

УДК 631.33.02:004

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОСЕВА – НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ

Катерина ВАСИЛЬКОВСЬКА, Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ, Дмитро ПЕТРЕНКО
Кировоградский национальный технический университет, Украина

Abstract. The article proposes a new design of the sowing apparatus with peripheral arrangement of cells on the seed disc and a passive device removing extra seeds through the inertial method for precise seeding of row crops. Experimental researches on the proposed device have been conducted using sugar beet seeds and the effect of under-pressure in the vacuum chamber of the sowing apparatus as well as the effect of circumferential speed of the sowing disc on the coefficient of cells' filling were determined. The proposed construction of the new pneumo-mechanical sowing machine can significantly reduce the vacuum in the system increasing the circumferential speed of the seed disc cells up to the values of forward speed of the sowing unit in the qualitative filling of cells. In order to construct the response surfaces and the lines of smooth exit for the coefficient of seed disc cells it was used the software package Statistica 6.0.

Key words: Pneumo-mechanical seed drill; Cell; Experiment; Circumferential speed; Vacuum; Coefficient of cells' filling.

Реферат. В статье предложена новая конструкция высевашего аппарата с периферийным расположением ячеек на высевашем диске и пассивным устройством для удаления лишних семян инерционным способом для точного посева пропашных культур. Проведены экспериментальные исследования предложенного высевашего аппарата на семенах сахарной свеклы, определено влияние разряжения в вакуумной камере высевашего аппарата и окружной скорости высевашего диска на коэффициент заполнения ячеек. Предложенная конструкция нового пневмомеханического высевашего аппарата позволяет значительно снизить вакуум в системе, увеличив окружную скорость ячеек высевашего диска до значений поступательной скорости посевного агрегата при качественном заполнении ячеек. Для построения поверхностей отклика и линий ровного выхода для коэффициента заполнения ячеек высевашего диска использовался пакет прикладных программ Statistica 6.0.

Ключевые слова. Пневмомеханический высеваший аппарат; Ячейка; Эксперимент; Окружная скорость; Разряжение; Коэффициент заполнения ячеек.

ВВЕДЕНИЕ

Поиск новых технологий и способов механизации сельскохозяйственных операций с целью обеспечения плодородия почвы, уменьшения ресурсозатрат и сохранение окружающей среды является залогом будущего урожая и благосостояния страны.

Программирование урожайности является одним из важных и перспективных направлений в технологиях производства, в частности, пропашных культур, что позволяет более рационально использовать материальные, трудовые и энергетические ресурсы для максимального выхода продукции надлежащего качества. Полноценное внедрение технологии программирования урожайности в реальные хозяйственные условия сдерживает ряд проблем, которые требуют комплексного решения. Среди основных выбор орудия для точного посева, поскольку равномерное размещение семян по площади питания залог хорошего урожая в будущем.

Современные пневмомеханические высевашие аппараты для точного посева, несмотря на долгую историю их создания и усовершенствования, имеют ряд недостатков, основные из которых: недостаточная дозирующая способность, которая ограничена окружной скоростью высевашего диска, а также наличие случайного не контролируемого перераспределения интервалов между семенами в борозде, вследствие большой относительной скорости семян при контакте с последней во время движения сеялки на номинальных скоростях. Устранение перечисленных недостатков достигается путем увеличения окружной скорости высевашего диска и приведение ее к поступательной скорости сеялки (Васьковська, К.В. 2014).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Однако, при конструкциях современных пневмомеханических высеваших аппаратов решить данную задачу технологически невозможно, поскольку это ухудшает образование однозернового потока семян еще на начальном этапе его формирования.

Качественное дозирование семян в борозду зависит, в первую очередь, от равномерности расположения семян на высевающем диске. Поэтому поход к выбору формы отверстий диска является определяющим начальным условием равномерного высева (Васильковська, К.В. 2014).

Совершенствование технических средств для посева может стать начальным этапом программирования урожая, а практическое решение обозначенной задачи позволит повысить конкурентоспособность продукции растениеводства и ввести основы почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия.

Для повышения эффективности точного высева семян пропашных культур, на кафедре сельскохозяйственного машиностроения Кировоградского национального технического университета был разработан и изготовлен опытный образец нового пневмомеханического высевающего аппарата (Рис. 1) (Петренко, М.М. 2012).

Главной особенностью нового высевающего аппарата является наличие оригинального высевающего диска 1 с периферийным расположением ячеек 2, за которыми на его внутренней поверхности расположены лопатки 3 для принудительного захвата семян в рабочей камере и дальнейшего его перемещения в зону сброса.

