

ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПРОХОДОВЫХ ЧАСТИЦ ОТ ПАРАМЕТРОВ КОНУСНОГО КЛАССИФИКАТОРА СОГЛАСНО РЕГРЕССИОННОМУ АНАЛИЗУ

ВАХНИНА Галина Николаевна, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

ВАКУЛА Елена Юрьевна, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

САФОНОВА Наталья Михайловна, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

БОГДАНОВА Лариса Николаевна, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Запатентованным конусным классификатором реализуется ресурсосберегающая технология комплексной предпосевной обработки семян с направленным движением частиц. На этом усовершенствованном классификаторе семенной материал проходит обработку, которая включает в себя фракционирование на плоских решетках, импакцию и направленное движение частиц, создающее возникновение условия резонанса. Все перечисленные технологические операции происходят одновременно. С целью повышения эффективности проводимого процесса важно понять, какие предельные траектории количественно совершают частицы семенного материала и как качественно можно повлиять на них конструктивно-технологическими параметрами классификатора. Данный этап исследований включал в себя изучение траекторий проходных частиц при движении рабочего органа вправо. В качестве влияющих параметров были выбраны: радиус верхнего решета, расстояние между решетками, толщина проходной частицы. Методом композиционного ортогонального планирования были определены основные статистические характеристики и составлены уравнения регрессии, позволяющие выявить активные параметры, влияющие на результат. В качестве первого качественного фактора, влияющего на величины траекторий проходных частиц, на основании полученных данных регрессионного анализа признан радиус верхнего решета, в зависимости от которого будут находиться горизонтальные габаритные размеры усовершенствованных классификаторов. В качестве второго качественного фактора, влияющего на величины траекторий проходных частиц, на основании регрессионного анализа признано расстояние между решетками, в зависимости от которого будут находиться вертикальные габаритные размеры усовершенствованных классификаторов. Согласно полученным регрессионным моделям абсолютно никакого влияния не оказывают совместные взаимодействия выбранных варьируемых факторов.

Введение. Стремительное сокращение лесопокрытых площадей, связанное с изменениями климата, экологической ситуацией, промышленной деятельностью, выдвинуло искусственное лесовосстановление в ряд глобальных проблем [5]. Решение этой проблемы, с одной стороны, достаточно очевидно – восстанавливать леса путем посадки саженцев или посева семян; с другой стороны – возникает необходимость наличия достаточного количества посадочного материала и качественных семян. Именно в этом и возникает другая проблема, диктующая актуальность подготовки семян к посеву. Многократно доказана важность предпосевной обработки семян, которая способствует повышению их всхожести [1, 8].

Предлагаемая ресурсосберегающая технология, включающая в себя фракционирование семян, импакцию и направленное движение частиц [4], создающее возникновение условия резонанса, реализуется на конусном классификаторе [3, 9]. Семенной материал, подвергающийся обработке, повторяет возвратно-колебательное движение, совершаемое

рабочим органом конусного классификатора, но одновременно семена движутся по траектории в виде знака бесконечности и переориентируются в пространстве в процессе встряхивания. Это свидетельствует о том, что доминирующее влияние на эффективность всей комплексной обработки, включающей в себя фракционирование на плоских решетках, импакцию и направленное движение частиц, создающее возникновение условия резонанса, будут оказывать кинематические параметры частиц семенного материала, особенно такая составляющая кинематики, как траектория [6].

Цель исследования – выявление зависимости того, какие предельные траектории количественно совершают проходные частицы семенного материала и как качественно можно повлиять на них конструктивно-технологическими параметрами классификатора для дальнейшего повышения эффективности комплексной предпосевной обработки.

Методика исследований. Проводили вычислительные эксперименты для более пол-





ного понимания физической составляющей происходящих процессов с учетом возможных параметров рабочего органа классификатора и реальных размеров известных семян [7]. Основываясь на накопленных теоретических и практических сведениях в области фракционирования семян, технологический процесс усовершенствованных классификаторов ориентирован на разделение семенного материала на четыре фракции. Полученные данные обрабатывали с помощью компьютерной программы Excel Microsoft Office XP методом композиционного ортогонально-

го плана второго порядка для трех факторов [2, 10].

В качестве основных варьируемых факторов были взяты: радиус верхнего решета $x_3 = 35; 45; 50$ мм; расстояние между решетками $x_1 = 10; 15; 20$ мм; толщина проходовой частицы $x_2 = 1,5; 3,0; 4,5; 8,0$ мм. Выходной величиной y приняли траекторию проходовой частицы при движении рабочего органа классификатора вправо, м.

