

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ КОНУСНОГО КЛАССИФИКАТОРА

Вахнина Г.Н.<sup>1</sup>, Князев А.В.<sup>1</sup>, Лосев С.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8). E-mail: [prcom@vglta.vrn.ru](mailto:prcom@vglta.vrn.ru)

Разработанные усовершенствованные классификаторы впервые реализуют ресурсосберегающую технологию комплексной предпосевной обработки семян. Получены результаты расчета скорости корпуса с решетками по аналитической модели, в которой впервые учитываются конструктивно-установочные параметры разработанного конусного классификатора: ширина каркаса, диаметр верхнего решета, диаметр среднего большого решета, диаметр среднего меньшего решета, диаметр нижнего решета, угол наклона корпуса, положение горизонтального элемента каркаса. Расчетные значения позволяют выявить интенсивность изменения скорости при движении корпуса каркаса влево и вправо. Анализ полученных результатов позволяет с учетом соотношения диаметров решет рекомендовать использование конусного классификатора: - с горизонтальным элементом в верхнем положении со скоростью в интервале от 0,04 до 0,07 м/мин; - с горизонтальным элементом в среднем положении со скоростью в интервале от 0,06 до 0,085 м/мин; - с горизонтальным элементом в нижнем положении со скоростью в интервале от 0,075 до 0,1 м/мин.

Ключевые слова: аналитическая модель, ресурсосберегающая технология, скорость корпуса, корпус с решетками, конусный классификатор, положение горизонтального элемента.

## ANALYTICAL MODEL OF A SPEED MODE TAPER CLASSIFIER

Vakhnina G.N.<sup>1</sup>, Knyazev A.V.<sup>1</sup>, Losev S.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> "Voronezh State Academy of Forestry" Voronezh, Russia (394087, Voronezh, st. Timiryazeva, 8). E-mail: [prcom@vglta.vrn.ru](mailto:prcom@vglta.vrn.ru)

Classifiers were developed the advanced of a resource-saving technology for the first time implemented a comprehensive pre-treatment of seeds. Results are obtained calculating the rate case with the lattice on the analytical models. In these equations, the first, is recorded design and settings designed classifier cone width of frame, diameter of the top of the sieve, the average diameter of the large sieve, the average diameter of the smaller sieve diameter of the bottom of the sieve, the slope of the body, the position of the horizontal framing members. Calculated values can detect the intensity of a change of speed when moving the body frame to the left and right. Analysis of the results with the ratio of diameters of sieves are recommend the use of cone-qualifier: - with a horizontal element in the top position with a speed in the range of 0.04 m / min to 0.07 m / min; - with a horizontal element in the neutral position at a rate of ranging from 0.06 m / min to 0.085 m / min; - with a horizontal element in the down position at speeds in the range of 0.075 m / min to 0.1 m / min.

Keywords: analytical model, resource-saving technology, rate housing, housing with sieves, roller classifier, the horizontal position.

### Введение

Значительное повышение стоимости семян, в частности семян хвойных пород, в последнее время негативно сказывается на эффективности искусственного лесовосстановления. Предпосевная обработка семян – заключительная стадия подготовки семенного материала перед посевом. Качественно обработанные семена с низкой себестоимостью – залог высокой результативности работ по восстановлению лесных площадей. Создание технологий и технических средств, способных существенно снизить себестоимость предпосевной обработки семян, является решением актуальной проблемы лесного комплекса [1; 6]. Впервые предложенная нами ресурсосберегающая технология

комплексной предпосевной обработки семян [2] реализуется усовершенствованными классификаторами [4]. Теоретические исследования позволили получить уравнения скорости корпуса с решетками конусного классификатора (патент на изобретение № 2478446 RU) с учетом его конструктивно-установочных параметров.

**Целью работы** являлась разработка аналитической модели скорости движения корпуса с решетками конусного классификатора для определения оптимального диапазона скоростного режима в процессе его работы по комплексной предпосевной обработке семян.

**Материал и методы исследования.** Длина соударения представляет собой расстояние, которое преодолевает корпус с решетками до соударения с горизонтальным элементом каркаса [3; 5], установленным на определенной высоте, после чего направления скоростей и ускорений меняются на противоположные, а также изменяются и их величины [1]. Первая производная по времени длин соударения дает нам скорости корпуса с решетками конусного классификатора. Причем движение влево мы рассматриваем от исходного положения корпуса до крайнего левого, а движение вправо – от крайнего левого положения до крайнего правого положения. Исследования основывались на методах дифференциального исчисления, аналитического моделирования.