Высевающий диск аппарата закреплен на приводном валу 4 и находится в цилиндрической полости корпуса 5, совместно с которой ячейки 2 создают некоторые углубления для западания семени под действием силы давления слоя семян и перепада давления воздуха внутри и снаружи рабочей камеры.

Форма ячеек высевающего диска расширена в радиальном направлении в сторону цилиндрической поверхности корпуса, которая замыкает их объем и создает внешние стенки от зоны заполнения до зоны высева. В зоне высева, на цилиндрической поверхности корпуса сделано высевающее окно 6, которое раскрывает ячейки в этой зоне и обеспечивает свободное выпадение семян в борозду.

Для удаления лишних семян из ячеек рядом с ними в верхней части цилиндрической поверхности корпуса, над зоной заполнения сделано специальное углубление (полость) 7, в которое под действием центробежных сил попадают лишние семена, удаляются с диска и снова попадают (падают) в зону заполнения.

Предложенный высевающий диск (рис. 2), благодаря наличию лопаток, позволяет надежно захватывать и перемещать семена к зоне сброса на повышенных скоростях вращения ячеек.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты серии предварительных опытов показали, что заполнение ячеек происходит в момент

вхождения ячейки в рабочую камеру. Эта особенность работы высевающего аппарата существенно повышает условия их заполнения в широком диапазоне рабочих скоростей и не требует большой зоны заполнения.

Для определения рациональных параметров и режимов работы высевающего аппарата использовался метод планирования многофакторного эксперимента.

Целью серии опытов была реализация матрицы плана 2^2 Бокса-Хантера, в результате чего определено влияние разрежения в вакуумной камере (DP) и окружной скорости ячеек (V_k) высевающего аппарата на качество их заполнения.

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 1.

Дозирующую способность высе-

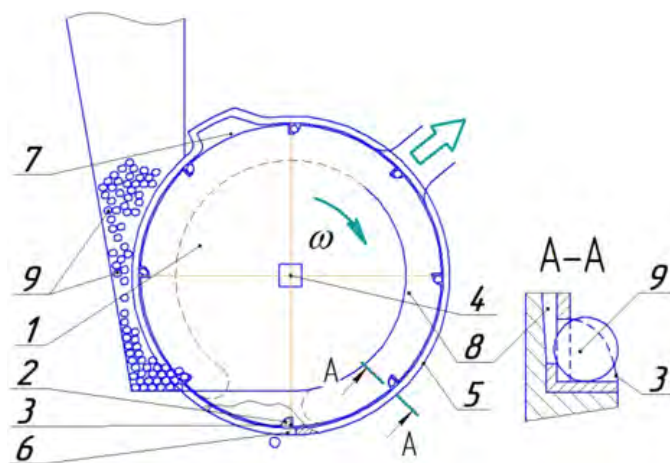


Рисунок 1. Пневмомеханический высевающий аппарат:

1 – высевающий диск; 2 – ячейка; 3 – лопатка; 4 – приводной вал; 5 – корпус; 6 – высевающее окно; 7 – пассивное устройство (полость) для удаления лишних семян; 8 – вакуумная камера; 9 – семена

вающего аппарата удобно оценивать коэффициентом заполнения ячеек, который определяется отношением количества фактически высеванных семян за определенный промежуток времени к количеству ячеек высевающего диска, которые прошли точку сброса за это же время.

Оптимальное распределение семян в рядке может быть достигнуто при заполнении ячеек без пропусков. Поэтому критерием оптимизации принят коэффициент заполнения ячеек высевающего диска.

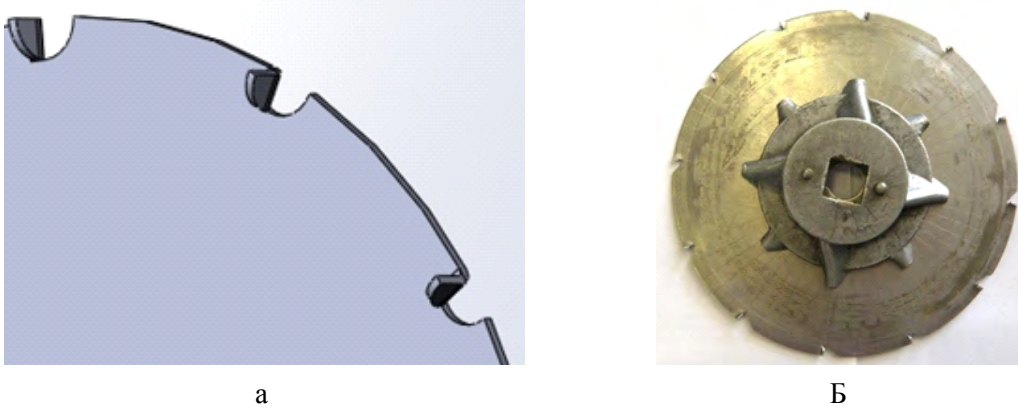


Рисунок 2. Схема фрагмента и изображение диска с периферийным расположением ячеек

Обозначены основные уровни и интервалы варьирования факторов для посева семян сахарной свеклы при определении коэффициента заполнения ячеек высевающего диска (табл. 2.).