В табл. 1–4 представлены матрицы результатов регрессионного анализа с учетом сочетаний значений варьируемого фактора – толщины проходовой частицы.

Таблица 1

Модель 1 (без частиц толщиной 8,0 мм)

y	x_1y	x_2y	x_3y	x_1^2y	x_2^2y	x_3^2y	x_1x_2y	x_1x_3y	x_2x_3y
90	-90	-90	-90	24,3	24,3	24,3	90	90	90
104,8	104,8	-104,8	-104,8	28,296	28,296	28,296	-104,8	-104,8	104,8
89,7	-89,7	89,7	-89,7	24,219	24,219	24,219	-89,7	89,7	-89,7
104,5	104,5	104,5	-104,5	28,215	28,215	28,215	104,5	-104,5	-104,5
120,6	-120,6	-120,6	120,6	32,562	32,562	32,562	120,6	-120,6	-120,6
136,8	136,8	-136,8	136,8	36,936	36,936	36,936	-136,8	136,8	-136,8
120,3	-120,3	120,3	120,3	32,481	32,481	32,481	-120,3	-120,3	120,3
136,5	136,5	136,5	136,5	36,855	36,855	36,855	136,5	136,5	136,5
111,6	-135,036	0	0	82,584	-81,468	-81,468	0	0	0
126,7	153,307	0	0	93,758	-92,491	-92,491	0	0	0
118,7	0	-143,627	0	-86,651	87,838	-86,651	0	0	0
118,3	0	143,143	0	-86,359	87,542	-86,359	0	0	0
96,8	0	0	-117,128	-70,664	-70,664	71,632	0	0	0
127,6	0	0	154,396	-93,148	-93,148	94,424	0	0	0
118,5	0	0	0	-86,505	-86,505	-86,505	0	0	0
1721,4	80,271	-1,684	162,468	-3,121	-5,032	-23,554	0	2,8	0

Таблица 2

Модель 2 (без частиц толщиной 4,5 мм)

y	x_1y	x_2y	x_3y	$2(x_1)y$	$2(x_2)y$	$2(x_3)y$	x_1x_2y	x_1x_3y	x_2x_3y
90	-90	-90	-90	24,3	24,3	24,3	90	90	90
104,8	104,8	-104,8	-104,8	28,296	28,296	28,296	-104,8	-104,8	104,8
89,3	-89,3	89,3	-89,3	24,111	24,111	24,111	-89,3	89,3	-89,3
104,1	104,1	104,1	-104,1	28,107	28,107	28,107	104,1	-104,1	-104,1
120,6	-120,6	-120,6	120,6	32,562	32,562	32,562	120,6	-120,6	-120,6
136,8	136,8	-136,8	136,8	36,936	36,936	36,936	-136,8	136,8	-136,8
119,9	-119,9	119,9	119,9	32,373	32,373	32,373	-119,9	-119,9	119,9
136,1	136,1	136,1	136,1	36,747	36,747	36,747	136,1	136,1	136,1
111,6	-135,036	0	0	82,584	-81,468	-81,468	0	0	0
126,6	153,186	0	0	93,684	-92,418	-92,418	0	0	0
118,7	0	-143,627	0	-86,651	87,838	-86,651	0	0	0
117,9	0	142,659	0	-86,067	87,246	-86,067	0	0	0
96,8	0	0	-117,128	-70,664	-70,664	71,632	0	0	0
127,6	0	0	154,396	-93,148	-93,148	94,424	0	0	0
118,5	0	0	0	-86,505	-86,505	-86,505	0	0	0
1719,3	80,15	-3,768	162,468	-3,335	-5,687	-23,621	-2,8E-14	2,8	0

