчивается вся площадь поля.

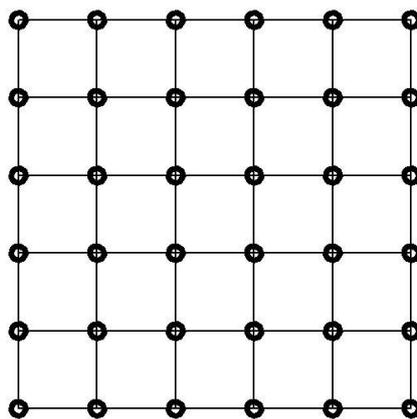


Рис. 2 – Размещение семян при квадратном посеве

В существующих конструкциях квадратно-гнездовых и квадратных сажалок и сеялок используются различные принципы правильного размещения гнезд.

По первоначально нанесенным на поверхности поля поперечным маркерным линиям движется машина в продольном направлении. При этом рабочие вручную вкладывают растения рассады в продольные борозды, вскрываемые сошниками машины, ориентируясь на маркерные линии для того, чтобы обеспечить квадратное расположение растений.

Подобный тип машины, являясь известным шагом вперед в разрешении вопроса, не обеспечивает сколько-нибудь высокой степени механизации процесса, так как, во-первых, требует значительного числа рабочих рук для напряженного труда по укладыванию растений в почву в определенные моменты времени и, во-вторых, ограничивает очень узкими пределами скорость передвижения машины, что, в свою очередь, приводит к очень низкой производительности агрегата. Самым существенным недостатком машины является, конечно, неполная механизация процесса работы и то, что значительная часть его здесь должна осуществляться вручную.

Основная сложность правильного размещения гнезд механическим путем при приводе механизмов от ходового колеса заключается в скольжении колеса. Явление скольжения колеса, перекатываемого по поверхности

поля, сопровождается непостоянством соотношения между такими параметрами, как скорость машины и число оборотов колеса. При этом у сеялок и сажалок, где движение машины по полю сопровождается внедрением сошников в почву, что осуществляется за счет веса самой машины, контакт колеса почвой в значительной степени, нарушается, и величина скольжения колеса в работе достигает, как показывают опыты, весьма значительной величины (до 30% и выше) и подвержена резким колебаниям/

Указанное обстоятельство существенно усложняет задачу создания машины для квадратно-гнездового посева или посадки по этому принципу.

В конструкциях сеялок переменность соотношения между указанными параметрами, вызываемая скольжением колеса, компенсируется введением специального корректора позволяющего по воле рабочего-корректировщика ускорять или замедлять движение органов машины независимо от качения колеса.

Это достигнуто введением в механизм передачи машины дифференциала, в котором ведущая шестерня приводится во вращение от ходового колеса машины, одна из боковых шестерен связана с рукояткой корректора и может тормозиться или поворачиваться рабочим в ту или другую сторону, а другая боковая шестерня представляет собой ведущий орган для всех механизмов машины.

При подобном устройстве ориентация корректора при работе машины осуществляется по предварительно проведенным на поле на одинаковом расстоянии друг от друга поперечным маркерным линиям. Горизонтально расположенная бесконечная цепь с указателем на одном из звеньев имеет длину, равную расстоянию между маркерными линиями. Недостатком подобного устройства является сложность работы корректировщика, который вынужден через каждые 3-4 сек. пользоваться корректором для устранения нарушения в размещении гнезд, вызываемого скольжением колеса. Качество работы сеялки при этом целиком зависит от внимательности коррек-

тировщика. п труд последнего утомителен.

К числу конструкций квадратно-гнездовых машин, в которых ходовые колеса вследствие указанного выше недостатка освобождены от роли ведущих органов механизма, относится картофелесажалка СКГ-4. Однако в этой машине освобождение колес от ведущей роли сделано не полным, а именно: процесс размещения гнезд по поверхности поля здесь осуществляется от проволоки, натягиваемой вдоль хода машины над землей и снабженной шайбами, размещенными на одинаковых расстояниях друг от друга, процесс же образования гнезд, т. е. скапливание клубней по два в копильнике для выбрасывания в одно гнездо, осуществляется здесь попрежнему от ходовых колес машины.

