УДК 631.331

DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-32-18-25

И. А. Маркво, Е. М. Зубрилина, В. И. Новиков

Markvo I. A., Zubrilina E. M., Novikov V. I.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И НЕОБХОДИМЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЯЛОК ТОЧНОГО ВЫСЕВА С ПНЕВМОСЕМЯПРОВОДАМИ

DEVELOPMENT TREND ANALYSIS AND NECESSARY DIRECTIONS OF MODERNIZATION IN THE FIELD OF PRECISION SEEDER WITH PNEUMATIC CLAMPING PRODUCTION

Рассмотрены основные тренды в производстве сельскохозяйственной техники, обозначена проблема выбора на рынке серийных сеялок точного высева, стоящая сегодня перед потребителем, а также приведены методы выбора оптимальной модели сеялки. Предложен новый классификационный признак в конструкции пропашной сеялки точного высева – высота высевающего аппарата от дна борозды. Выделены и проанализированы характерные особенности конструкций серийных сеялок на основании вышеуказанного признака. Приведено обоснование необходимости совершенствования технологического процесса высева семян пропашных культур серийными пневматическими сеялками. Обозначена проблема, которая состоит в отсутствии автоматизации в управлении процессом точного высева во время работы сеялок. Предложена функциональная схема и конструкция высевающего аппарата с семяпроводом, имеющим ускоритель семян, которая позволяет обеспечить скорость семени на выходе, равную скорости движения агрегата, в котором реализована возможность управления скоростью полёта семян непосредственно в процессе высева.

Ключевые слова: качество высева, система контроля и управления, автоматизация процесса высева, сеялка точного высева, пропашные культуры, семяпровод.

The article discusses the main trends in the production of agricultural machinery, identifies the problem of choosing on the market serial precision seeders facing the consumer today, as well as methods for selecting the optimal model of the seeder. A new classification feature has been proposed in the design of an advanced row seed drill – the height of the sowing unit from the day of the furrow. The characteristic features of the designs of serial seeders on the basis of the above feature have been identified and analyzed. The article presents the rationale for the need to improve the technological process of sowing seeds of tilled crops with serial pneumatic seeders. The problem is indicated, which consists in the lack of automation in the management of the exact seeding process during the operation of the seeders. A functional diagram and design of the sowing apparatus with a seed tube with a seed accelerator are proposed, which allows the seed speed at the output to be equal to the speed of movement of the unit, in which the ability to control the seed flight speed directly during the sowing process is implemented.

Key words: seeding quality, control and management system, seeding process automation, precision seeding planter, row crops, seed tube.

Маркво Илья Анатольевич –

старший преподаватель
кафедры управления качеством
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
г. Ростов-на-Дону
Тел.: 8-918-557-93-81
E-mail: 7918579381@mail.ru

Markvo Ilya Anatolyevich –

Senior Lecturer of the Department
of Quality Management
FSBEI HE «Don State Technical University»
Rostov-on-Don
Tel.: 8-918-557-93-81
E-mail: 7918579381@mail.ru

Зубрилина Елена Михайловна –

кандидат технических наук, доцент кафедры
управления качеством
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
г. Ростов-на-Дону
Тел.: 8-905-452-80-96
E-mail: elena-zubrilina@rambler.ru

Zubrilina Elena Mikhailovna –

Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Quality Management
FSBEI HE «Don State Technical University»
Rostov-on-Don
Tel.: 8-905-452-80-96
E-mail: elena-zubrilina@rambler.ru

Новиков Виталий Иванович –

техник кафедры управления качеством
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
г. Ростов-на-Дону
Тел.: 8-961-404-72-31
E-mail: q-factor2017@yandex.ru

Novikov Vitaly Ivanovich –

Technician of the Department of Quality Management
FSBEI HE «Don State Technical University»
Rostov-on-Don
Tel.: 8-961-404-72-31
E-mail: q-factor2017@yandex.ru
SPIN-code: 6118-2261

Современные условия рынка, необходимость поддержания продовольственной безопасности страны ста-

вят перед научным сообществом задачу обеспечить повышение эффективности ведения сельскохозяйственного бизнеса

и рост конкурентоспособности производимой продукции. Сегодня вектор развития сельскохозяйственной техники должен быть направлен на её автоматизацию. Осуществить этот переход возможно внедрением инновационные технологии с применением достижений научно-технического прогресса.

