

УДК 631.362.001.573

UDC 631.362.001.573

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ МВУ-1500**MULTIVARIATE ANALYSIS OF THE SEPARATION PROCESS OF SUNFLOWER SEEDS IN MUS-1500 AIR-SIEVE GRAIN CLEANING MACHINE**

Припоров Игорь Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент
SPIN-код автора: 4330-0224
ya.krip10@ya.ru

Priporov Igor Evgenevich
Candidate of technical sciences, associate professor
SPIN-code: 4330-0224
ya.krip10@ya.ru

Шепелев Анатолий Борисович
канд. техн. наук, доцент
SPIN-код автора: 1937-2241
shepelevab@mail.ru

Shepelev Anatoliy Borisovich
Candidate of technical sciences, associate professor
SPIN-code: 1937-2241
shepelevab@mail.ru

Халяпин Дмитрий Юрьевич
студент
dodge94@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Khalyapin Dmitriy Yurievich
student
dodge94@mail.ru
FSBEI HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Для решения задач интенсификации процесса сепарации семян подсолнечника в воздушно-решетной зерноочистительной машине МВУ-1500 проведен его многомерный анализ. Основные показатели процесса сепарации вороха семян определены в зависимости от подачи его на решета яруса решет – полнота просеивания j -ых компонентов, содержание в проходе решета j -ых компонентов, полнота схода и содержание в сходе их с яруса решет. Приняв гипотезу о возможном повышении эффективности процесса сепарации в воздушно-решетной зерноочистительной машине, были проанализированы закономерности ввода компонентов вороха семян в пневматический канал с целью его оптимизации. Для более полной оценки показателей рассматриваемого процесса оценены основные закономерности перемещения различных компонентов по решетку яруса решет, учитывая, что в современных конструкциях воздушно-решетных зерноочистительных машин подача семян в пневматический канал производится с решет. Для условий ширины решет равных единице, плотности j -ых компонентов вороха семян постоянной по длине каждого решета в ярусе решет и коэффициенте сепарации постоянным по длине решета, получено выражение для оценки величины средней скорости перемещения их по первому решетку яруса решет при установившемся процессе сепарации. Оценена статистическая значимость различий величин средних скоростей перемещений j -ых компонентов на втором решетке яруса решет по t -критерию Стьюдента, которая показала, что они принадлежат одной выборке случайных величин и не имеют статистически значимых различий. Поэтому, можно принять следующие значения величин скоростей перемещения компонентов вороха семян подсол-

With the aim of improving the productivity and performance of the sunflower seed separation process in the air-sieve seed-cleaning machine called MVU-1500 its multivariate analysis was carried out. The main indicators of the seed heap separation process were determined according to the feeding of the seed heap onto the sieve of the lattice. The indicators are as follows: completeness of the j -th components screening, the j -th components content in the sieve path, the completeness of their discharge and their content in the discharge from the sieve tier. Having adopted the hypothesis of a possible increase in the efficiency of the separation process in the air-sieve grain cleaning machine, we analyzed the delivery patterns of seed heap components into the pneumatic channel with the aim of optimizing the process. For a more complete assessment of the process indicators under consideration, basic patterns of movement of various components in the sieve-tier lattice were estimated. It was taken into account that in modern designs of air-sieve grain cleaning machines seeds are fed into the pneumatic channel from the sieves. When the width of the lattice is equal to one, the density of the j -th component of the seed heap is constant along the length of each sieve in the stack of sieves and the separation coefficient is constant along the length of the sieve, the expression received estimates the average speed of movement in the first sieve-tier lattice in the steady process of separation. There was evaluated the statistical significance of differences of the j -th component average speed movement on the second sieve- lattice by Student's t -criterion, which showed that they belong to the

нечника по решетку яруса решет: фрагменты стеблей – 0,0518 м/с; обрушенные семена – 0,0381 м/с; семена подсолнечника толщиной: менее 3,2 и 3,2-3,6 мм – 0,0835 м/с, 3,6-4,0 мм – 0,0453 м/с, более 4,0 мм – 0,0410 м/с

same sample of random variables and do not have statistically significant differences. Therefore, we can obtain the following velocity values of the heap of sunflower seed movement in the sieve-tier lattice: fragments of stems velocity is 0.0518 m/s; milled seeds velocity is 0.0381 m/s; velocity of sunflower seeds less than 3.2 and 3.2-3.6 mm thick is 0.0835 m/s, velocity of sunflower seeds of 3.6-4.0 mm thick is 0.0453 m/s, that of more than 4.0 mm thick is 0.0410 m/s

Ключевые слова: ВОЗДУШНО-РЕШЕТНАЯ ЗЕРНО-ОЧИСТИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПРОЦЕСС СЕПАРАЦИИ, СЕМЕНА ПОДСОЛНЕЧНИКА, МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ПОЛНОТА ПРОСЕИВАНИЯ, КРИТЕРИЙ СТЬЮДЕНТА, СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Keywords: AIR-SIEVE GRAIN-CLEANING MACHINE, SEPARATION PROCESSES, SUNFLOWER SEEDS, MULTIVARIATE ANALYSIS, COMPLETENESS SCREENING, T-STUDENT'S CRITERION, AVERAGE TRAVEL SPEED

