

## МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 630\*232.315

Г.Н. Вахнина

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УСОВЕРШЕНСТВАННОГО ПЛОСКОРЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА

Получено уравнение регрессии, описывающее технологический процесс усовершенствованного плоскорешетного сепаратора с новыми подвесками с учетом взаимного влияния частоты и амплитуды колебаний решетного стана.

**Ключевые слова:** усовершенствованный плоскорешетный сепаратор, математическое описание технологического процесса, подвески решетного стана, амплитуда колебаний.

G.N. Vakhnina

### TECHNOLOGICAL PROCESS MATHEMATICAL DESCRIPTION IN THE IMPROVED FLAT SIEVE SEPARATOR

The equation of regress describing the technological process of the improved flat sieve separator with new suspension brackets taking into account mutual influence of sieve boot fluctuation frequency and amplitude is received.

**Key words:** improved flat sieve separator, technological process mathematical description, sieve boot suspension brackets, fluctuation amplitude.

Предпосевная обработка семян, заключительной стадией которой является их сортирование, является важной составляющей возобновления лесных насаждений. К качеству обработки, так же как и к качеству самого семенного материала, предъявляются высокие требования. В связи с этим известные семеочистительные машины и сортировальные установки требуют модернизации. Плоскорешетный сепаратор как наиболее эффективный и часто используемый именно при фракционировании семян был усовершенствован новыми конструкциями подвесок решетного стана, позволяющими реализовать технологический процесс, при котором движение семян в горизонтальной плоскости чередуется с движением в вертикальной плоскости только при отклонении решетного стана в одну сторону [1–5]. Оригинальные подвески решетного стана позволили ввести в теорию расчета и конструирования плоскорешетных сепараторов новые величины: расстояние между упором и решетным станом, расстояние между упором и плоской пружиной. И это потребовало исследовать взаимное влияние на качество сортирования новых величин и традиционных, к которым относятся частота колебаний решетного стана, угол наклона решета к горизонту, угол направленности колебаний и амплитуда колебаний решетного стана.

**Цель исследования.** Изучение взаимного влияния на полноту выделения проходовой фракции частоты и амплитуды колебаний решетного стана при фиксированных значениях расстояния между упором и решетным станом и расстояния между упором и плоской пружиной.

Экспериментальные исследования проводились в Воронежской государственной лесотехнической академии на установке, имитирующей работу семеочистительной машины. Опыты вели на семенах сосны обыкновенной на пробивных решетках с круглыми отверстиями. Кинематические параметры процесса сортирования следующие:

- частота колебаний решетного стана – 250, 300, 350, 400, 450, 500 мин<sup>-1</sup>;
- угол наклона решета к горизонту – 10°;
- удельная нагрузка – 0,6 кг/(ч·дм<sup>2</sup>);
- расстояние между упором и решетным станом – 50 мм;
- расстояние между упором и плоской пружиной – 5 мм;
- амплитуда колебаний – 12, 16, 20 мм.

Опыты проводились в трехкратной повторяемости. Предварительно по стандартной методике был определен эталонный состав семенного вороха.

Полученные результаты экспериментальных исследований были обработаны с помощью компьютерной программы Excel Microsoft Office XP методов В-композиционного плана второго порядка, так как уравнениями регрессии второго порядка наиболее точно и адекватно описываются процессы фракционирования.

В качестве основных варьируемых факторов были взяты: частота колебаний  $x_1 = 300, 350, 400$  мин<sup>-1</sup> и амплитуда колебаний  $x_2 = 12, 16, 20$  мм. Выходной величиной  $y$  приняли полноту выделения проходовой фракции, выражаемую в процентах. В таблице представлена расширенная матрица планирования полного факторного эксперимента для двух факторов.

**Матрица планирования полного факторного эксперимента методом В-композиционного планирования второго порядка для двух факторов**

x0	x1	x2	(x1)2	(x2)2	x1x2	x1y	x2y	(x1)2y	(x2)2y	x1x2y	x0y	y
1	-1	-1	0,33	0,33	1	-96,6	-96,6	31,9	31,9	96,6	96,6	96,6
1	1	-1	0,33	0,33	-1	76,8	-76,8	25,3	25,3	-76,8	76,8	76,8
1	-1	1	0,33	0,33	-1	-57,5	57,5	19	19	-57,5	57,5	57,5
1	1	1	0,33	0,33	1	66	66	21,8	21,8	66	66	66
1	0	0	-0,67	-0,67	0	0	0	-65,5	-65,5	0	97,8	97,8
1	1	0	0,33	-0,67	0	96,5	0	31,8	-64,8	0	96,5	96,5
1	-1	0	0,33	-0,67	0	-96,7	0	31,9	-64,8	0	96,7	96,7
1	0	1	-0,67	0,33	0	0	54,7	-36,6	18,1	0	54,7	54,7
1	0	-1	-0,67	0,33	0	0	-92,1	-61,7	30,4	0	92,1	92,1
9	6	6	2	2	4	-11,5	-87,3	-2,1	-48,6	28,3	734,7	734,7

Полученное уравнение регрессии в виде полинома второй степени без незначимых коэффициентов имеет вид

$$y = 98,61 - 1,92x_1 - 14,55x_2 - 24,3x_2^2 + 7,07x_1x_2.$$

Согласно полученному уравнению, сильное влияние на полноту выделения проходовой фракции оказывает амплитуда колебаний, причем как в одинарной, так и в квадратичной форме. И влияние это обратно пропорциональное. Вместе с тем совместно с частотой колебаний амплитуда оказывает прямое влияние на выходную величину. Средствами MATLAB 6.5 SP/7.0 получена полиномиальная аппроксимация уравнения регрессии, представленная на рис. 1 и 2. На рис. 1 – изменение полноты выделения проходовой фракции от варьирования величиной амплитуды колебаний решетного стана. На рис. 2 – изменение полноты выделения проходовой фракции от варьирования величиной частоты колебаний решетного стана. Представленные графики позволяют выделить сочетание параметров работы плоскорешетного сепаратора, при котором возможно достижение наибольшего эффекта сортирования семян. Линейная, параболическая, кубическая регрессия, а также регрессии полиномом четвертой и пятой степеней способствуют подтверждению правильности сделанного выбора.