Дифференциальные уравнения скорости корпуса с решетками с горизонтальным элементом каркаса, установленным в **верхнем положении**, при отклонении **влево** (1) и **вправо** (2) имеют вид:

$$V_{клев} = \frac{dl_{слв}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - 0.5(D_{вр} + D_{сбр}))}{dt}, \quad (1)$$

$$V_{кпв} = \frac{dl_{слв}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - D_{вр} \cdot \cos \beta_{нв})}{dt}, \quad (2)$$

где  $l_{слв}$  – длина соударения корпуса при движении влево с горизонтальным элементом в верхнем положении, м [3];  $B_{кар}$  – ширина каркаса, м;  $D_{вр}$  – диаметр верхнего решета, м;  $D_{сбр}$  – диаметр среднего большего решета, м;  $l_{слв}$  – длина соударения корпуса при движении вправо с горизонтальным элементом в верхнем положении, м;  $\beta_{нв}$  – угол наклона корпуса с решетками при движении вправо с горизонтальным элементом в верхнем положении, град. [3].

Дифференциальные уравнения скорости корпуса с решетками с горизонтальным элементом каркаса, установленным в **среднем положении**, при отклонении **влево** (3) и **вправо** (4) имеют вид:

$$V_{клев} = \frac{dl_{слс}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - 0.5(D_{сбр} + D_{смр}))}{dt}, \quad (3)$$

$$V_{кнс} = \frac{dl_{снс}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - D_{сбр} \cdot \cos \beta_{нс})}{dt}, \quad (4)$$

где  $l_{снс}$  – длина соударения корпуса при движении влево с горизонтальным элементом в среднем положении, м [5];  $D_{сбр}$  – диаметр среднего меньшего решета, м;  $l_{снс}$  – длина соударения корпуса при движении вправо с горизонтальным элементом в среднем положении, м;  $\beta_{нс}$  – угол наклона корпуса с решетками при движении вправо с горизонтальным элементом в среднем положении, град. [5].

Дифференциальные уравнения скорости корпуса с решетками с горизонтальным элементом каркаса, установленным в **нижнем положении**, при отклонении **влево** (5) и **вправо** (6) имеют вид:

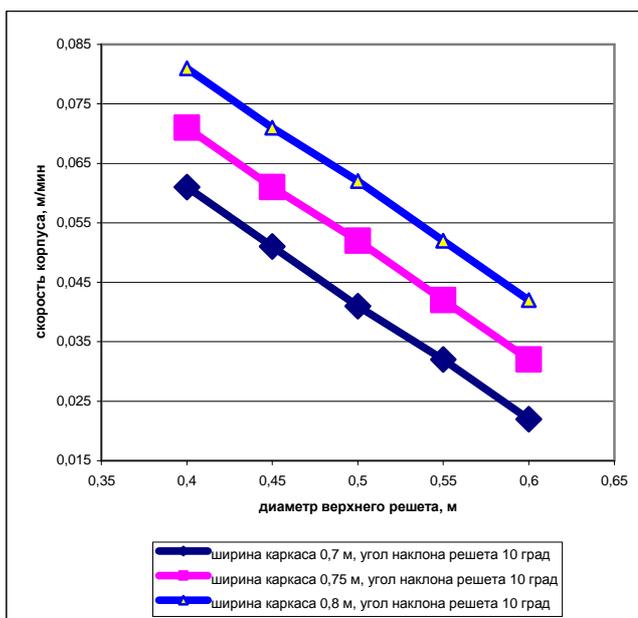
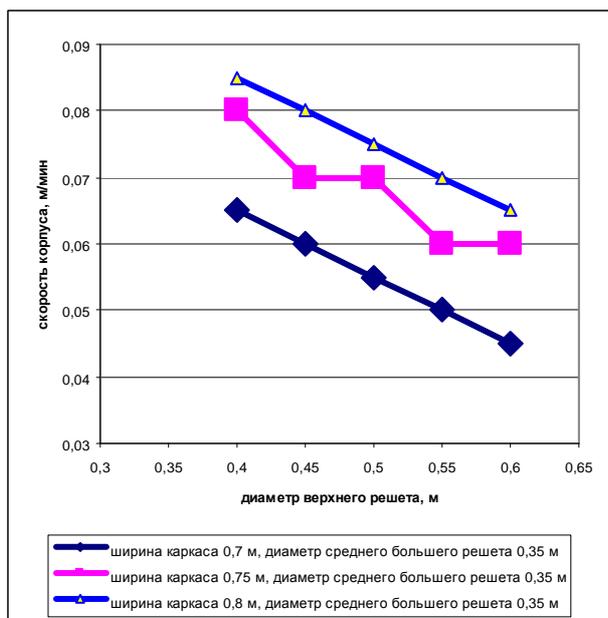
$$V_{квлн} = \frac{dl_{свлн}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - 0.5(D_{смп} + D_{нр}))}{dt}, \quad (5)$$