Doi: 10.21515/1990-4665-130-082

Основным направлением ресурсосбережения при возделывании культур – переход на технологию минимальной обработки почвы. Такая технология не должна приводить к снижению урожайности возделываемой культуры с одной стороны, а с другой – способствовать снижению энергозатрат на предпосевную обработку почвы [17, 20, 23]. Своевременное и качественное внесение минеральных удобрений – необходимое условие восстановления плодородия почвы. Минеральные удобрения до 80% потребной нормы вносятся в период основной обработки почвы и остальная часть в период вегетации. Основными средствами механизации для поверхностного внесения минеральных удобрений – машины с центробежными рабочими органами [18, 19, 21, 22, 24].

Одной из значимых частных операций получения урожая семян подсолнечника и его последующая очистка [9, 10, 11, 12] осуществляется в воздушно-решетной зерноочистительной машине типа МВУ-1500 (рисунок 1) [7, 14, 15, 16] является разделение их на двух нижних ярусах решетных модулей.

Для решения задач интенсификации процесса сепарации семян подсолнечника в воздушно-решетной зерноочистительной машине (рисунок 1)

проведен его многомерный анализ [4, 5]. Стендовые испытания функционирования рассматриваемого яруса решет проведенны для следующих условий: угол наклона яруса решет к горизонту составляло 6° , амплитуда колебаний – 15 мм, частота колебаний – 329 мин^{-1} , подвески решет вертикальные, первое и второе решето в ярусе с отверстиями $\square 4 \text{ мм}$ и $\text{Ø } 8 \text{ мм}$ соответственно.

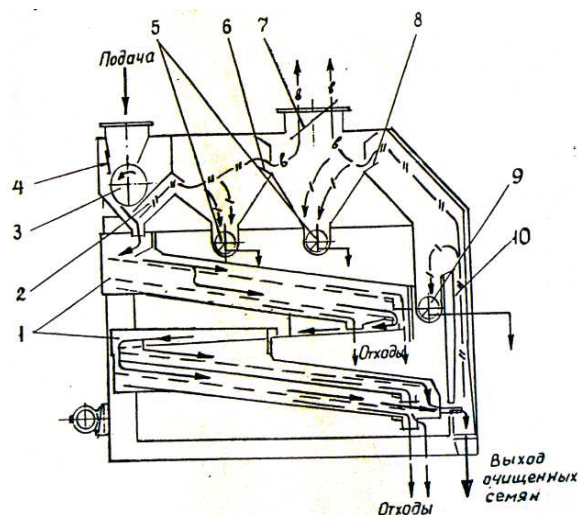
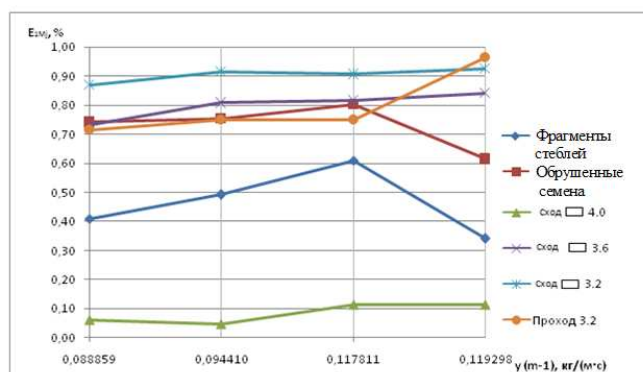


Рисунок 1 – Функциональная схема воздушно-решетной зерноочистительной машины МВУ-1500: 1 – верхний и нижний решетчатые станы; 2 – пневмоканал предварительной сепарации; 3 – валик питающий; 4 – шибер; 5 – шнеки отвода легких воздушных примесей; 6 – заслонка тонкой регулировки пневмоканала предварительной аспирации; 7 – заслонка грубой регулировки подачи воздуха; 8 – заслонка тонкой регулировки пневмоканала окончательной аспирации; 9 – шнек вывода тяжелых примесей; 10 – второй пневмоканал окончательной аспирации

