

УДК 537.612 + 631.17

СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Вахнина Г.Н.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: galina_vahnina@mail.ru

Положительное воздействие магнитного поля, стимулирующее ростовые процессы в семенах, известно и в определенной мере достаточно изучено. Но сложные и громоздкие конструкции технических средств не позволяют применять этот вид предпосевной обработки повсеместно. Наши исследования и разработки решают эту проблему. Более того, позволяют создавать щадящее магнитное поле, что очень важно с учетом различных физико-химических свойств семенного материала. Впервые представлено содержательное описание функциональной модели ресурсосберегающей технологии с магнитным полем постоянных магнитов. Этот вид технологии включает в себя фракционирование семян на решетках определенной формы, импакцию и обработку в магнитном поле одновременно. Данная запатентованная технология реализуется при комплексной предпосевной обработки семян на магнитном классификаторе. Функциональная модель была построена на основе структурной модели, в которой учитывались амплитуда колебаний, количество обрабатываемых семян, частота колебаний, угол наклона рабочего органа, расстояние между решетками, коэффициент трения, количество решет, время обработки, количество магнитов и их ориентация, подемоторное влияние магнитов, площадь решет. Она позволяет определить приоритетность влияния различных конструктивно-технологических параметров на эффективность обработки в целом. Содержательное описание позволило разработать уточненную функциональную модель, согласно которой эффективность предлагаемой ресурсосберегающей технологии в первую очередь будет зависеть от частоты колебаний рабочего органа; во вторую очередь от количества обрабатываемого материала за один прием; в третью очередь от времени обработки, площади решет и ориентации магнитов. Комплексная предпосевная обработка семенного материала – это экологически безопасная и энергосберегающая технология с высоким экономическим эффектом, достичь которого возможно при соблюдении определенных соотношений между размерами конструкции, количеством обрабатываемого материала, размерами, формами и ориентацией постоянных магнитов.

Ключевые слова: фракционирование, импакция, магнитное поле, постоянные магниты, структурная модель, функциональная модель

FUNCTIONAL MODEL OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY WITH THE MAGNETIC FIELD OF PERMANENT MAGNETS CONTENT DESCRIPTION

Vakhnina G.N.

Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, e-mail: galina_vahnina@mail.ru

The positive effect of the magnetic field, which stimulates growth processes in seeds, is known and to some extent sufficiently studied. But complex and cumbersome designs of technical means do not allow applying this type of presowing treatment everywhere. Our research and development solves this problem. Moreover, it is possible to create a sparing magnetic field, which is very important taking into account various physical and chemical properties of a seed material. For the first time, a meaningful description of the functional model of resource-saving technology with the magnetic field of permanent magnets is presented. This type of technology includes the fractionation of seeds on the sieves of a certain shape, the impact and processing in the magnetic field simultaneously. This patented technology is realized in the complex presowing seed treatment on a magnetic classifier. The functional model is constructed on basis of a structural model that took into account the amplitude of oscillations, the number of processed seeds, the frequency of oscillation, the angle of inclination of the working part, the distance between sieves, the coefficient of friction, the number of sieves, the processing time, the number of magnets and their orientation, areas of sieves. It allows to determine the priority of various design and technological parameters influence on the efficiency of processing as a whole. A meaningful description made it possible to develop a refined functional model, according to that the effectiveness of the proposed resource-saving technology will primarily depend in the first on the frequency of the working part vibrations, in the second from the amount of material processed at one time; in the third place from the processing time, the areas of the sieves and the orientation of the magnets. Complex preseedling processing of seed is an environmentally safe and energy saving technology with a high economic effect, which can be achieved if certain relationships are observed between structure dimensions, amount of material processed, dimensions, shapes and orientation of permanent magnets.