Модель 3 (без частиц толщиной 3,0 мм)

y	x_1y	x_2y	x_3y	x_1^2y	x_2^2y	x_3^2y	x_1x_2y	x_1x_3y	x_2x_3y
90	-90	-90	-90	24,3	24,3	24,3	90	90	90
104,8	104,8	-104,8	-104,8	28,296	28,296	28,296	-104,8	-104,8	104,8
89,3	-89,3	89,3	-89,3	24,111	24,111	24,111	-89,3	89,3	-89,3
104,1	104,1	104,1	-104,1	28,107	28,107	28,107	104,1	-104,1	-104,1
120,6	-120,6	-120,6	120,6	32,562	32,562	32,562	120,6	-120,6	-120,6
136,8	136,8	-136,8	136,8	36,936	36,936	36,936	-136,8	136,8	-136,8
119,9	-119,9	119,9	119,9	32,373	32,373	32,373	-119,9	-119,9	119,9
136,1	136,1	136,1	136,1	36,747	36,747	36,747	136,1	136,1	136,1
111,4	-134,794	0	0	82,436	-81,322	-81,322	0	0	0
126,6	153,186	0	0	93,684	-92,418	-92,418	0	0	0
118,7	0	-143,627	0	-86,651	87,838	-86,651	0	0	0
117,9	0	142,659	0	-86,067	87,246	-86,067	0	0	0
96,7	0	0	-117,007	-70,591	-70,591	71,558	0	0	0
127,4	0	0	154,154	-93,002	-93,002	94,276	0	0	0
118,3	0	0	0	-86,359	-86,359	-86,359	0	0	0
1718,6	80,392	-3,768	162,347	-3,118	-5,176	-23,551	-2,8E-14	2,8	0

Таблица 4

Модель 4 (без частиц толщиной 1,5 мм)

y	x_1y	x_2y	x_3y	$2(x_1)y$	$2(x_2)y$	$2(x_3)y$	x_1x_2y	x_1x_3y	x_2x_3y
89,8	-89,8	-89,8	-89,8	24,246	24,246	24,246	89,8	89,8	89,8
146,5	146,5	-146,5	-146,5	39,555	39,555	39,555	-146,5	-146,5	146,5
89,3	-89,3	89,3	-89,3	24,111	24,111	24,111	-89,3	89,3	-89,3
104,1	104,1	104,1	-104,1	28,107	28,107	28,107	104,1	-104,1	-104,1
120,5	-120,5	-120,5	120,5	32,535	32,535	32,535	120,5	-120,5	-120,5
136,7	136,7	-136,7	136,7	36,909	36,909	36,909	-136,7	136,7	-136,7
119,9	-119,9	119,9	119,9	32,373	32,373	32,373	-119,9	-119,9	119,9
136,1	136,1	136,1	136,1	36,747	36,747	36,747	136,1	136,1	136,1
111,4	-134,794	0	0	82,436	-81,322	-81,322	0	0	0
126,6	153,186	0	0	93,684	-92,418	-92,418	0	0	0
118,5	0	-143,385	0	-86,505	87,69	-86,505	0	0	0
117,9	0	142,659	0	-86,067	87,246	-86,067	0	0	0
96,7	0	0	-117,007	-70,591	-70,591	71,558	0	0	0
127,4	0	0	154,154	-93,002	-93,002	94,276	0	0	0
118,3	0	0	0	-86,359	-86,359	-86,359	0	0	0
1759,7	122,292	-44,826	120,647	8,179	5,827	-12,254	-41,9	-39,1	41,7

Исследовали следующие соотношения толщин проходных частиц: модель 1 – 1,5 мм, 3,0 мм, 4,5 мм; модель 2 – 1,5 мм, 3,0 мм, 8,0 мм; модель 3 – 1,5 мм, 4,5 мм, 8,0 мм; модель 4 – 3,0 мм, 4,5 мм, 8,0 мм. Модель 1 актуальна в большей части для семян лесных видов растений; модели 2 и 3 будут актуальны для любых видов семян как лесных, так и сельскохозяйственных растений; модель 4 более актуальна в основном для семян сельскохозяйственных растений, хотя нельзя забывать о размерах семян кедра (*Cedrus*).

Результаты исследований. На основании полученных данных регрессионного анализа

были составлены уравнения регрессии в виде полинома второй степени без незначимых коэффициентов:

для модели 1:

$$y = 98,85 + 7,95x_1 + 14,05x_3 - 6,31x_3^2; \quad (1)$$

для модели 2:

$$y = 98,73 + 7,97x_1 + 14,04x_3 - 6,33x_3^2; \quad (2)$$

для модели 3:

$$y = 98,67 + 7,97x_1 + 14,03x_3 - 6,32x_3^2; \quad (3)$$



для модели 4:

$$y = 102,29 + 7,98x_1 + 10,05x_3 - 10,12x_1^2 - 10,66x_2^2 - 8,19x_3^2. \quad (4)$$

Учитывая, что расчетные значения критерия Фишера значительно меньше стандартного, все модели являются значимыми с достаточно высокой достоверностью $R^2 > 0,91$. Это позволяет выполнить анализ влияния выбранных варьируемых факторов на выходной параметр.