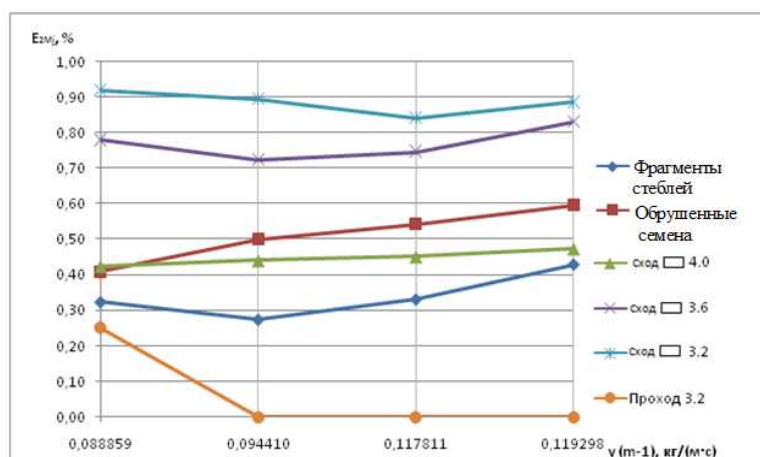
Исходный ворох семян подсолнечника сорта Лакомка, прошедший первичную очистку, имел следующую характеристику: обрушенные семена – 2,75 %, фрагменты стеблей – 1,72 %, мелкие семена (проход решета с отверстиями 3,2 мм) – 0,44 %, семена не прошедшие решета с отверстиями [8]: 3,2 мм – 11,4 %, 3,6 мм – 37,07 %, 4,0 мм – 46,58 %.

Эксперименты проводились при подаче вороха семян от 0,8 до 1,4 т/ч.

Проведенный предварительный анализ показал, что с доверительной вероятностью 0,95 допустимая относительная ошибка основного показателя процесса сепарации – полнота просеивания компонентов вороха семян через решетный ярус составляла 10-12 % при 4-х кратной повторности опытов. Основные показатели процесса сепарации вороха семян определены в зависимости от подачи его на решета яруса решет – полнота просеивания j -ых компонентов, содержание в проходе решета j -ых компонентов, полнота схода и содержание в сходе их с яруса решет j -ых компонентов (рисунок 2-4).



а



б

Рисунок 2 – Полнота просеивания j -ых компонентов:

а – первое решето яруса решет; б – второе решето яруса решет

Анализ полученных данных (рисунок 2 а) показал, что полнота просеивания фрагментов стеблей и обрушенных семян на первом решете с увеличением подачи уменьшается с 40 % до 34 % и с 74 % до 62 % соответственно, а на втором решете (рисунок 2 б) возрастает с 33 % до 42 % и с 41 % до 59 % соответственно.

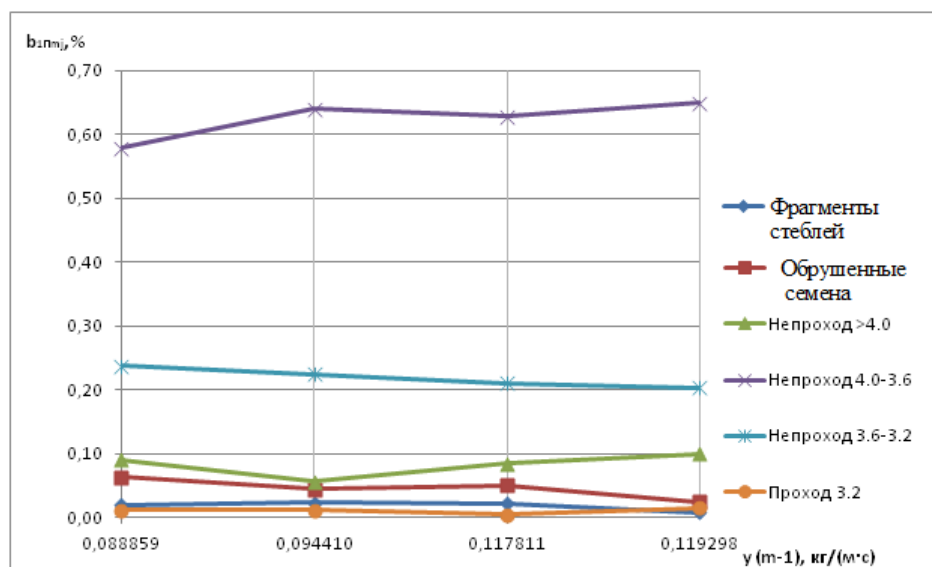


Рисунок 3 – Содержание в проходе первого решета j-ых компонентов

Содержание в проходе первого решета фрагментов стеблей с увеличением подачи остается практически одинаковой, а обрушенных семян уменьшается с 5 % до 2 % (рисунок 3).