Keywords: fractionation, impaction, magnetic field, permanent magnets, structural model, functional model

Накоплен значительный опыт в сфере способов и технических средств для предпосевной обработки семян [1, 11, 12]. Теоретическими и практическими исследованиями доказано положительное влияние

на повышение всхожести обработки семян в магнитном поле [6, 9, 10]. Но в связи с тем, что наилучший эффект достигается при непродолжительном пребывании семенного материала в «несильном магнитном поле»,

создание экологически безопасных технологий и реализующих их технических средств остается актуальным. На основе накопленного опыта нами была разработана ресурсосберегающая технология комплексной предпосевной обработки семян [2], в одной из разновидностей которой используется магнитное поле постоянных магнитов [3, 4]. Существенным отличием предложенной нами технологии и технических средств является возможность проведения нескольких технологических процессов одновременно [13].

Ресурсосберегающая технология комплексной предпосевной обработки семенного материала с магнитным полем постоянных магнитов математически можно представить в виде функциональной модели. Каждая внутренняя функция, от которой зависит модель, представляет собой определенную технологическую операцию.

Теоретические исследования, касающиеся Φ – функции, определяющей ресурсосберегающую технологию; $f_1(x)$ – функции, определяющей процесс фракционирования; $f_2(x)$ – функции, определяющей процесс импакции, нами были представлены в [4].

Модель ресурсосберегающей технологии при математическом описании имеет вид [4]:

$$\Phi = F_1(f_1(x)) + F_2(f_2(x)) + F_3(f_3(x)). \quad (1)$$

Функция, определяющая процесс фракционирования, имеет вид [4]:

$$f_1(x) = f_1(A, W, n, \alpha, N, \Delta s), \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний; W – количество обрабатываемых семян; n – частота колебаний; α – угол отклонения рабочего органа; N – количество решет; Δs – расстояние между решетками.

Функция, определяющая процесс импакции, имеет вид [4]:

$$f_2(x) = f_2(W, n, \alpha, N, f, \Delta s), \quad (3)$$

где f – коэффициент трения.

Функция, определяющая процесс влияния физических факторов:

$$f_3(x) = f_3(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (4)$$

где $x_1, x_2, \dots, x_n$ – конкретные физические факторы, создаваемые используемыми техническими средствами.

В результате выражения (2) – (4), приобретают вид:

$$f_1(x) = \kappa_{11}f_1(A) + \kappa_{12}f_1(W) + \kappa_{13}f_1(n) + \kappa_{14}f_1(\alpha) + \kappa_{15}f_1(N) + \kappa_{16}f_1(\Delta s), \quad (5)$$

$$f_2(x) = \kappa_{21}f_2(W) + \kappa_{22}f_2(N) + \kappa_{23}f_2(\alpha) + \kappa_{24}f_2(N) + \kappa_{25}f_2(f) + \kappa_{26}f_2(\Delta s), \quad (6)$$

$$f_3(x) = \kappa_{31}f_3(x_1) + \kappa_{32}f_3(x_2) + \dots + \kappa_{3n}f_3(x_n), \quad (7)$$

где $\kappa_{11}, \kappa_{12}, \kappa_{13}, \kappa_{14}, \kappa_{15}, \kappa_{16}, \kappa_{21}, \kappa_{22}, \kappa_{23}, \kappa_{24}, \kappa_{25}, \kappa_{26}, \kappa_{31}, \kappa_{32}, \dots, \kappa_{3n}$ – коэффициенты влияния каждой конкретной функции, определяемые экспериментальным путем или математическим моделированием.

С учетом зависимостей (5)–(7) модель (1) будет выглядеть:

$$\begin{aligned} \Phi = & F_1(\kappa_{11}f_1(A) + \kappa_{12}f_1(W) + \kappa_{13}f_1(n) + \\ & + \kappa_{14}f_1(\alpha) + \kappa_{15}f_1(N) + \kappa_{16}f_1(\Delta s)) + \\ & + F_2(\kappa_{21}f_2(W) + \kappa_{22}f_2(N) + \kappa_{23}f_2(\alpha) + \\ & + \kappa_{24}f_2(N) + \kappa_{25}f_2(f) + \kappa_{26}f_2(\Delta s)) + \\ & + F_3(\kappa_{31}f_3(x_1) + \kappa_{32}f_3(x_2) + \dots + \kappa_{3n}f_3(x_n)). \end{aligned} \quad (8)$$

Цель исследований. Излагается совокупное влияние процессов фракционирования и импакции с третьей составляющей: $f_3(x)$ – функцией, определяющей влияние магнитного поля постоянных магнитов; x – параметры комплексной предпосевной обработки семенного материала; $F_3(f_{31}, f_{32}, f_{33})$ – функция, определяющая зависимость влияния конкретной технологической операции на результат обработки.