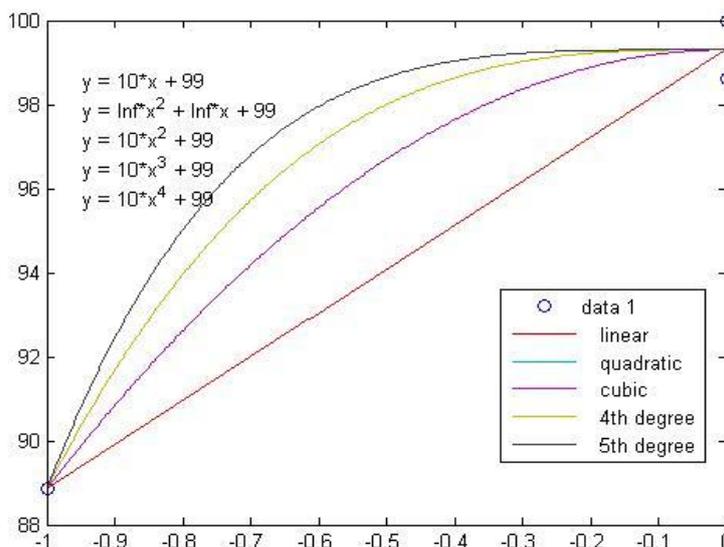


Рис. 1. Полиномиальная аппроксимация уравнения регрессии (амплитуда колебаний)

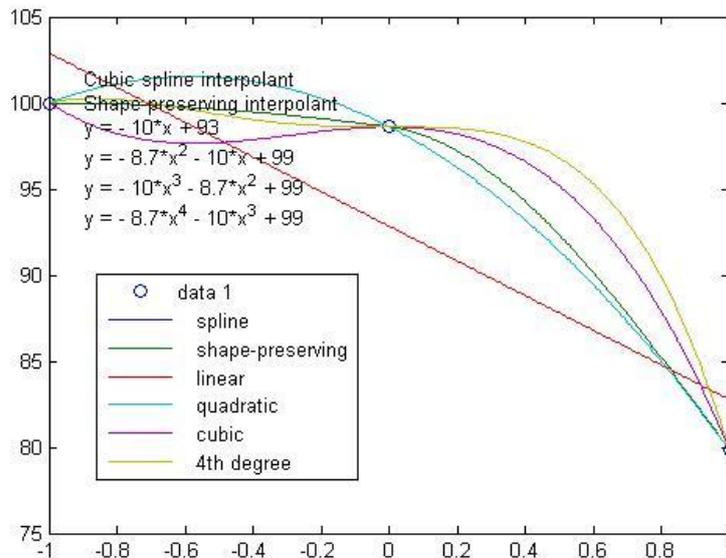


Рис. 2. Полиномиальная аппроксимация уравнения регрессии (частота колебаний)

### Выводы

1. Оснащение плоскорешетного сепаратора новыми конструкциями подвесок решетного стана позволило реализовать усовершенствованный технологический процесс сортирования семян хвойных пород, что привело к повышению качества сортирования семян, так как была достигнута полнота выделения проходовой фракции в 97,8 %.

2. Математическим моделированием получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс сортирования лесных семян при конкретных конструктивно-установочных параметрах новых подвесок с учетом совместного влияния частоты и амплитуды колебаний решетного стана.

3. Решением данного уравнения с помощью компьютерной программы получены параметры наиболее эффективной работы сепаратора: амплитуда колебаний 16 мм; частота колебаний 350 мин<sup>-1</sup>; удельная нагрузка 0,6 кг/(ч·дм<sup>2</sup>); угол наклона решета к горизонту 10°; расстояние между упором и плоской пружиной 5 мм; расстояние между упором и решетным станом 50 мм.

### Литература

1. Вахнина Г.Н. Результаты испытаний новых подвесок решетного стана плоскорешетного сепаратора для лесных семян // Леса России в XXI веке: мат-лы третьей междунар. науч.-практ. интернет-конф. (апрель 2010 г.) / Фед. агентство по образованию ГОУ ВПО «Санкт-Петербургская лесотехническая академия им. С.М.Кирова». – СПб., 2010. – С. 240–243.
2. Вахнина Г.Н. Экспериментальные исследования сортирования лесных семян на решетном стане с новой конструкцией подвески // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып. 5. – С. 106–108.
3. Пат. на изобретение № 2363553, МПК В07В 1/46. Подвеска решетного стана семеочистительной машины / В.С. Быков, Л.Т. Свиридов, Г.Н. Вахнина, В.В. Ткачев, Р.С. Ермолов; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008108874/03; заявл. 06.03.2008; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22. – 4 с.
4. Пат. на изобретение № 2372998, МПК В07В 1/46. Многоуровневая подвеска решетного стана семеочистительной машины / В.С. Быков, Л.Т. Свиридов, Г.Н. Вахнина, В.В. Ткачев, Р.С. Ермолов; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008118942/03; заявл. 13.05.2008; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32. – 4 с.
5. Свиридов Л.Т., Вахнина Г.Н. Кинематика движения семян в период взлета при подбрасывании на полотно решета // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып. 8. – С. 104–109.