

DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.012



## ДИНАМИКА И КАЧЕСТВО ТРИЕРНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ПРОСО ИЗ ЯЧМЕНЯ

Н. П. Тишанинов (фото)

д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории  
управления качеством технологических процессов в сельском  
хозяйстве

А. В. Анашкин

канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории управления  
качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

К. Н. Тишанинов

канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления  
качеством технологических процессов в сельском хозяйстве

Х. Д. Д. Альшинаиин

ведущий конструктор лаборатории управления качеством  
технологических процессов в сельском хозяйстве

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
использования техники и нефтепродуктов в сельском  
хозяйстве», г. Тамбов

*Триер, зерносмесь, просо,  
разделение, динамика  
выделения, качество  
процесса*

*Trieur, grain mixture,  
millet, separation, evolution  
dynamics, process quality*

Авторам основополагающих работ по триерным технологиям [1; 2; 3; 4] и их последователям [5; 6; 7; 8; 9; 10] не удалось установить закономерности выделения компонентов зерносмесей по длине ячеистой поверхности во взаимосвязи с режимами работы и настроечными параметрами, которые необходимы для решения задач управления процессом. Без решения этих задач уровень использования триерных блоков в составе зерноочистительных технологий остаётся крайне низким по величине технологических потерь и остаточной засорённости зерна – до 90% триерных блоков выведено из эксплуатации. Созданные в ФГБНУ ВНИИТиН принципиально новая экспериментальная база и методы исследований [11; 12; 13] позволили изучать вышеуказанные закономерности процессов триерной очистки зерносмесей. Результаты исследований зерносмесей на основе пшеницы, примесным компонентом в которых было просо, опубликованы в работе [14]. Аналогичные исследования применительно к зерномесям, основу которых составляет ячмень, в литературе отсутствуют. Физико-механические свойства ячменя существенно отличаются от свойств пшеницы. Кроме того, в России производится значительный объём ячменя для продовольственных и кормовых целей, поэтому исследования зерносмесей на его основе являются актуальными.

### **Материалы и методы**

В работе использовались стенды для испытаний ячеистых поверхностей, прибор для разделения зерносмесей, метод идентификации производительности по результатам стендовых испытаний, решетный классификатор и электронные весы.

### Результаты и обсуждения

Просо является легковыделяемой примесью из зерносмеси из-за: овальной формы; гладкой поверхности с углом внутреннего трения  $\alpha = 20,3^\circ$ ; достаточно высокой насыпной плотности  $\rho = 771 \text{ кг/м}^3$ ; компактных линейных размеров –  $2,73 \times 1,91 \times 1,86 \text{ мм}$ . Свойства основной культуры резко отличаются от свойств примесного компонента, в частности: линейные размеры зерновок ячменя –  $10,1 \times 3,8 \times 3,2 \text{ мм}$ ; угол естественного откоса –  $36^\circ$ .

С указанными выше физико-механическими свойствами просо склонно к положительной вертикальной сегрегации в циркулирующих слоях сегмента зерносмеси, основной культурой в которой является ячмень – вектор движения в слоях направлен к ячеистой поверхности (вниз). Это ускоряет выделение семян проса из зерносмеси. Визуально распределение выделенных масс проса ( $m_i$ ) по времени представлено на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что из-за эффекта динамической сегрегации семян проса в слоях сег-

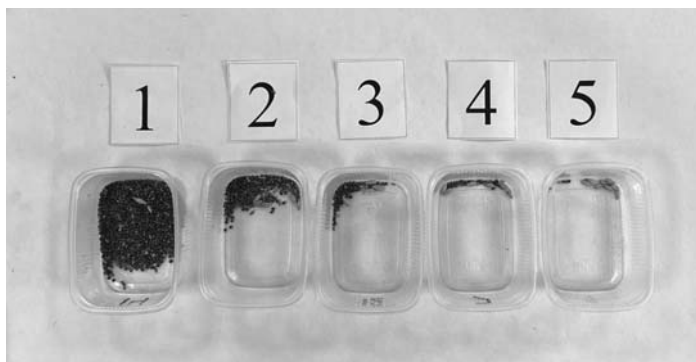


Рисунок 1 – Распределение выделенных масс семян проса ( $m_i$ ) из ячменя в первых пяти интервалах времени ( $t_u = 5 \text{ с}$ ) при  $n = 55 \text{ об/мин}$  и  $\gamma_n = 35^\circ$  ( $Z_i = 2\%$ ,  $m_n = 1000 \text{ г}$ )

мента зерносмеси интенсивность их выделения в 1-м интервале на порядок превышает её расчётное (теоретическое) значение.