Материалы и методы исследования

Ресурсосберегающая технология с магнитным полем постоянных магнитов [2, 13] включает процессы фракционирования, импакции и обработку семенного материала в магнитном поле постоянных магнитов, происходящие одновременно. Происходит это следующим образом: помещенные в специальное устройство семена в результате возвратно-колебательного движения просеиваются на нескольких решетках, установленных одно под другим, одновременно семена достаточно интенсивно трутся друг об друга, так как каждое ниже установленное решето меньше выше установленного. Просеивание семян проходит в магнитном поле, которое создается тремя постоянными магнитами, установленными в определенном порядке. Два магнита расположены на каркасе сверху, в процессе работы они неподвижны. Один магнит находится внизу рабочего органа и повторяет его колебательные движения. Магнитное поле, создаваемое двумя неподвижными и одним подвижным магнитом, которое будем называть рассеивающим, оказывает требуемое влияние на семена [10]. К тому же движение решет может быть ориентировано по сторонам света. Обработку ведут в течение времени, обеспечивающего максимальную полноту выделения проходных фракций.

Функция, определяющая влияние магнитного поля постоянных магнитов:

$$f_3(x) = f_3(k, G, t, J, S), \quad (9)$$

где k – количество магнитов; G – пондеромоторное влияние магнитов; t – время обработки; J – ориентация магнитов; S – площадь решет.

С учетом (9) функциональная модель (8) примет вид:

$$\begin{aligned} \Phi = & F_1(\kappa_{11}f_1(A) + \kappa_{12}f_1(W) + \kappa_{13}f_1(n) + \\ & + \kappa_{14}f_1(\alpha) + \kappa_{15}f_1(N) + \kappa_{16}f_1(\Delta s)) + \\ & + F_2(\kappa_{21}f_2(W) + \kappa_{22}f_2(n) + \kappa_{23}f_2(\alpha) + \\ & + \kappa_{24}f_2(N) + \kappa_{25}f_2(f) + \kappa_{26}f_2(\Delta s)) + \\ & + F_3(\kappa_{31}f_3(k) + \kappa_{32}f_3(G) + \kappa_{33}f_3(t) + \\ & + \kappa_{34}f_3(J) + \kappa_{35}f_3(S)). \end{aligned} \quad (10)$$

На основе математической формулировки функциональной модели (10) с магнитным полем постоянных магнитов выполняем аналогично [4, 5, 7, 8, 14] структурный анализ (табл. 1).

функциональной модели (табл. 2): $A - P1$; $W - P2$; $n - P3$; $\alpha - P4$; $N - P5$; $\Delta s - P6$; $f - P7$; $t - P9$; $k - P11$; $G - P12$; $J - P13$; $S - P14$ [4, 5].

Указанные выше взаимодействия будут иметь место, но вместе с тем важную роль будет играть количество используемых магнитов (k), их расположение относительно друг друга (J) и относительно решетки (S). Величина ponderomotorного влияния напрямую окажется зависимой от количества используемых магнитов (k) и их ориентации (J).

Таблица 1

Структурная модель ресурсосберегающей технологии с магнитным полем постоянных магнитов

		фракционирование						импакция						магнитное поле				
		A	W	n	α	N	Δs	W	n	α	N	f	Δs	k	G	t	J	S
Ф	A			+	+				+					+			+	
	W			+					+		+	+			+	+		+
	n	+	+			+		+						+		+		+
	α	+					+					+					+	
	N			+			+	+					+					
	Δs				+	+				+	+	+		+				+
и	W			+					+		+			+	+			+
	n	+	+					+										+
	α											+	+				+	
	N						+	+					+					
	f		+				+	+		+			+		+	+		
	Δs					+				+	+	+		+				+
м п	k	+		+			+	+					+		+	+	+	
	G		+					+				+		+			+	+
	t		+						+			+		+				+
	J	+			+					+				+	+			
	S		+	+			+	+	+				+		+	+		

Результаты исследования и их обсуждение

На основе структурной модели (табл. 1) прослеживаем возможное совместное влияние заявленных параметров, исключая взаимовлияние однотипных. Переходим к безразмерным обозначениям для составления

На данном этапе исследований коэффициенты влияния каждой конкретной функции могут быть соотнесены к Value технологических операций, которая определяется отношением функциональной значимости к сумме проблемной и затратной значимостей [5].