На первом этапе экспериментальных исследований использовался диск с периферийным расположением ячеек, количество которых было равным 12 шт.

Разрезание в вакуумной камере было выбрано на основании результатов предварительных исследований (Васильковська, К.В. 2014), а также с учетом теоретических исследований (Васильковська, К.В. 2013), соответственно которым $DP=0,1; 0,5$ кПа и дополнительно $DP=0,3$ кПа.

Окружная скорость ячеек V_k была выбрана на основании рекомендаций исследований, результатов поискового эксперимента (Васильковська, К.В. 2014), а также результатов теоретических исследований, соответственно которым $V_k=1,5; 2,5$ м/с и дополнительно $V_k=2,0$ м/с (Васильковська, К.В. 2013).

Результаты экспериментальных исследований показали, что заполнение ячеек происходит в момент вхождения ячейки в слой семян рабочей камеры.

Эта особенность работы аппарата, а именно наличие оптимальных условий ориентации нижнего слоя семян относительно подвижного ряда ячеек, существенно улучшает условия их заполнения в широком диапазоне окружных скоростей и при небольшом разрежении в вакуумной камере, а также не требует большой зоны заполнения.

Угол раскрытия полости пассивного устройства для удаления лишних семян при приведении опытов составлял $e=25^\circ$ (Васильковська, К.В. 2014).

Полученные результаты реализации матрицы планирования эксперимента сведены в таблицу 3.

Во время проектирования конструкция экспериментальной установки позволяла регулировать каждый из параметров, которые, исходя из теоретических исследований, имели влияние на процесс высева семян.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента 2^2

Номер опыта	DP , кПа	V_k , м/с
	x_1	x_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Для обработки экспериментальных данных использовали пакет прикладной программы Statistica 6.0 (Боровиков, Е. 2003). В результате построена статистическая математическая модель для коэффициента заполнения ячеек высевающего диска K , ($Y_j=K$).

Статистическая оценка полученных результатов позволяет сделать выводы, что опыты равнозначные, поскольку расчетное значение критерия Кохрена G^p для параметра оптими-

Таблица 2. Уровни факторов при посеве семян сахарной свеклы высевальным аппаратом с периферийно расположенными ячейками на высевальном диске

Фактор	Натуральное обозначение	Кодовое обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования					
				натуральные			кодовые		
				верхний	нулевой	нижний	верхний	нулевой	нижний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрежение в вакуумной камере, кПа	ΔP	x_1	$\pm 0,2$	0,5	0,3	0,1	+1	0	-1
Окружная скорость ячеек, м/с	V_k	x_2	$\pm 0,5$	2,5	2,0	1,5	+1	0	-1

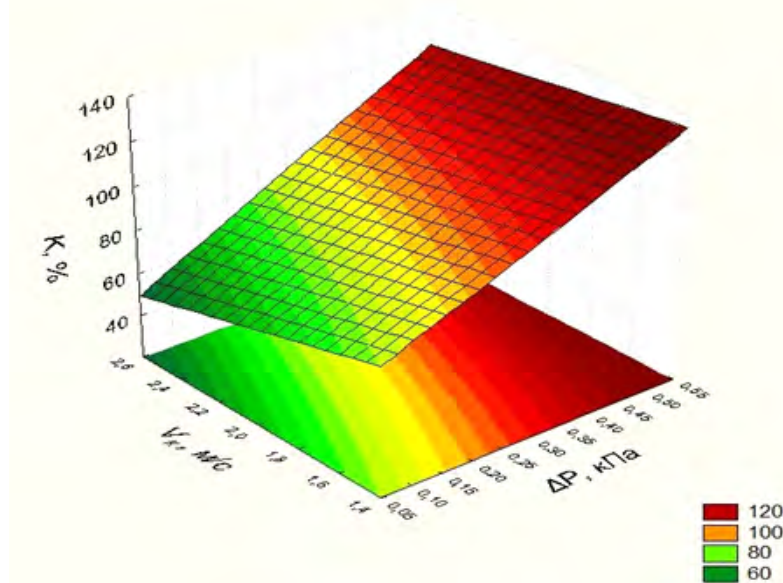
зации Y при $n=4$ и $f_u=2$ равняется $G^p=0,478$ и является меньше табличного значения $G^p=0,7679$ [10, 14], что означает – процесс является возобновляемым.

Дисперсия возобновимости (ошибка опыта) равняется 0,183.