На рисунке 2 показана динамика выделения семян проса из ячменя на различных скоростных

режимах работы триера при  $\gamma_n = 45^\circ$ ,  $m_n = 1000 \text{ г}$ . В этой серии опытов величина исходной засорённости была принята –  $Z_i = 2\%$ , так как поисковые опыты показали, что при изменении концентрации примеси в зерносмеси в диапазоне 1...3%

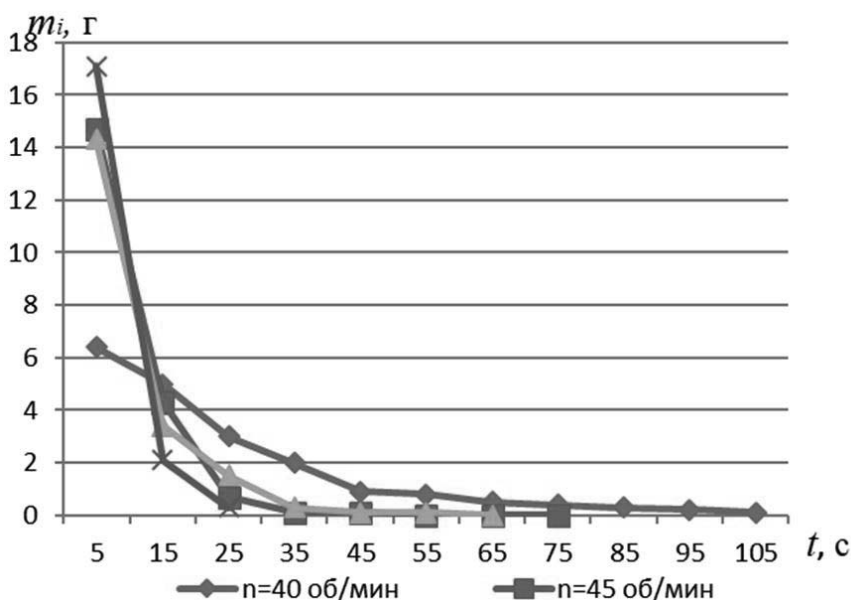


Рисунок 2 – Динамика выделения проса из ячменя в зависимости от скоростного режима работы ( $n$ ) при  $\gamma_n = 45^\circ$ ;  $m_n = 1000 \text{ г}$ ;  $Z_i = 2\%$ ;  $t_u = 10 \text{ с}$

продолжительность выделения примеси (проса) увеличивалась лишь в 1,2 раза.

Из рисунка 2 видно, что при переходе со скоростного режима  $n = 40$  об/мин на  $n = 45$  об/мин (прирост скорости 12,5%) выделенная масса проса в 1-м интервале времени измерений увеличилась на 125% – соотношение 1 к 10. Последующее увеличение  $n$  от 45 об/мин до 55 об/мин (прибавка скорости составила 22%) позволило увеличить  $m_i$  лишь на 16% – соотношение 1 к 0,73. Это можно объяснить устойчивым размещением

семян проса с компактными габаритами в ячейках кукольного цилиндра и достаточным скоростным режимом ( $n = 45$  об/мин) для преодоления основной частью факела выброса настроечного барьера – верхней кромки выводного лотка, поднятой на угол  $\gamma_n = 45^\circ$  относительно горизонта.