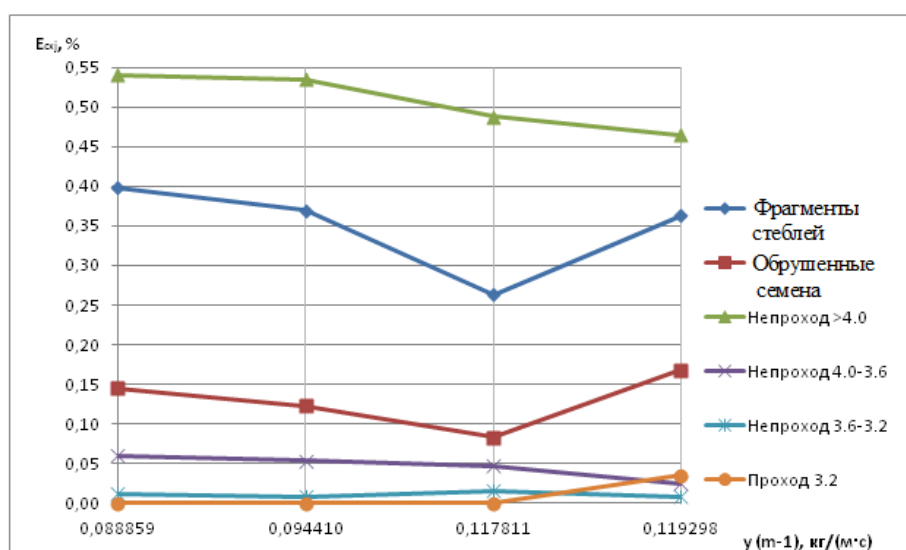


Рисунок 4 – Полнота схода j-ых компонентов с яруса решет

Анализ представленных данных (рисунок 4) показал, что полнота схода обрушенных семян с яруса решет с увеличением подачи увеличивается с 14 % до 17 %, а фрагментов стеблей уменьшается с 40 % до 37 %.

Приняв гипотезу о возможном повышении эффективности процесса сепарации в воздушно-решетной зерноочистительной машине, были проанализированы закономерности ввода компонентов вороха семян в пневматический канал с целью его оптимизации. Для более полной оценки показателей рассматриваемого процесса оценены основные закономерности перемещения различных компонентов по решетку решетного яруса, учитывая, что в современных конструкциях воздушно-решетных зерноочистительных машин подача семян в пневматический канал производится с решет.

Для определения средневзвешенного по массе тел значения пути, пройденного центрами инерции тел j -го компонента по решетку за время Δt L_j , времени пребывания $t_{цпj}$ и скорости V_{xj} движения их центров инерции при различных условиях их загрузки использованы основные принципы теории движения потока тел разработаны А. И. Литвиновым [1] и конкретные выражения для оценки этих показателей на решетном ярусе получены Ю. И. Ермольевым [3].

Для условий ширины решет равных единице, плотности j -ых компонентов вороха семян постоянной по длине каждого решета в решетном ярусе и коэффициенте сепарации μ_{1mj} постоянным по длине L_{1m} решета (рисунок 5), получено выражение (1) для оценки величины средней скорости перемещения их по первому решетку решетного яруса при установившемся процессе сепарации V_{x1mj} [6]:

$$V_{x1mj} = \frac{Y_{1(m-1)j}}{M \Pi_{1mj}} \Delta t \left[\frac{1}{\mu_{1mj}} + L_{1m} (1 - E_{j1m}) - e^{-\mu_{1mj} \cdot L_{1m}} \left(L_{1m} + \frac{1}{\mu_{1mj}} \right) \right] \quad (1)$$

где $Y_{1(m-1)j}$ – масса j -го компонента, поступившего на первое решето с предыдущего ($m-1$) – го за время Δt , кг;

$M_{П1mj}$ – масса тел j -го компонента на рабочей поверхности решета при установившемся процессе сепарации, кг;

Δt – время пройденное центром инерции тел j -го компонента по решету, с;

L_{1m} – длина первого решета в решетном ярусе, м;

E_{j1m} – полнота просеивания j -го компонента через первое решето в решетном ярусе.

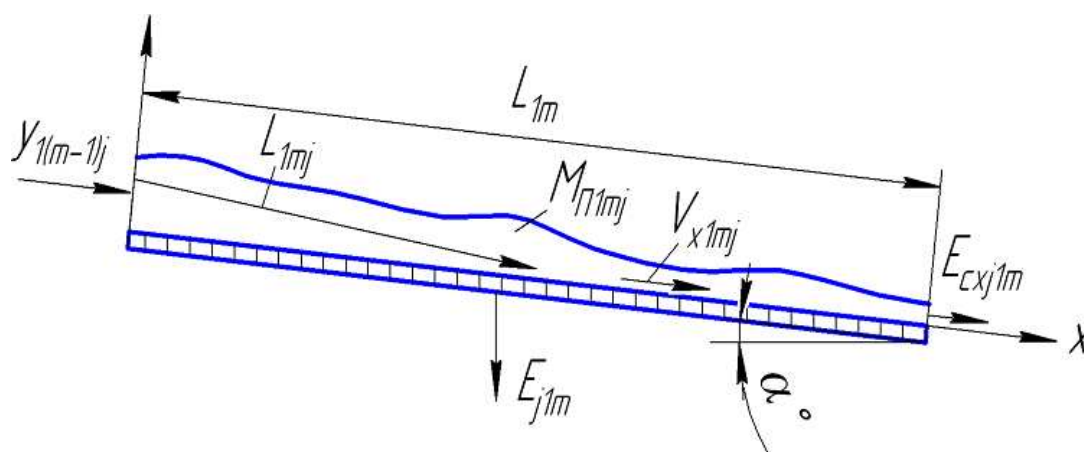


Рисунок 5 – Схема показателей перемещения j -ых компонентов вороха семян подсолнечника по первому решету решетного яруса