Таблица 2

Функциональная модель ресурсосберегающей технологии с магнитным полем постоянных магнитов

№ функции	Функция	Тип функции	Функциональная значимость	Параметр	Уровень выполнения	Проблемная значимость	Затратная значимость
1	2	3	4	5	6	7	8
	Ресурсосберегающая технология с магнитным полем постоянных магнитов						
	Комплексная предпосевная обработка семян	Главная					
	1. Фракционирование	Основная	6			36	72
F1.1	Движение семян	транспортная	1	P1 P2 P3 P4 P5 P6	адекватный	2 1 3 2 2 2	2 1 3 2 2 2
F1.2	Переориентация в пространстве	обеспечивающая	2	P1 P2 P3 P4 P5 P6	адекватный	2 1 3 2 2 2	4 2 6 4 4 4
F1.3	Просеивание сквозь отверстия решет	создающая	3	P1 P2 P3 P4 P5 P6	адекватный	2 1 3 2 2 2	6 3 9 6 6 6
	2. Импакция	основная	12			55	162
F2.1	Движение семян	транспортная	1	P2 P3 P4 P5 P6 P7	адекватный	2 1 2 2 3 3	2 1 2 2 3 3
F2.2	Трение семян друг об друга	создающая	3	P2 P3 P4 P5 P6 P7	адекватный	2 1 2 2 3 3	6 3 6 6 9 9
F2.3	Трение семян о полотно решет	создающая	3	P2 P3 P4 P5 P6 P7	недостаточный	2 1 2 2 3 3	6 3 6 6 9 9
F2.4	Трение семян о боковые поверхности корпуса	создающая	2	P2 P3 P4 P5 P6 P7	недостаточный	2 1 2 2 3 3	4 2 4 4 6 6

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
F2.5	Уменьшение толщины оболочки семян, повышающее всхожесть	создающая	3	P2 P3 P4 P5 P6 P7	адекватный	2 1 2 2 3 3	6 3 6 6 9 9
	3. Обработка в магнитном поле постоянных магнитов	основная	8			36	96
F3.1	Движение семян с просеиванием	транспортная	2	P9 P11 P12 P13 P14	адекватный	2 3 3 2 2	4 6 6 4 4
F3.2	Насыщение магнитным полем постоянных магнитов	обеспечивающая	3	P9 P11 P12 P13 P14	адекватный	2 3 3 2 2	6 9 9 6 6
F3.3	Внутриклеточные процессы, повышающие всхожесть	создающая	3	P9 P11 P12 P13 P14	адекватный	2 3 3 2 2	6 9 9 6 6
	Итого:		26			127	330

На основе результатов данных табл. 2 получили уточненную функциональную модель:

$$\begin{aligned} \Phi = & F_1(0,955f_1(A) + 1,92f_1(W) + 1,24f_1(n) + 0,955f_1(\alpha) + 0,955f_1(N) + 0,955f_1(\Delta s)) + \\ & + F_2(1,705f_2(W) + 3,42f_2(n) + 1,705f_2(\alpha) + 1,705f_2(N) + 1,74f_2(f) + 1,74f_2(\Delta s)) + \\ & + F_3(0,72f_3(k) + 0,72f_3(G) + 1,08f_3(t) + 1,08f_3(J) + 1,08f_3(S)). \end{aligned} \quad (6)$$

Согласно полученной функциональной модели (6) эффективность предлагаемой ресурсосберегающей технологии в первую очередь будет зависеть от частоты колебаний рабочего органа; во вторую очередь от количества обрабатываемого материала за один прием; в третью очередь от времени обработки, площади решет и ориентации магнитов.