$$V_{кпн} = \frac{dl_{спн}}{dt} = \frac{d(B_{кар} - D_{смп} \cdot \cos \beta_{пн})}{dt}, \quad (6)$$

где  $l_{свлн}$  – длина соударения корпуса при движении влево с горизонтальным элементом в нижнем положении, м;  $D_{нр}$  – диаметр нижнего решета, м;  $l_{спн}$  – длина соударения корпуса при движении вправо с горизонтальным элементом в нижнем положении, м;  $\beta_{пн}$  – угол наклона корпуса с решетками при движении вправо с горизонтальным элементом в нижнем положении, град.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Расчеты для получения конкретных значений скоростей корпуса проводили по уравнениям (1-6), по результатам которых были построены графические зависимости (рис. 1-3). Для расчетов использовали следующие значения входящих в формулы (1-6) параметров:  $B_{кар} = [0,7; 0,75; 0,8]$  м;  $D_{вр} = [0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6]$  м при  $D_{сбр} = 0,35$  м;  $D_{сбр} = [0,36; 0,4; 0,44; 0,48; 0,52]$  м при  $D_{смп} = 0,3$  м;  $D_{смп} = [0,28; 0,32; 0,38; 0,42; 0,46]$  м при  $D_{нр} = 0,26$  м;  $\beta_{нс} = 10$  град;  $\beta_{нс} = 24$  град;  $\beta_{пн} = 40$  град. Время обработки семян приняли равным 5 мин.

Анализ графических зависимостей по рис. 1а показывает, что: увеличение диаметра верхнего решета с 0,4 до 0,6 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,065 до 0,045 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,08 до 0,06 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,083 до 0,064 м/мин.



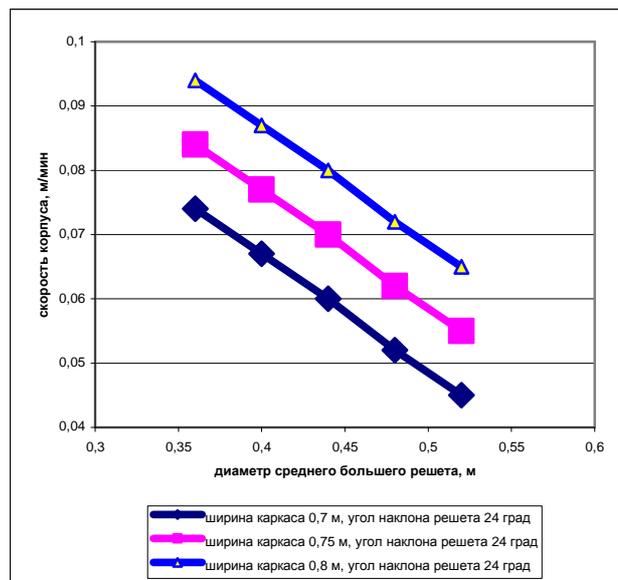
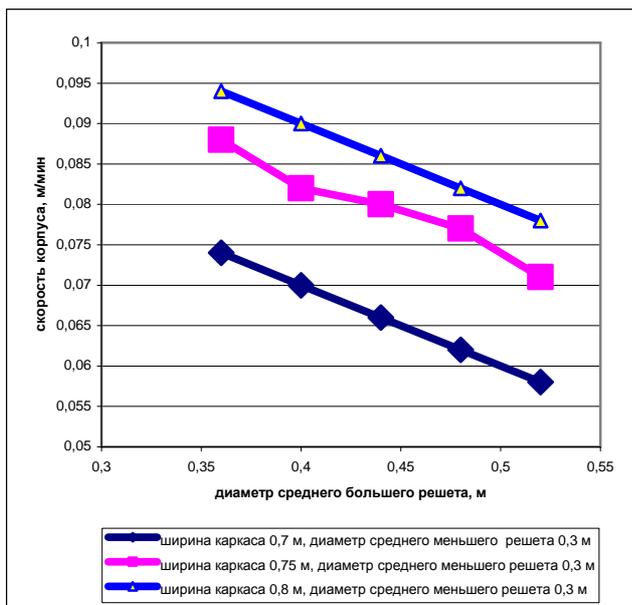
а) движение влево