На мировой арене рынок российской сельскохозяйственной техники, в коммерческом плане, является одним из самых многообещающих. В структуре производства сельскохозяйственной техники в России (рис. 1) производство сеялок занимает порядка 9 % от общего объёма [1].

В целом динамика производства навесной техники (рис. 2) повторяет динамику производства крупной самоходной техники.

В структуре производства основных видов навесного и прицепного оборудования (рис. 3) производство сеялок занимает долю в 12 % [1].

Потенциал увеличения спроса на технику довольно высок, что привлекает на российский производственный рынок большое количество крупных зарубежных игроков. В подобной ситуации, когда выбор сеялки точного высева столь разнообразен и велик, с целью максимизировать пользу и минимизировать возможные отрицательные последствия, мы рекомендуем использовать метод обобщённой оценки, позволяющий составить схему, соотносящую альтернативы и критерии, удовлетворяющие итоговой цели.

Выбор границ измерения каждого критерия продиктован почвенно-климатическими условиями, выбранным для посева сортом, условиями высева, значением рабочей ширины захвата сеялки, скоростью и заложенной надёжностью при проектировании, производстве и эксплуатационной поддержке. Значения показателей (табл. 1) базируются на признаке влияния критерия на результат (NAP) и формируют коэффициенты желательности (предпочтения) d_i для каждой альтернативы по пяти критериям $d_i = e^{-e^{(4-x_i)}}$ [2].

Рисунок 1 – Производство сельскохозяйственной техники в России в 2016 году [1]

Рисунок 2 – Производство навесного сельскохозяйственного оборудования в период с 2010 по 2016 г. [1]

Рисунок 3 – Производство основных видов навесного и прицепного сельскохозяйственного оборудования в России в 2016 году [1]

Рисунок 4 – Иерархическая схема выбора сеялки точного высева для метода обобщённой оценки

Таблица 1 – Значение показателей альтернатив по каждому критерию

№	Наименование критерия (К)	NAP	Альтернатива (A) x_p^i								Границы изменения	
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	x_{imin}	x_{imax}
1	Норма высева семян, тыс. шт/п.м	0	6	4	4	4	4	4	4	4	1,8	10,4
2	Рабочая скорость движения, км/ч	1	8,7	13,9	11,6	9,5	9,0	8,2	7,9	7,8	5	15
3	Нарботка на отказ, общая, ч	1	75	85	36,5	70	24	39	78	75	20	100
4	Производительность за 1 час основного времени, га/ч на 1 метр ширины захвата	1	4,9	7,8	6,5	16,0	7,6	4,6	4,5	4,4	3	18
5	Число семян, заделанных на заданную глубину ± 1 см, %	1	100	95,4	92	93	79,7	96	96	95,5	75	100

Обобщённый показатель $D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}$ позволяет получить последовательность предпочтительных альтернатив $D_2=0,637 > D_4=0,632 > D_3=0,506 > D_7=0,502 > D_8=0,493 > D_1=0,469 > D_6=0,452 > D_5=0,413$ [3]. Из которой следует, что из восьми представленных альтернатив сеялка Tempo TPF-8 предпочтительней по критериям технических характеристик.

Выбор модели сеялки можно также реализовать, воспользовавшись методом анализа иерархий, осуществив декомпозицию и преобразовав задачу в иерархическую форму. Оценивание сеялок точного высева проведено нами по 7 критериям (К) и 18 альтернативам (А). В качестве критериев были взяты:

К1 – рабочая скорость, км/ч;

К2 – производительность за час, га/ч на 1 м ширины захвата;

К3 – глубина заделки семян, мм;

К4 – число семян, заделанных на заданную глубину ± 1 см, %;

К5 – распределение растений в рядке: стандартное отклонение, +/-;

К6 – распределение растений в рядке: коэффициент вариации, %;

К7 – общая наработка на отказ, ч.

А в качестве альтернатив взяты сеялки отечественных и зарубежных производителей: Mascar, Maschio Gaspardo, Kinze Manufacturing, John Deere, Challenger, Ferabox, «Миллерово-сельмаш» и другие [4].

С помощью матрицы парных сравнений (табл. 2) определены весовые критериев. Веса были получены экспертным методом.

Для уровня альтернатив по отношению к уровню критериев сформированы соответствующие матрицы.

Были рассчитаны векторы приоритетов для матрицы парных сравнений по соответствующим критериям (табл. 4) и вычислена взвешенная сумма локальных приоритетов (табл. 5).