Для случая, когда масса j -го компонента $Y_{1mj}=0$, величина V_{x1mj} определяется по выражению (1) при условии, что полнота просеивания $E_{j1m}=1$. Коэффициент сепарации μ_{1mj} определяется по формуле (2) при условии, что $E_{j1m}<1$

$$\mu_{1mj} = \frac{1}{L_{1m}} \ln \left(\frac{1}{1 - E_{j1m}} \right). \quad (2)$$

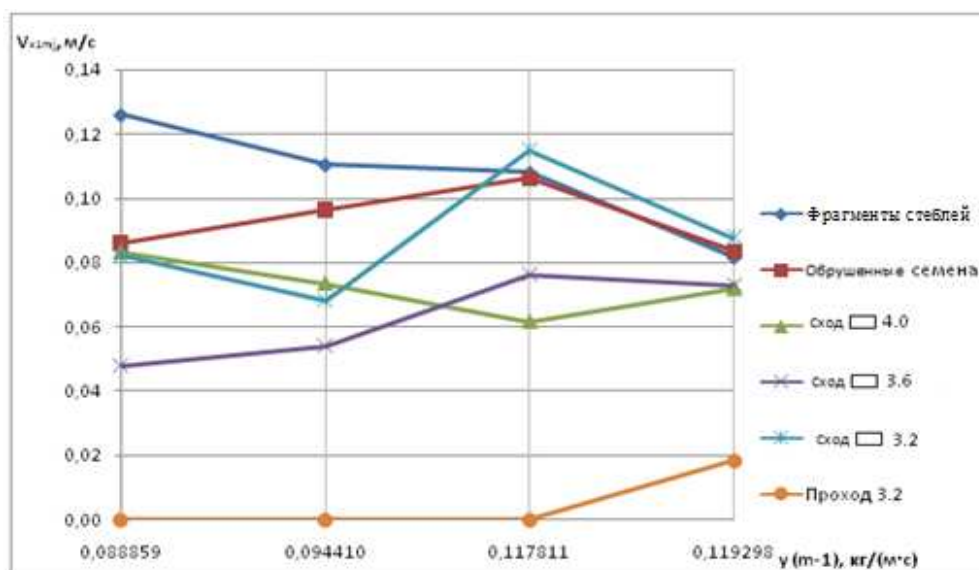
Путь, пройденный центром инерции тела j-го компонента L_{1mj} по первому решету, определяется по формуле (3)

$$L_{1mj} \cong X_{CM\ 1mj} = \frac{1}{\mu_{1mj}} + L_{1m} (1 - E_{j1m}) - e^{-\mu_{1mj} \cdot L_{1m}} \left(L_{1m} + \frac{1}{\mu_{1mj}} \right). \quad (3)$$

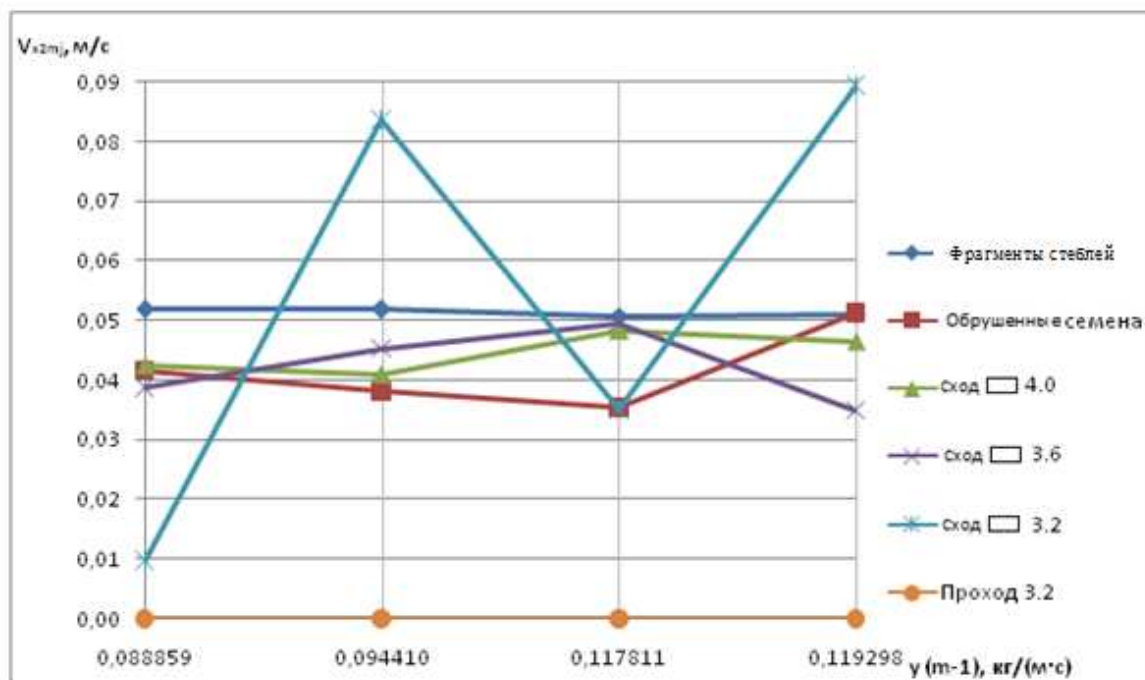
Время пребывания центра инерции тел j-го компонента на решете определяется по формуле (4)