Это является одним из недостатков машины СКГ-4, из-за которого она не обеспечивает постоянного числа клубней в гнезде, как того требуют агротехнические условия квадратно-гнездовой посадки. Причиной указанного дефекта является то, что механизм скапливания клубней в копильнике для выбрасывания их в одно гнездо работает от ходовых колес машины и, следовательно, на его работе сказывается скольжение этих колес. Механизм же выбрасывания клубней в гнездо, приводящийся в действие шайбами проволоки, зависит от фактической скорости трактора, а это значит, что на его работе сказывается буксование гусениц.

Так как разница в величинах скольжения колеса и буксования гусеницы существенна, то это и обуславливает непостоянство числа клубней в гнезде. Допустим, что величина буксования гусеницы трактора будет  $\delta_1$ , а величина скольжения колес машины  $\delta_2$  (обычно  $\delta_2 > \delta_1$ ). Очевидно, что при теоретической скорости трактора  $v$  его фактическая скорость будет равна  $v(1 - \delta_1)$  и путь  $S$ , равный  $0,7$  м (расстояние между шайбами на проволоке), будет проходиться за время:

$$t_1 = \frac{s}{v(1-\delta_1)}. \quad (7)$$

Скорость на ободу колеса машины при этом будет равна:  $v(1-\delta_1)(1-\delta_2)$  и, следовательно, время поворота колеса на угол, соответствующий сбрасыванию двух клубней в копильник, составит:

$$t_2 = \frac{s}{v(1-\delta_1)(1-\delta_2)}. \quad (8)$$

Отношение времен:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{1}{(1-\delta_2)} > 1. \quad (9)$$

является функцией величины скольжения колеса и, как указывалось выше, вследствие этого будет колебаться в значительных пределах, что будет приводить к нарушению синхронности между сбрасыванием клубней из ложечек в копильник и сбрасыванием клубней из копильников в борозду. Наблюдения за работой машины СКГ-4 подтверждают наличие этого явления

С производственной точки зрения, у машины СКГ-4 существенным недостатком является применение проволоки, которую во время работы нужно переносить, натягивать и регулировать после каждого двух проходов машины вдоль поля.

Ограниченная длина проволоки (обычно 500 м) затрудняет применение машины на участках большой длины. На участках с неровным рельефом, в зависимости от характера рельефа, проволока либо ложится на землю, либо высоко поднимается над землей, что также затрудняет эксплуатацию машины. Наконеч проволока подвержена быстрому износу и вытягиванию. Указанные обстоятельства снижают эффективность машины СКГ-4

в эксплуатационных условиях.

Приведенные соображения относительно существующих средств механизации квадратно-гнездового и квадратного посевов и посадки показывают, что несмотря на значительность работы, проделанной в этой области нашими исследователями и конструкторами, проблема в целом не является разрешенной до конца и нуждается в дальнейших разработках.

Машина должна работать обязательно с гусеничным трактором с одновременным приводом механизмов от вала отъема мощности трактора. Гусеничный трактор необходим потому, что буксование у него, как показывают тяговые характеристики, имеет очень незначительную величину (в среднем  $\sim 2\%$ ) и также незначительно изменяется в отдельные моменты от этой средней величины, тогда как у колесного трактора буксование составляет в среднем 15-20%, а пределы колебаний его значительно более высоки. Привод же механизмов от вала отъема мощности обеспечивает синхронность процесса накопления клубней в копильнике с процессом сбрасывания их в борозду. Значение этой синхронности уже было отмечено выше.

При соответствующем подборе передач механизма обеспечивается размещение гнезд по ходу машины на расстоянии 70 см с отклонениями от этой величины, определяемыми буксованием гусеницы. Если даже взять максимальную величину буксования  $\delta_1 = 4\%$  то и в этом случае отклонение в абсолютном выражении составит всего 2,8 см (т. е. будет находиться в пределах допуска).