В результате применения метода анализа иерархий было определено, что альтернатива А11 (пропашная сеялка MC-8 (ОАО «Миллерово-сельмаш», Ростовская область, г. Миллерово) является лучшей из ряда рассмотренных альтернатив.

Решив задачу различными методами, мы продемонстрировали сложность выбора сеялки из большого числа представленных на рынке вариантов.

Таблица 2 – Матрица парных сравнений критериев

	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5	К 6	К 7
К 1	1/1	2/3	1/2	2/5	2/7	1/3	2/1
К 2	3/2	1/1	3/4	3/5	3/7	1/2	3/1
К 3	2/1	4/3	1/1	4/5	4/7	2/3	4/1
К 4	5/2	5/3	5/4	1/1	5/7	5/6	5/1
К 5	7/2	7/3	7/4	7/5	1/1	7/6	7/1
К 6	3/1	2/1	3/2	6/5	6/7	1/1	6/1
К 7	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/6	1/1

Таблица 3 – Значения критериев для различных альтернатив

Критерии	Альтернативы																	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
К 1	7,9	9	8,7	8,2	8,1	7,8	6,7	7	7,8	11,6	8,9	11,8	8,1	11,2	13,9	9	8,4	9,5
К 2	4,4	5	4,9	4,61	4,5	4,3	3,8	3,9	4,4	6,5	5	6,6	4,5	6,3	7,7	7,6	9,4	16
К 3	3,7	14,2	3,6	4,1	4,1	6,2	1,2	7,9	4,6	3,9	0,4	5,3	8	3,9	7	16,9	4,5	7,1
К 4	96	81,7	100	96	96	95,5	100	96	95	92	100	100	100	91,3	95,4	79,7	100	93
К 5			2,9	2,3	2,3	17,4	9,4	17,2	9,8	2,7	1,3	1,7	2,1	12,4		25,4	11,8	12,4
К 6			17,7	8	8	54,7	61,4	55,2	41,3	8,4	9,3	11,1	12,3	47		49,9	63,5	47
К 7	75	37	73	39	81	75	75	82	75	36,5	37	61	72	72	83	24	70	70

Таблица 4 – Векторы приоритетов для матрицы парных сравнений

Критерии	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7
Вектор приоритетов	0,071	0,107	0,143	0,179	0,250	0,214	0,036

Таблица 5 – Значение глобальных приоритетов

Альтернативы	A11	A12	A5	A4	A10	A13	A3	A14	A15
Глобальные приоритеты	0,107	0,026	0,03	0,025	0,025	0,025	0,031	0,029	0,026
Альтернативы	A7	A1	A18	A17	A2	A9	A6	A8	A16
Глобальные приоритеты	0,052	0,031	0,025	0,028	0,017	0,028	0,026	0,026	0,014

Но вне зависимости от производителя, российского либо зарубежного, а также вариаций конструктивного исполнения, рассмотрим в качестве классификационного показателя для сеялок точного высева параметр – высота расположения оси высевающего аппарата от дна борозды, H_0 (рис. 5).

Рисунок 5 – Схема расположения оси высевающего аппарата от дна борозды

Для сеялок точного высева с высоким расположением высевающего аппарата (рис. 6а) параметр H_0 составляет около 60 см, а для сеялок с низким расположением высевающего аппарата (рис. 6б) высота оси высевающего аппарата от дна борозды равна не более 30 см.

а

б

Рисунок 6 – Типы сеялок точного высева по размещению высевающего аппарата:

а) с высоким расположением высевающего аппарата; б) с низким расположением высевающего аппарата

Проанализировав существующие классификации аппаратов точного высева, предложенные Г. М. Бузенковым [5], Е. В. Кулаевым [6], В. П. Чичкиным [7], а также ряд современных патентов высевающих аппаратов Н. В. Бышова [8], Б. Х. Ахалая [9], Е. В. Ткача [10], мы предложили новый классификационный признак в делении конструкций пропашных сеялок – высота расположения высевающего аппарата (рис. 7). Данный классификационный признак характерен как для сеялок отечественного производства, так и для зарубежных сеялок.

Анализ характерных особенностей конструкции серийных сеялок (рис. 7) показал, что обоим вариантам присущи следующие недостатки: ограничение максимальной скорости посева (до 12 км/ч), наличие косоуго удар о дно борозды и инверсия семян, неравномерность распределения семян в рядке и полное отсутствие возможности управлять процессом высева после схода семян с диска.