Взаимосвязь динамики выделения семян проса с показателями качества процесса представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что при  $\gamma_n = 35^\circ$  на всех скоростных режимах обеспечивается высокий

Таблица 1 – Взаимосвязь режимов работы и настроечных параметров триера с качественными показателями процесса выделения проса из ячменя при  $m_n = 1000$  г,  $z_n = 2\%$

№ п/п	Величина угла $\gamma_n$ , град	Показатели качества процесса, %	Скоростной режим работы ( $n$ ), об/мин			
			40	45	50	55
1	35	$C_{\text{вст}}$	99,75	99,85	100	100
		$z_{\text{ост}}$	0,005	0,003	0	0
2	45	$C_{\text{вст}}$	90,4	99,8	100	100
		$z_{\text{ост}}$	0,193	0,004	0	0
3	55	$C_{\text{вст}}$	30,8	58,8	99,0	100
		$z_{\text{ост}}$	1,384	0,824	0,021	0

уровень качества процесса стандартной длиной ячеистой поверхности. С увеличением  $\gamma_n$  до  $45^\circ$  высокий уровень качества процесса обеспечивается только в диапазоне скоростного режима работы –  $n = 45...55$  об/мин. При  $n = 40$  об/мин показатели качества работы невысокие, а продолжительность полного выделения примесного компонента составляет 200 с, что эквивалентно длине ячеистого цилиндра в 8 м. Максимальный подъём кромки выводного лотка ( $\gamma_n = 55^\circ$ ) ещё в большей степени сужает допустимый диапазон скоростного режима –  $n = 50...55$  об/мин.

Анализ продолжительности процесса выделения проса из ячменя показывает, что при сопоставимых условиях протекания процесса ( $n$ ,  $\gamma_n$ ,  $z_n$ ) она совпадает с продолжительностью выделения проса из пшеницы. При  $\gamma_n = 45...50^\circ$  и  $n = 50...55$  об/мин в обоих вариантах зерносмесей 100%-ное выделение проса осуществляется за 30...35 с на длине ячеистой поверхности 1,2...1,4 м (55...64% стандартной длины ячеистого цилиндра).

Существенно дополняющим критерием оценки качества процесса являются технологические потери ( $P_{\text{ст}}$ ). Они имеют высокую корреляцию с факторами  $n$  и  $\gamma_n$  и составляют компромисс с показателем остаточной засорённости ( $z_{\text{ост}}$ ) при выборе режимов работы и настроечных параме-

тров триера, взаимосвязи с которыми представлены в таблице 2.

Данные таблицы 2 указывают на случайный характер технологических потерь. Во втором варианте ( $\gamma_n = 45^\circ$ ) суммарных потерь по всем скоростным режимам должно быть меньше, чем при  $\gamma_n = 35^\circ$ , а на самом деле – на 9% больше. В третьем варианте технологические потери при  $n = 40$  об/мин вдвое больше, чем в первом, а при  $n = 45$  об/мин – в 3 раза больше, чем в первом.

Максимальные технологические потери из всех исследованных условий работы триера не превышают 0,3%. Этот уровень следует считать приемлемым, если принять во внимание фактический уровень технологических потерь в зерноочистительных технологиях. В триерных блоках они могут достигать десятков процентов сходом при избыточной подаче зерносмеси в овсюжный цилиндр или заниженном скоростном режиме его работы ( $n$ ).

### Выводы

Просо является легковыделяемым компонентом из зерносмесей на основе ячменя. При минимальном подъёме верхней кромки передней стенки выводного лотка требуемые показатели качества процесса обеспечиваются во всём

Таблица 2 – Взаимосвязь показателей качества процесса выделения проса из ячменя с режимами работы ( $n$ ) и настроечными параметрами ( $\gamma_n$ ) при  $m_n = 1000$  г и  $Z_n = 2\%$

№ п/п	Величина угла $\gamma_n$ , град	Показатели технологических потерь на $I_{ст}$	Скоростной режим работы ( $n$ ), об/мин			
			40	45	50	55
1	35	$P_{ст}$ шт.	6	7	25	57
		$P_{ст}$ %	0,031	0,036	0,128	0,292
2	45	$P_{ст}$ шт.	4	15	42	43
		$P_{ст}$ %	0,021	0,077	0,215	0,220
3	55	$P_{ст}$ шт.	12	22	20	29
		$P_{ст}$ %	0,062	0,113	0,103	0,149

диапазоне скоростных режимов работы триеров. Увеличение угла поворота выводного лотка способствует снижению уровня технологических потерь, но при этом возрастает продолжительность процесса из-за снижения угла охвата факела выброса выделенных частиц выводным лотком.