В связи с тем, что работа агрегата проводится без заранее размеченных и маркированных расстояний по длине поля, суммирования отклонений происходить не может и расстояния между гнездами в ряду в пределах  $70 \pm 2,8$  см обеспечиваются по всему гону независимо от длины последнего.

При встречных заездах вследствие тех же условий движения и при размещении первых гнезд последующего заезда на одной поперечной ли-

нии с последними гнездами предыдущего будет иметь место тот же характер взаимного размещения гнезд. В соседних же заездах отклонения в поперечном размещении гнезд не будут превышать величины  $2,8 + 2,8 = 5,6$  см, что опять-таки находится в пределах допуска, равного 6 см.

Рабочий процесс машины с описываемым приспособлением протекает следующим образом. Зачерпываемые ложечками клубни переносятся в копильники, расположенные внутри сошников, но укрепленные на машине независимо от них. Дно каждого копильника перекрыто клапаном, открываемым через  $70 \pm \Delta 70$  см пути машины и выбрасывающим по два клубня в борозду.

Для того чтобы максимально сократить период работы клапана и избежать возможности заклинивания клубней в нем, он был сконструирован для работы в одну фазу (рис. 3), что устранило какую-либо связь между скоростью свободного падения клубней из копильника и скоростью поворота клапана. Такая конструкция клапана значительно повысила надежность работы гнездообразующих устройств.

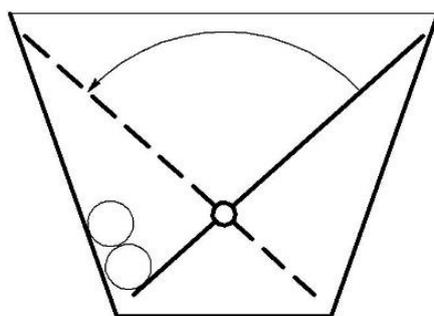


Рис. 3. – Схема действия клапана в копильнике экспериментального приспособления

### **Выводы**

Предлагаемая конструкция копильника клубней и методика использования картофелесажалки с гусеничным трактором позволят повысить надежность работы при высеве.

### Список литературы

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 EKХDSS.

3. Богус, А. Э. Траектория движения семян после взаимодействия с отражателем лапового сошника / А. Э. Богус, Е. И. Трубилин // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов : Сборник тезисов по материалам IV Международной конференции, Краснодар, 13–14 ноября 2019 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 75. – EDN YWDOBХ.

### References

1. Bogus, A. E`. Metodika e`ksperimental`ny`x issledovaniy raspredelatelya se-myan pnevmaticheskoy seyalki / A. E`. Bogus // Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa : Sbornik statej po materialam IX Vserossijskoj konferencii molody`x ucheny`x, Krasnodar, 24–26 noyabrya 2015 goda / Otvetstvenny`j za vy`pusk: A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet, 2016. – S. 323-324. – EDN VTХТРН.

2. Patent № 2457656 С2 Rossijskaya Federaciya, MPK А01С 7/04. Pnevmaticheskaya seyalka s central`no-doziruyushhej sistemoj : № 2010145399/13 : zayavl. 08.11.2010 : opubl. 10.08.2012 / E. I. Trubilin, A. V. Xoxlov, A. A. Xoxlov [i dr.] ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`shego professional`nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet". – EDN EKХDSS.

3. Bogus, A. E`. Traektoriya dvizheniya semyan posle vzaimodejstviya s otrazhatelem lapovogo soshnika / A. E`. Bogus, E. I. Trubilin // Institucional`ny`e preobrazovaniya APK Rossii v usloviyax global`ny`x vy`zovov : Sbornik tezisov po materialam IV Mezhdunarodnoj konferencii, Krasnodar, 13–14 noyabrya 2019 goda / Otv. za vy`pusk A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina, 2019. – S. 75. – EDN YWDOBХ.