В серийных сеялках зарубежных и отечественных производителей широко представлены системы, лишь осуществляющие контроль качества высева и мониторинг процесса высева. Независимо от конструкции сеялки в настоящее время на рынке нет решения, которое позволило бы обеспечить автоматизированное управление процессом высева непосредственно во время работы сеялки.

Мы полагаем, что решение вышеуказанной проблемы лежит в синтезе технологий исполнения высевающего аппарата, а именно в создании гибридной конструкции с низким расположением высевающего аппарата и семяпроводом, который позволит реализовать возможность управления скоростью полёта семян.

Известна конструкция [11] пневматического высевашего аппарата, имеющего семяпровод с тремя участками: прямолинейным, криволинейным и ускорительным. Используя силу воздушного потока, на ускорительном участке семена разгоняются до скорости, эквивалентной скорости посевного агрегата, что обеспечивает результирующую нулевую скорость семени относительно почвы в момент касания борозды. Данная конструкция устраняет пункты 1, 2, 3 характерных особенностей (недостатков) серийных сеялок точного высева (рис. 8).

Нами предложена конструкция высевашего аппарата с автоматизированной системой контроля и управления процессом высева, позволяющая решить проблемы, обозначенные в пунктах 4, 5, 6 характерных особенностей (недостатков) серийных сеялок точного высева (рис. 8).

Обзор конструкций современных сеялок точного высева и патентный поиск новейших технических решений лег в основу предложенной нами схемы функциональной и разработанной конструкции модернизированного высевашего аппарата с семяпроводом и системой автоматического измерения скорости семян на выходе из семяпровода с возможностью управлять скоростью семян [12].

Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемой конструкции сеялки, сводится к повышению функциональных возможностей за счет обеспечения контроля качества высева, определения скорости семян при высеве и возможности измене-

ния скорости семян при высеве и по сравнению с другими существующими техническими решениями обладает рядом преимуществ:

- при посеве явление перераспределения в рядке семян сельскохозяйственных культур исключено;
- повышает равномерность распределения семян пропашных культур в рядке при посеве;
- осуществляет мониторинг скорости движения посевного агрегата и скорости полёта семени, с возможностью их уравнивания;
- позволяет производить технологический контроль работы посевного агрегата во время высева.

Подобная модернизация даст возможность автоматизировать процесс управления качеством высева семян в дозирующих системах.

К принципиальной инновационности предлагаемой конструкции высевашего аппарата можно отнести следующие составляющие проекта:

- наличие в конструкции сеялки семяпровода, позволяющего изменять траекторию движения семени от высевашего диска до дна борозды, а также изменять вектор скорости и ее значение;
- наличие системы измерения скорости семян на выходе из семяпровода;
- новый подход в управлении качеством высева пропашных культур на основе автоматического согласования скорости посевного агрегата и скоростей семян на выходе из семяпровода;

Рисунок 7 – Классификация сеялок точного высева согласно расположению их высеваших аппаратов и ключевые особенности серийно выпускаемых сеялок

Рисунок 8 – Визуализация пути совершенствования сеялок точного высева

- наличие блока автоматизированного управления процессом высева и внедрение информационно-аналитической системы.

Внедрение данной конструкции приведёт к получению ожидаемого экономического эффекта от повышения производительности сеялки, сокращению сроков посевов и повышению урожайности пропашных культур.

Литература

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (дата обращения: 02.10.2018).
2. Борисова Л. В., Димитров В. П. Введение в теорию принятия решений : учеб. пособие. Ростов н/Д : Издательский центр ДГТУ, 2013. 88 с.
3. Каргина А. В., Маркво И. А., Зубрилина Е. М. К вопросу выбора модели сеялки точного высева методом обобщённой

References

1. Bulletins on the state of agriculture (electronic versions) // Federal State Statistics Service. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (date of access: 02.10.2018).
2. Borisova L. V., Dimitrov V. P. Introduction to decision theory : training manual. Rostov n/D : Publishing Center DSTU, 2013. 88 p.
3. Kargina A. V., Markvo I. A., Zubrilina E. M. On the question of choosing a model of an exact seeder using the method of generalized assessment // Innovation, quality and service