$$t_{cpjlm} = \frac{M_{П1mj} \Delta t}{Y_{1(m-1)j}}. \quad (4)$$

Средние скорости перемещения j-ых компонентов вороха семян по первому представлены на рисунке 6 а и по второму решету представлены на рисунке 6 б.



а



б

Рисунок б – Средние скорости перемещений j -ых компонентов по:
a – первому решету решетного яруса; *б* – второму решету решетного яруса

Анализ полученных данных (рисунок б *a*) показал, что средняя скорость перемещения j -ых компонентов вороха (фрагменты стеблей и обрушенные семена) по первому решету решетного яруса с увеличением подачи уменьшается с 0,13 до 0,081 и 0,086–0,081 м/с соответственно, а по второму (рисунок б *б*) остается для всех компонентов одинаковой и составляет 0,04–0,05 м/с.

Оценена статистическая значимость различий средних скоростей перемещений S_{0j} , проведенная для каждого j -го компонента семян по сравнению с самой большой его фракцией компонента – семена толщиной более 4,0 мм.

При наличии двух независимых выборок S_{0j} с объемом случайных величин $n_1=n_2=4$ принята статистическая нуль-гипотеза о статистическом равенстве их математических ожиданий:

$$M(\bar{C}_{0j=i}) = M(\bar{C}_{0j>4,0}). \quad (5)$$

Приняв гипотезу о нормальном законе распределения генеральных совокупностей сравниваемых выборок и об однородности дисперсий сравниваемых выборок случайных величин C_{0j} для проверки нуль-гипотезы используем t -критерий Стьюдента [2], который подчиняется t -распределению Стьюдента с $k=n_1+n_2-2$ степенями свободы. Расчетная величина t_p определялась по выражению:

$$t_p = \frac{\bar{C}_{0j=i} - C_{0j>4,0}}{\sqrt{(n_1-1)\sigma_{c0j=i}^2 + (n_2-1)\sigma_{c0j>4,0}^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (6)$$

Табличное значение t_m определялось для $k=n_1+n_2-2=4+4-2=6$ и уровня значимости $\alpha = 0,05$, $t_m = 2,776$ [2].

Оценена статистическая значимость различий величин C_{0j} на втором решете решетного яруса и показано (таблица 1), что с 95%-ой доверительной вероятностью нуль-гипотезу можно принять. Следовательно, величины C_{0j} для j -ых компонентов на данном решете принадлежат одной выборке случайных величин и не имеют статистически значимых различий.

Таблица 1 – Сравнительная оценка средних скоростей перемещения центров масс компонентов вороха семян подсолнечника по второму решетку решетного яруса

| Подача семян на ярус решет, кг/(м·с) | Средние скорости C_{0j} перемещения центров масс компонентов, м/с | | | | | | | | | | Расчетные величины t-критерия Стьюдента для сравниваемых j-ых компонентов | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|---|-------------------|---------------------|---------|
| | Фрагменты стеблей | | Обрушенные семена | | Семена толщиной, мм | | | | | | | | | |
| | | | | | 3,2-3,6 | | 3,6-4,0 | | более 4,0 | | | | | |
| | \bar{C}_{0j} | $\sigma_{C_{0j}}^2$ | \bar{C}_{0j} | $\sigma_{C_{0j}}^2$ | \bar{C}_{0j} | $\sigma_{C_{0j}}^2$ | \bar{C}_{0j} | $\sigma_{C_{0j}}^2$ | \bar{C}_{0j} | $\sigma_{C_{0j}}^2$ | Фрагменты стеблей | Обрушенные семена | Семена толщиной, мм | |
| | | | | | | | | | | | | | 3,2-3,6 | 3,6-4,0 |
| 0,08886 | 0,05184 | 0,00025 | 0,04155 | 0,00044 | - | - | 0,03868 | 0,00004 | 0,04242 | 0,00026 | 0,835 | 0,066 | - | 0,427 |
| 0,09441 | 0,05179 | 0,00010 | 0,03809 | 0,00012 | 0,08353 | 0,00228 | 0,04529 | 0,00004 | 0,04100 | 0,00014 | 1,393 | 0,361 | 1,728 | 0,192 |
| 0,11930 | 0,05089 | 0,00360 | 0,05123 | 0,00090 | - | - | 0,03484 | 0,00008 | 0,04642 | 0,00004 | 0,148 | 0,313 | - | 2,114 |
| 0,11781 | 0,05079 | 0,00073 | 0,03531 | 0,00003 | 0,03504 | 0,00005 | 0,04954 | 0,00005 | 0,04827 | 0,0001 | 0,175 | 2,280 | 2,160 | 0,207 |

Поэтому, можно принять следующие значения величин скоростей перемещения компонентов вороха семян подсолнечника по решетку яруса решет: фрагменты стеблей – 0,0518 м/с; обрубленные семена – 0,0381 м/с; семена подсолнечника толщиной: менее 3,2 и 3,2-3,6 мм – 0,0835 м/с, 3,6-4,0 мм – 0,0453 м/с, более 4,0 мм – 0,0410 м/с.