Согласно полученным уравнениям (1–3) наибольшее влияние на траектории проходových частиц оказывает радиус верхнего решета. Влияние расстояния между решетками тоже существенно, но практически вдвое меньше. Радиус верхнего решета в квадратичной форме уменьшает величины траекторий. Для этих моделей абсолютно незначимым фактором является толщина частиц. Тем не менее, достаточно интересно проследить интенсивность изменения этого фактора. Примем $d_{\min} = 1,5$ мм. Тогда величина приращения: для модели 1 $\Delta d_1 = 4,5 - 3,0 = 3,0 - 1,5 = 1,5$ мм; для модели 2 $\Delta d_2 = 8,0 - 3,0 = 5,0$ мм и $\Delta d_2 = 3,0 - 1,5 = 1,5$ мм; для модели 3 $\Delta d_3 = 8,0 - 4,5 = 3,5$ мм и $\Delta d_3 = 4,5 - 1,5 = 3,0$ мм. В моделях 1 и 3 изменение толщин происходит пропорционально, а в модели 2 изменение толщин скачкообразное.

Уравнение (4) демонстрирует существенное изменение картины влияния варьируемых факторов. Во-первых, разница положительного влияния радиуса верхнего решета и расстояния между решетками различается не так сильно, как в моделях 1, 2, 3. Во-вторых, увеличивается отрицательное квадратичное влияние расстояния между решетками. В-третьих, появляется отрицательное влияние квадратичной величины расстояния между решетками и квадратичной величины толщины проходовой частицы. Причем интенсивность изменения толщин частиц в модели 4 следующая: $\Delta d_4 = 8,0 - 4,5 = 3,5$ мм и $\Delta d_4 = 4,5 - 3,0 = 1,5$ мм. Эти данные показывают, что в модели 4 интенсивность изменения толщин объединяет интенсивность модели 1 и модели 3.

Заключение. В результате проведенных исследований было выявлено, что величины предельных траекторий проходových частиц, толщина которых колеблется от 1,5 мм до 8,0 мм, составляют 89,3–136,8 см для заданных конструктивно-установочных параметров; первым качественным фактором, влияющим на величины траекторий проходových частиц, на основании полученных данных регрессионного анализа является радиус верхнего решета, а следовательно, и радиусы последующих решет, находящихся ниже. Этот показатель влияет на горизонтальные габаритные размеры усовершенствованных классификаторов. В качестве второго качественного фактора, влияющего на величины траекторий проходových частиц, на основании регрес-

сионного анализа получили расстояние между решетками. Этот показатель влияет на вертикальные габаритные размеры усовершенствованных классификаторов. Согласно полученным регрессионным моделям абсолютно никакого качественного и количественного влияния на траектории не оказывают совместные взаимодействия выбранных варьируемых факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адиньяев Э.Д., Хамзатова М.Х. Применение средств интенсификации для реализации биоресурсного потенциала кукурузы в степной орошаемой зоне Чеченской Республики // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – № 53 (4). – С. 56–63.
2. Бричагина А.А., Ильин С.Н., Пальвинский В.В. Моделирование технологического процесса высевающего аппарата зерновой сеялки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 11 (122). – С. 67–71.
3. Вахнина Г.Н., Князев А.В., Лосев С.С. Аналитическая модель скоростного режима работы конусного классификатора // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/108-9070>
4. Вахнина Г.Н., Шадрин Е.Л., Гулевский А.С. Содержательное описание функциональной модели ресурсосберегающей технологии с направленным движением частиц // Современные научно-практические решения XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2016. – Ч. I. – С. 260–267.
5. Вахнина Г.Н., Вакула Е.Ю., Сафонова Н.М. Искусственное лесовосстановление – глобальная проблема // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 7 (часть 2) – Режим доступа: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11535> (дата обращения: 25.07.2017). – С. 254–256.
6. Вахнина Г.Н., Вакула Е.Ю., Сафонова Н.М. Предельные траектории проходových частиц при обработке по ресурсосберегающей технологии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5 (часть 1). – Режим доступа: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11535> (дата обращения: 25.05.2017). – С. 23–29.
7. Евченко А.В. Анализ физико-механических свойств семян зерновых культур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (119). – С. 144–149.
8. Козырева М.Д., Базаева Л.М., Пухаев А.Р. Эффективность предпосевной обработки семян при возделывании озимого ячменя // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 48. – № 1. – С. 44–47.
9. Пат. № 2478446 РФ, МПК В07В 1/46. Конусный классификатор [Текст] / Г.Н. Вахнина, Ф.В. Пошарников, Е.В. Кондрашова, Р.Г. Боровиков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – № 2011140912/06; заявл. 07.10.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. – 4 с.: ил.
10. Основы теории и техники физического моделирования и эксперимента [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Н.Ц. Гатапова [и др.]. – Тамбов, 2014. – 77 с.