Получена математическая модель, которая описывает процесс:

$$Y_1 = 96,425 + 25,175x_1 - 9,575x_2 + 2,575x_1x_2 \quad (1)$$

Построены поверхности отклика и линии равного выхода для коэффициента заполнения ячеек высевального диска K (рис. 3).

**Рисунок 3.** Поверхность отклика и линии равного выхода для коэффициента заполнения ячеек**Таблица 3.** Результаты реализации матрицы планирования эксперимента 2^2

Номер опыта	Факторы		Критерий
	Разряжение в вакуумной камере ΔP , кПа	Окружная скорость ячеек высевального диска V_k , м/с	Коэффициент заполнения ячеек K , %
	x_1	x_2	Y_1
1	0,1	1,5	83,4
2	0,5	1,5	128,6
3	0,1	2,5	59,1
4	0,5	2,5	114,6

Анализ поверхности отклика и линий равного выхода для оптимального значения коэффициента заполнения ячеек K , дает возможность определить рациональные значения исследуемых факторов, а именно:

- величина рационального разрежения в вакуумной камере $x_1 \in \Delta P$, должна быть в пределах от 0,20 до 0,30кПа;
- рациональная окружная скорость ячеек высевального диска $x_2 \in V_k$, должна находиться в пределах от 2,0 до 2,5м/с.

Наиболее влиятельным фактором на процесс заполнения ячеек высевального диска экспериментального высевального аппарата является величина разрежения в вакуумной камере, которая для достижения коэффициента заполнения ячеек оптимального значения $K=100\%$, должна быть равной $\Delta P=0,2\dots 0,3$ кПа при окружной скорости ячеек высевального диска $V_k=2,0\dots 2,5$ м/с.

Увеличение величины разрежения и уменьшение

окружной скорости ячеек приводит к увеличению коэффициента заполнения, в связи с ухудшением условий сброса лишних семян.

ВЫВОДЫ

1. Конструкция предложенного пневмомеханического аппарата позволяет увеличить окружную скорость ячеек высевающего диска, тем самым привести ее в соответствие с поступательной скоростью посевного агрегата и уменьшить количество ячеек на высевающем диске, также в значительной степени уменьшить разрежение в вакуумной камере.

2. Предложенный высевающий аппарат повышает технологическую эффективность и уменьшает энергоемкость процесса посева.

3. Применение нового пневмомеханического высевающего аппарата дает возможность уменьшить использование посевного материала при сохранении высокого качества размещения семян в борозде, тем самым осуществляя программирование будущего урожая путем равномерного размещения семян по площади питания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БОРОВИКОВ, В. (2003). STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер. 688 с. ISBN 5-272-00078-1.

2. ВАСИЛЬКОВСКАЯ, Е., ПЕТРЕНКО, Н., ГОНЧАРОВА, С. (2013). Обоснование конструктивной схемы пневмомеханического высевающего аппарата для точного посева семян пропашных культур In: Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture, vol. 15(2), pp. 99-105.

3. ВАСИЛЬКОВСЬКА, К.В., ПЕТРЕНКО, М.М., ГОНЧАРОВА, С.Я. (2013). Аналіз роботи пневмомеханічного висівного апарата з периферійним розташуванням комірок. В: Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний між від. наук.-техніч. зб., вип. 43, ч. 1. Кіровоград: КНТУ, с. 18-22.

4. ВАСИЛЬКОВСЬКА, К.В., ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ, О.М. (2015). Визначення оптимальних параметрів пристрою для видалення зайвого насіння з комірок висівного диска пневмомеханічного апарата. В: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць, вип. 28. Кіровоград, КНТУ, с. 159-163.

5. ВАСИЛЬКОВСЬКА, К.В., ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ, О.М. (2014). Вплив форми і типу комірок висівного диска на якість дозування насіння. В: Східноєвропейський журнал новітніх технологій, vol 6/7 (72), с. 33-36.

6. ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ, О. ЛЕЩЕНКО, С., ВАСИЛЬКОВСЬКА, К., ПЕТРЕНКО, Д. (2016). Підручник дослідника: Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків: Мачулін. 204 с. ISBN 978-617-7364-18-3.

7. ПЕТРЕНКО М.М., ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ М.І., ВАСИЛЬКОВСЬКА К.В. (2013). Пневмомеханічний висівний апарат: Пат. Україна № 77191. Заявл. 20.03.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3.

8. VASYLKOVSKA, K. et al. (2014). Characterization of peripherally based cell soft pneumatic-mechanical seeding machine of accurate sowing for tilled crops. In: Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний між від. наук.-техніч. зб., вип. 44, с. 3-6.

Data prezentării articolului: 04.11.2015

Data acceptării articolului: 07.11.2016