Выводы

1. Представлено содержательное описание функциональной модели ресурсосберегающей технологии с магнитным полем постоянных магнитов.

2. Рассчитанные коэффициенты позволяют определить интенсивность влияния каждого параметра.

3. Возможность варьирования степенью влияния конструктивно-технологических параметров позволит добиваться высокого качества обработки семенного материала, способствующей повышению всхожести.

Список литературы

1. А.с. 950213 СССР, МКИЗ А01С 1/00. Установка для магнитной обработки семян / Мельников Э.А., Морозов А.С. (СССР) – № 3260972/30–15; заявл. 16.03.81; опубл. 15.08.82, Бюл. № 30. – 5 с.
2. Вахнина Г.Н. Комплексная предпосевная обработка семян в магнитном поле // Актуальные направления научных исследований XXI века: сб. науч. трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Механика технологических процессов в лесном комплексе», 25 марта – 27 марта 2014 г. – Воронеж, 2014. – № 2 ч. 2 (7–2). – С. 35–38.
3. Вахнина Г.Н., Вахнин Д.Д. Зоны магнитного поля постоянных магнитов в работе магнитного классификатора // Современное общество, образование и наука: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. 31 марта 2015 г.: Часть 5. Тамбов, 2015. – С. 25–26.
4. Вахнина Г.Н., Шадрин Е.Л., Гулевский А.С. и др. Содержательное описание функциональной модели ресурсосберегающей технологии с направленным движением частиц // Современные научно-практические решения XXI века: материалы международной научно-практической

конференции (Россия, Воронеж, 21–22 декабря). – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, – 2016. – С. 260–267.

5. Герасимов О.М. Методика выполнения экспресс-проектов по совершенствованию технологических процессов. – СПб.: ЦИТК «Алгоритм». – URL: <http://www.gen3.ru/3605/5605/> (дата обращения 19.11.2014 г.).

6. Кармазин В.В. Исследование магнитных полей сил барабанного сепаратора на постоянных магнитах / В.В. Кармазин, Р.В. Ковалев, Г.А. Епутаев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – № 12. – С. 22–26.

7. Кубеев Е.И. Вероятностная оценка качества калибровки дражированных семян овощных культур / Е.И. Кубеев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 4. – С. 26–27.

8. Кубеев Е.И. Математическая модель движения семян в дражираторе / Е.И. Кубеев // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 1. – С. 61–65.

9. Кулешов А.Н. Применение магнитных полей постоянных магнитов для предпосевной обработки семян ячменя / А.Н. Кулешов, А.С. Ерешко, В.Б. Хронюк // Вестник аграрной науки дона. – Вып. № 1, 2011. – С. 95–100.

10. Куликова Л.В. Использование электромагнитных полей для обработки растительных материалов / Л.В. Кули-

кова, А.Н. Бараков // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2009. – № 5. – С. 29.

11. Пат. 2261574 Российская Федерация, МПК A01C 1/00. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур / Гукова Н.С., Жидченко Т.В., Ксенз Ю.Н., Паршин С.Н.; заявитель и патентообладатель Азовско-Черноморская государственная агроинженерная академия (АЧГАА). – № 2004113684/12; заявл. 05.05.2004; опубл. 10.10.2005, Бюл. № 28. – 3 с.

12. Пат. 2364969 Российская Федерация, МПК H01F 7/00, H02N 11/00. Способ создания вихревого магнитного поля / Меньших О.Ф.; заявитель и патентообладатель Меньших О.Ф. – № 2008133061/09; заявл. 11.08.2008; опубл. 20.08.2009. – 12 с.

13. Пат. 2535402 Российская Федерация, МПК A01C 1/00, B03C 1/00. Способ комплексной предпосевной обработки семян и магнитный классификатор для его осуществления / Вахнина Г.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – № 2013127561/13; заявл. 17.06.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34. – 6 с.: ил.

14. Фоминых А. В. Алгоритм расчета процесса сепарации на решетных установках / А.В. Фоминых, В.Г. Чумаков // Аграрный вестник Урала. – 2010. – Т. 73. – № 7. – С. 77–79.