Вахнина Галина Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Общепрофессиональные дисциплины», Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Россия.

Вакула Елена Юрьевна, преподаватель кафедры «Общепрофессиональные дисциплины», Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Россия.

Сафонова Наталья Михайловна, преподаватель кафедры «Общепрофессиональные дисциплины», Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Россия.

Богданова Лариса Николаевна, преподаватель кафедры «Общепрофессиональные дисциплины», Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Россия.

394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 153.
Тел.: 89030259853; e-mail: galina_vahnina@mail.ru

Ключевые слова: конусный классификатор; предельная траектория; проходочная частица; верхнее решето; расстояние между решетками, регрессионный анализ.

LIMITING TRAJECTORIES OF SIEVED PARTICLES DEPENDENCE OF THE CONE CLASSIFIER PARAMETERS' BY THE DATA OF REGRESSION ANALYSIS

Vakhnina Galina Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "General Professional Disciplines", Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin". Russia.

Vakula Elena Yuryevna, Teacher of the chair "General Professional Disciplines", Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin". Russia.

Safonova Nataliya Mihailovna, Teacher of the chair "General Professional Disciplines", Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin". Russia.

Bogdanova Larisa Nikolaevna, Teacher of the chair "General Professional Disciplines", Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin". Russia.

Keywords: cone classifier; limiting trajectory; sieved particle; upper sieve; distance between sieves; regression analysis.

The patented tapered classifier implements a resource-saving technology of complex presowing seed treatment with directional movement of particles. The seed material undergoes processing that include fractionation on flat sieves, impaction and directed movement of particles, creation the occurrence of a resonance condition on this improved classifier. All the listed tech-

nological operations occur simultaneously. In order to improve the effectiveness of the process, it is important to understand which limiting trajectories quantitatively make particles of seed material and how qualitatively it is possible to affect them by the design and technological parameters of the classifier. This stage of research included the study of the trajectories of the passage particles when the working organ moves to the right. The radius of the upper sieve, the distance between the sieves, the thickness of the passage particle were chosen as the influencing parameters. By the method of compositional orthogonal planning, the basic statistical characteristics were determined and regression equations were made, which allow to reveal active parameters influencing the result. The reliability determined by the significance of the Fisher criterion has a negligible value, which allows us to conclude that the model is significant. As the first qualitative factor affecting the trajectory values of the sieved particles, based on the regression analysis obtained, the upper sieve radius is recognized, depending on which horizontal dimensions of the improved classifiers will be. On the basis of regression analysis, the distance between the sieves, depending on which the vertical dimensions of the improved classifiers will be located, is recognized as the second qualitative factor affecting the trajectory values of the sieved particles. According to the regression models obtained, the joint interactions of the selected variable factors have absolutely no effect.

УДК 658.382

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА РАБОТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЕНИКЕЕВ Виль Гуммерович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СМЕЛИК Виктор Александрович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ШКРАБАК Роман Владимирович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СМИРНОВ Василий Тимофеевич, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ДЖАББОРОВ Нозим Исмоилович, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства

Статья посвящена сравнительному анализу травматизма работающих в различных видах экономической деятельности в сравнении со среднероссийскими данными и между видами деятельности. Сравнение велось по значениям трудоохранных параметров для мужчин и женщин. В качестве трудоохранных параметров и показателей использованы коэффициенты частоты, тяжести и финансовые затраты на охрану труда по каждому направлению. Предложены эффективные пути профилактики, основанные на современных достижениях трудоохранной науки, проверенных практикой.

Введение. Процессы жизнедеятельности работающих в различных видах экономической деятельности в мире и стране стабильно сопровождаются несчастными случаями с различными

исходами и заболеваниями [1]. Этому способствует ряд причин и обстоятельств, среди которых определяющими являются условия труда, быта и отдыха; профессионализм работника, его дис-