Список литературы

1. Литвинов А. И. Основные принципы теории движения потока тел и решение на их основе различных задач земледельческой механики: дис. д-ра. техн наук: 05.20.01 / А. И. Литвинов. – Ростов н/Д, 1979 – 365с.
2. Корн Г. Справочник по математике для научных сотрудников и инженеров / Г. Корн и Т. Корн. – М.: Изд. «Наука», 1973.
3. Ермольев Ю. И. Интенсификация технологических операций в воздушно-решетных зерноочистительных машинах / Ю. И. Ермольев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 1998. – 496с.
4. Припоров И.Е. Параметры усовершенствованного процесса разделения компонентов вороха семян крупноплодного подсолнечника в воздушно-решетных зерноочистительных машинах. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2012.
5. Припоров И.Е. Параметры усовершенствованного процесса разделения компонентов вороха семян крупноплодного подсолнечника в воздушно-решетных зерноочистительных машинах. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2012.
6. Ермольев Ю.И., Шафоростов В.Д., Бутовченко А.В., Припоров И.Е. Оценка основных закономерностей функционирования подсистемы «решетный ярус - пневмосепаратор воздушно-решетной зерноочистительной машины». Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 4 (55). С. 480-488.
7. Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Моделирование процесса сепарирования семян подсолнечника в вертикальном пневмоканале ветро-решетных зерноочистительных машин. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2011. № 1. С. 113-118.
8. Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Влияние толщины, ширины и индивидуальной массы семян подсолнечника на скорость их витания. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. № 1. С. 76-80.
9. Припоров Е.В., Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Эффективная очистка семян подсолнечника. Сельский механизатор. 2014. № 1 (59). С. 15.
10. Припоров И.Е., Садыкова М.А. Усовершенствование работы фотоэлектронного сепаратора при разделении семян подсолнечника. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1486-1498.
11. Припоров И.Е., Кривогузов Д.Д. Повышение процесса разделения семян подсолнечника в универсальном семяочистительном комплексе на базе ЗАВ-20. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 72-76.

12. Припоров И.Е. Механико-технологическое обоснование процесса разделения компонентов вороха семян подсолнечника на воздушно-решетных зерноочистительных машинах. Краснодар, 2016.
13. Припоров И.Е. Использование подсолнечного жмыха в рационе крупного рогатого скота. Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 5 (15). С. 184-187.
14. Трубилин Е.И., Припоров И.Е. Технические средства для послеуборочной обработки семян подсолнечника. Учебное пособие / Краснодар, 2015.
15. Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Исследование воздушной системы зерноочистительной машины МВУ-1500. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2008. № 2. С. 82-83.
16. Курасов В.С., Припоров И.Е., Самурганов Е.Е. Теория механизмов и машин. Учебное пособие / Краснодар, 2016.
17. Припоров Е.В. Сошники зерновых сеялок ресурсосберегающих технологий. В сборнике: Связь теории и практики научных исследований. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 63-66.
18. Центробежный рабочий орган для посева сыпучего материала. Якимов Ю.И., Припоров Е.В., Иванов В.П., Заярский В.П., Волков Г.И., Селивановский О.Б. патент на изобретение RUS 2177217 14.03.2000.
19. Припоров Е.В., Картохин С.Н. Центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1499-1511.
20. Припоров Е.В. Анализ дисковых агрегатов для поверхностной обработки почвы. Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 5 (15). С. 81-84.
21. Центробежный разбрасыватель сыпучих материалов. Якимов Ю.И., Припоров Е.В., Заярский В.П., Волков Г.И., Селивановский О.Б. патент на изобретение RUS 2197807 20.04.2001.
22. Припоров Е.В. Пути снижения эксплуатационных затрат на работу агрегата. В сборнике: Научные механизмы решения проблем инновационного развития сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 79-82.
23. Припоров Е.В., Юдт В.Ю. Анализ дисковых орудий с четырехрядным расположением сферических дисков. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 1413-1427.
24. Припоров Е.В. Определение энергосберегающего режима работы тягового агрегата. Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 5 (15). С. 92-95.