- оценки // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: сб. науч. тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2017. С. 158–161.
4. Выбор модели сеялки точного посева с помощью метода анализа иерархий / М. Г. Бородаева, А. В. Каргина, Е. М. Зубрилина, И. А. Маркво // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях : сб. науч. тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2017. С. 158–161.
 5. Бузенков Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур. М. : Машиностроение, 1976. 272 с.
 6. Кулаев Е. В. Параметры и режимы работы механического аппарата точного посева семян сахарной свеклы : дис. ... канд. техн. наук. Нальчик, 2006. 22 с.
 7. Чичкин В. П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты: теория, конструкция, расчет. Кишинев : Штиинца, 1984. 392 с.
 8. Пат. 179402 Российская Федерация, МПК F01C 7/04. Высевающий аппарат / Бышов Н. В., Бородаев С. Н., Бышов Д. Н., Липин В. Д., Топилин В. П., Липина Т. В., Птах Н. Г. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева». № 2017127407 ; заявл. 31.07.2017 ; опубл. 14.05.2018, Бюл. № 14.
 9. Пат. № 179994 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Универсальное дозирующее устройство / Б. Х. Ахалайя ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИС. № 2018107739 ; заявл. 02.03.2018 ; опубл. 30.05.2018, Бюл. № 16.
 10. Пат. № 97894 Российская Федерация, МПК A01C 7/00. Сеялка универсальная пневматическая прицепная / Е. Б. Ткач, Т. А. Строчкова, Л. П. Безяева ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Радиозавод». № 2010114813/21 ; заявл. 13.04.2010 ; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 27.
 11. Пат. № 97588 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Пневматический высевающий аппарат / Е. М. Зубрилина, В. Н. Чикильдин, А. Н. Кулинич ; заявитель и патентообладатель ООО НПП «АгроТехника». № 2010114402/21 ; заявл. 13.04.2010 ; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.
 12. Пат. № 175130 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Пневматический высевающий аппарат / Е. М. Зубрилина, И. А. Маркво, М. А. Набокина, А. В. Каргина, М. Г. Бородаева ; заявитель и патентообладатель И. А. Маркво. № 2016141247 ; заявл. 19.10.2016 ; опубл. 22.11.2017, Бюл. № 33.
 - in engineering and technology : collection of scientific works of the 7th International scientific-practical conference. Kursk, 2017. P. 158–161.
 4. The choice of the model of the precision seeding planter using the method of hierarchy analysis / M. G. Borodaeva, A. V. Kargina, E. M. Zubrilina, I. A. Markvo // Innovation, quality and service in engineering and technology: collection of scientific works of the 7th International scientific-practical conference. Kursk, 2017. P. 158–161.
 5. Buzenkov G. M. Machines for sowing crops. M. : Mashinostroenie, 1976. 272 p.
 6. Kulaev E. V. Parameters and operating modes of the mechanical apparatus for precise seeding of sugar beet seeds : dissertation of candidate of technical Sciences. Nalchik, 2006. 22 p.
 7. Chichkin V. P. Vegetable seeders and combined units: theory, design, calculation. Kishinev : Shtiintsa, 1984. 392 p.
 8. Patent № 179402 the Russian Federation, IPC F01C 7/04. Sowing machine / Byshov N. V., Borichev S. N., Byshov D. N., Lipin V. D., Topilin V. P., Lipina T. V., Ptah N. G. ; the patentee of the FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev». № 2017127407 ; declared. 31.07.2017 ; publ. 14.05.2018, Bul. № 14.
 9. Patent № 179994 the Russian Federation, IPC A01C 7/00. Universal metering device / B. H. Akhalaia; applicant and patent holder FSBSI FSC All-Russian Research Institute of mechanization. № 2018107739 ; declared. 02.03.2018 ; publ. 30.05.2018, Bul. № 16.
 10. Patent № 97894 the Russian Federation, IPC A01C 7/00. Planter universal pneumatic trailers / E. B. Tkach, T. A. Struchkova, L. P. Bezaeva; applicant and patent holder of the joint stock company «Radiozavod». № 2010114813/21 ; declared. 13.04.2010 ; publ. 27.09.2010, Bul. № 27.
 11. Patent № 97588 the Russian Federation, IPC A01C 7/04. Pneumatic sowing machine / E. M. Zubrilina, V. N. Chikilin, A. N. Kulinich ; applicant and patent holder LLP RPE «Agrotechnika». № 2010114402/21 ; declared. 13.04.2010 ; publ. 20.09.2010, Bul. № 26.
 12. Patent № 175130 the Russian Federation, IPC A01C 7/04. Pneumatic sowing machine / E. M. Zubrilina, I. A. Markvo, M. A. Nabokina, A. V. Kargina, M. G. Borodaeva ; applicant and the patent holder I. A. Markvo. № 2016141247 ; declared. 19.10.2016 ; publ. 22.11.2017, Bul. № 33.