б) движение вправо

Рисунок 1. Графики зависимости скорости корпуса при соударении с горизонтальным элементом, установленным в верхнем положении

Согласно графическим зависимостям по рис. 1б: увеличение диаметра верхнего решета с 0,4 до 0,6 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,058 до 0,022 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,068 до 0,033 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,081 до 0,042 м/мин. Таким образом, увеличение диаметра верхнего решета на 50% при увеличении ширины каркаса на 7% при движении влево уменьшает скорость корпуса на 30-45%, а при движении вправо уменьшает скорость корпуса в 2-2,5 раза. При этом соотношение диаметра верхнего решета к диаметру среднего большего решета меняется от 1,14 к 1,71.

Анализ графических зависимостей по рис. 2а показывает, что: увеличение диаметра среднего большего решета с 0,36 до 0,52 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,074 до 0,058 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,088 до 0,071 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,094 до 0,078 м/мин. Согласно графическим зависимостям по рис. 2б: увеличение диаметра среднего большего решета с 0,36 до 0,52 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,074 до 0,045 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,084 до 0,055 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,093 до 0,065 м/мин.



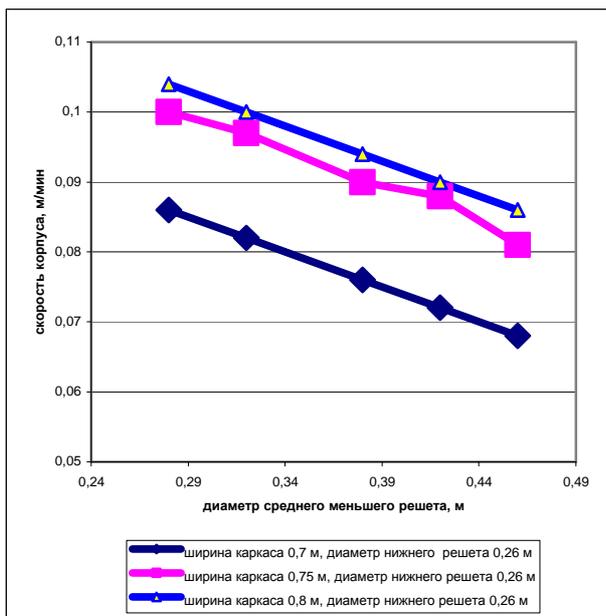
а) движение влево

б) движение вправо

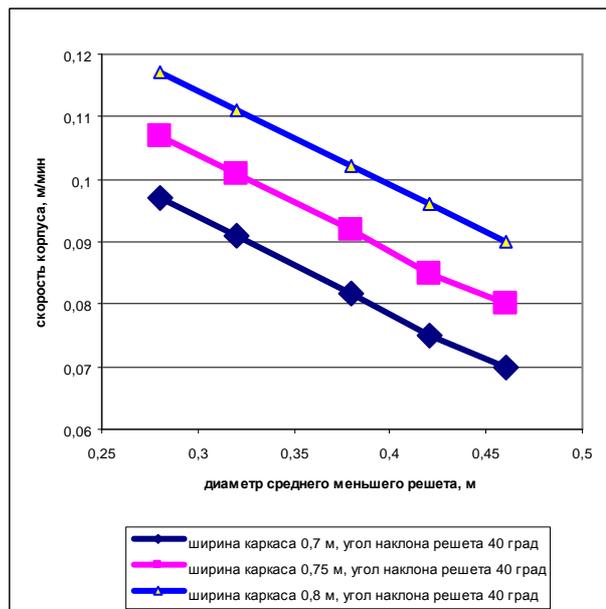
Рисунок 2. Графики зависимости скорости корпуса при соударении с горизонтальным элементом, установленным в среднем положении

Таким образом, увеличение диаметра среднего большого решета на 64% при увеличении ширины каркаса на 7% при движении влево уменьшает скорость корпуса на 9-36%, а при движении вправо уменьшает скорость корпуса в 1,4-1,65 раза. При этом соотношение диаметра среднего большого решета к диаметру среднего меньшего решета меняется от 1,2 к 1,73.