References

1. Litvinov A. I. Osnovnye printsipy teorii dvizheniya potoka tel i reshenie na ikh osnove razlichnykh zadach zemledel'cheskoy mekhaniki: dis. d-ra. tekhn nauk: 05.20.01 / A. I. Litvinov. – Rostov n/D, 1979 – 365s.
2. Korn G. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh sotrudnikov i inzhenerov / G. Korn i T. Korn. – M.: Izd. «Nauka», 1973.
3. Ermol'ev Yu. I. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh operatsiy v vozduшно-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashinakh / Yu. I. Ermol'ev. – Rostov n/D: Izdatel'skiy tsentr DGTU, 1998. – 496s.
4. Priporov I.E. Parametry usovershenstvovannogo protsessa razdeleniya komponentov vorokha semyan krupnoplodnogo podsolnechnika v vozduшно-reshetnykh zer-

noochistitel'nykh mashinakh. dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Krasnodar, 2012.

5. Priporov I.E. Parametry usovershenstvovannogo protsessa razdeleniya komponentov vorokha semyan krupnoplodnogo podsolnechnika v vozdushno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashinakh. avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Krasnodar, 2012.

6. Ermol'ev Yu.I., Shaforostov V.D., Butovchenko A.V., Priporov I.E. Otsenka osnovnykh zakonomernostey funktsionirovaniya podsistemy «reshetnyy yarus - pnevmo-separator vozdushno-reshetnoy zernoochistitel'noy mashiny». Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. T. 11. № 4 (55). S. 480-488.

7. Shaforostov V.D., Priporov I.E. Modelirovanie protsessa separirovaniya semyan podsolnechnika v vertikal'nom pnevmokanale vetro-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashin. Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskyy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2011. № 1. S. 113-118.

8. Shaforostov V.D., Priporov I.E. Vliyanie tolshchiny, shiriny i individu-al'noy massy semyan podsolnechnika na skorost' ikh vitaniya. Maslichnye kul'tury. Na-uchno-tekhnicheskyy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2010. № 1. S. 76-80.

9. Priporov E.V., Shaforostov V.D., Priporov I.E. Effektivnaya ochistka se-myan podsolnechnika. Sel'skiy mekhanizator. 2014. № 1 (59). S. 15.

10. Priporov I.E., Sadykova M.A. Usovershenstvovanie raboty fotoelektron-nogo separatora pri razdelenii semyan podsolnechnika. Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1486-1498.

11. Priporov I.E., Krivoguzov D.D. Povyshenie protsessa razdeleniya semyan podsolnechnika v universal'nom semyaochistitel'nom komplekse na baze ZAV-20. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (35). S. 72-76.

12. Priporov I.E. Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie protsessa razdeleniya komponentov vorokha semyan podsolnechnika na vozdushno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashinakh. Krasnodar, 2016.

13. Priporov I.E. Ispol'zovanie podsolnechnogo zhmykha v ratsione krupnogo rogatogo skota. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2015. № 5 (15). S. 184-187.

14. Trubilin E.I., Priporov I.E. Tekhnicheskie sredstva dlya posleuborochnoy obrabotki semyan podsolnechnika. Uchebnoe posobie / Krasnodar, 2015.

15. Shaforostov V.D., Priporov I.E. Issledovanie vozdushnoy sistemy zernoochistitel'noy mashiny MVU-1500. Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskyy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2008. № 2. S. 82-83.

16. Kurasov V.S., Priporov I.E., Samurganov E.E. Teoriya mekhanizmov i mashin. Uchebnoe posobie / Krasnodar, 2016.

17. Priporov E.V. Soshniki zernovykh seyalok resursoberegayushchikh tekhnologiy. V sbornike: Svyaz' teorii i praktiki nauchnykh issledovaniy. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. S. 63-66.

18. Tsentrobezhnyy rabochiy organ dlya rasseva sypuchego materiala. Yakimov Yu.I., Priporov E.V., Ivanov V.P., Zayarskiy V.P., Volkov G.I., Selivanovskiy O.B. patent na izobretenie RUS 2177217 14.03.2000.

19. Priporov E.V., Kartokhin S.N. Tsentrobezhnyy apparat s podachey materiala vdol' lopatok. Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1499-1511.

20. Priporov E.V. Analiz diskovykh agregatov dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2015. № 5 (15). S. 81-84.

21. Tsentrobezhnyy razbrasyvatel' sypuchikh materialov. Yakimov Yu.I., Priporov E.V., Zayarskiy V.P., Volkov G.I., Selivanovskiy O.B. patent na izobrenie RUS 2197807 20.04.2001.

22. Priporov E.V. Puti snizheniya ekspluatatsionnykh zatrat na rabotu ag-regata. V sbornike: Nauchnye mekhanizmy resheniya problem innovatsionnogo razvitiya sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. S. 79-82.

23. Priporov E.V., Yudt V.Yu. Analiz diskovykh orudiy s chetyrekhryadnym raspolozheniem sfericheskikh diskov. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 118. S. 1413-1427.

24. Priporov E.V. Opredelenie energosberegayushchego rezhima raboty tyagovogo agregata. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2015. № 5 (15). S. 92-95.