Анализ графических зависимостей по рис. 3а показывает, что: увеличение диаметра среднего меньшего решета с 0,28 до 0,46 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,087 до 0,069 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,1 до 0,081 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,104 до 0,086 м/мин. Согласно графическим зависимостям по рис. 3б: увеличение диаметра среднего меньшего решета с 0,28 до 0,46 м при ширине каркаса 0,7 м снижает скорость с 0,098 до 0,07 м/мин; при ширине каркаса 0,75 м снижает скорость с 0,107 до 0,08 м/мин; при ширине каркаса 0,8 м снижает скорость с 0,118 до 0,09 м/мин. Таким образом, увеличение диаметра среднего меньшего решета на 64% при увеличении ширины каркаса на 7% при движении влево уменьшает скорость корпуса на 20-26%, а при движении вправо уменьшает скорость корпуса в 1,3-1,4 раза. При этом соотношение диаметра среднего меньшего решета к диаметру нижнего решета меняется от 1,08 к 1,77.



а) движение влево



б) движение вправо

Рисунок 3. Графики зависимости скорости корпуса при соударении с горизонтальным элементом, установленным в нижнем положении

Скорость корпуса согласно уравнениям (1-6) находится в обратной зависимости от диаметра решет и косинуса угла наклона. Чем больше будет диаметр установленных в корпусе решет и меньше сам угол наклона, тем меньше будет значение скорости. Наши расчеты, основанные на возможных реальных соотношениях конструктивно-установочных параметров классификатора, это полностью подтвердили.

**Выводы.** Разработанная аналитическая модель дает возможность рекомендовать наиболее оптимальные режимы работы конусного классификатора для комплексной предпосевной обработки семян. С учетом накопленного опыта по предпосевной обработке семян, в том числе семян хвойных пород [1], мы можем предложить следующие скоростные режимы: – с горизонтальным элементом в верхнем положении скорость корпуса в интервале от 0,04 до 0,07 м/мин с соответствующим соотношением решет; – с горизонтальным элементом в среднем положении скорость корпуса в интервале от 0,06 до 0,085 м/мин; – с горизонтальным элементом в нижнем положении скорость корпуса в интервале от 0,075 до 0,1 м/мин.

### Список литературы

1. Вахнина Г.Н. Повышение эффективности процесса сортирования семян хвойных пород на плоскорешетном сепараторе : дис. ... к-та техн. наук : 05.21.01 : защищена 2011. – Воронеж, 2011. – 247 с.

2. Вахнина Г.Н. Ресурсосберегающая технология комплексной предпосевной обработки лесных семян // Актуальные проблемы лесного комплекса / под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 31. – Брянск : БГИТА, 2012. – С. 118-120.
3. Вахнина Г.Н. К расчету перемещения корпуса конусного классификатора для лесных семян (с верхним положением горизонтального элемента каркаса) // I Международная научно-практическая конференция «Технические науки – основа современной инновационной системы», 25 апр. 2012 г. [материалы] : в 2 ч. / Приволжский научно-исследовательский центр. – Йошкар-Ола : Коллоквиум, 2012. – Ч. 2. – С. 83-89.
4. Вахнина Г.Н. Технические средства комплексной предпосевной обработки лесных семян // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВПО «КГТУ» / отв. ред. С.А. Угрюмов, Т.Н. Вахнина, А.А. Титунин. – Кострома : Изд-во КГТУ, 2012. – С. 142-143.
5. Вахнина Г.Н. К расчету перемещения корпуса конусного классификатора для лесных семян (со средним положением горизонтального элемента каркаса) / Г.Н. Вахнина, Р.Г. Боровиков, И.Н. Журавлев, В.В. Стасюк, П.Н. Щеблыкин // I Международная научно-практическая конференция «Технические науки: современные проблемы и перспективы развития», 10 дек. 2012 г. [материалы] / Приволжский научно-исследовательский центр. – Йошкар-Ола : Коллоквиум, 2013. – С. 196-201.
6. Vakhnina G.N. Increasing of Germinating Ability of Seeds Revisited / Vakhnina G.N., Voronikov R.G. // Леса России в XXI веке : материалы Седьмой международной научно-практической интернет-конференции. Июль 2011 г. / под ред. авторов ; Фед. агентство по образованию ГОУ ВПО «Санкт-Петербургская лесотехническая академия им. С.М. Кирова». – СПб., 2011. – С. 114-117.

**Рецензенты:**

Бартенев Иван Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж.

Кондрашова Елена Владимировна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.