### Литература

1. Летошнев, М. Н. Теория триера / М. Н. Летошнев. – Текст : непосредственный // Сборник научно-технических работ Ленинградского института механизации сельского хозяйства. – Ленинград, 1948. – Вып. IV. – С. 3–58.
2. Летошнев, М. Н. О движении зерна внутри горизонтального вращающегося цилиндра / М. Н. Летошнев. – Текст : непосредственный // Сборник научно-технических работ Ленинградского института механизации сельского хозяйства. – Москва – Ленинград : Сельхозгиз, 1950. – Вып. 7.
3. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : [в 3 томах] / В. П. Горячкин. – Москва : Колос, 1965. – Т. 1. – С. 244–253; Т. 2. – С. 179–185. – Текст : непосредственный.
4. Блох, З. Ш. Теория триера / З. Ш. Блох. – Текст : непосредственный // Сельскохозяйственные машины. – 1935. – № 2. – С. 17–20.
5. Павловский, Г. Т. Экспериментальное обоснование выбора параметров цилиндрических триеров / Г. Т. Павловский. – Текст : непосредственный // Сборник трудов по земледельческой механике. – Москва – Ленинград : Сельхозгиз, 1952. – С. 231–248.
6. Абидуев, А. А. Определение положения лотка триерного цилиндра / А. А. Абидуев. – Текст : непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 5. – С. 93–98. – ISSN 0370-8799.
7. Урханов, Н. А. Интенсификация послеуборочной обработки и очистки зерна от примесей по длине / Н. А. Урханов. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 1999. – 319 с. – Текст : непосредственный.
8. Викторова, Н. Н. Влияние параметров цилиндрического триера на эффективность его работы / Н. Н. Викторова, Н. М. Ивлиева, В. А. Кубышев. – Текст : непосредственный // Труды ВНИИЗ. – Вып. 42. – 1962. – С. 245–253.
9. Викторова, Н. Н. Влияние подпорного кольца на вычерпываемость короткой фракции в триерном цилиндре / Н. Н. Викторова, В. А. Кубышев. – Текст : непосредственный // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1958. – Вып. 6.
10. Викторова, Н. Н. Основные закономерности процесса работы цилиндрического триера / Н. Н. Викторова, Н. М. Ивлиева, В. А. Кубышев // Проблемы сепарирования зерна и сыпучих материалов. – Текст : непосредственный // Труды ВНИИЗ. – М., 1963. – Вып. 42. – С. 255–265.
11. Тишанинов, Н. П. Результаты поисковых исследований прибора для разделения зерносмесей / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2016. – № 5 (23). – С. 37–44. – ISSN 2305-2538.
12. Тишанинов, Н. П. Обоснование оптимальных параметров и режимов работы прибора для разделения зерносмесей по длине частиц / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, Х. Д. Д. Альшинаиин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2017. – № 1 (25). – С. 10–19. – ISSN 2305-2538.
13. Тишанинов, Н. П. Обоснование метода идентификации производительности триеров по результатам стендовых исследований / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2018. – № 1 (31). – С. 20–27. – ISSN 2305-2538.

14. Тишанинов, Н. П. Исследование динамической сегрегации примеси при выделении проса из пшеницы / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2017. – № 2 (26). – С. 69–77. – ISSN 2305-2538.

#### References

1. Letoshnev, M. N. Teorija triera / M. N. Letoshnev. – Текст : непосредственный // Sbornik nauchno-tehnicheskikh rabot Leningradskogo instituta mehanizacii sel'skogo hozjajstva. – Leningrad, 1948. – Vyp. IV. – S. 3–58.

2. Letoshnev, M. N. O dvizhenii zerna vnutri gorizontalnogo vrashhajushhegosja cilindra / M. N. Letoshnev. – Текст : непосредственный // Sbornik nauchno-tehnicheskikh rabot Leningradskogo instituta mehanizacii sel'skogo hozjajstva. – Moskva – Leningrad : Sel'hozgiz, 1950. – Vyp. 7.

3. Goryachkin, V. P. Sobranie sochinenij : [v 3 tomah] / V. P. Goryachkin. – Moskva : Kolos, 1965. – T. 1. – S. 244–253; T. 2. – S. 179–185. – Текст : непосредственный.

4. Blokh, Z. Sh. Teorija triera / Z. Sh. Blokh. – Текст : непосредственный // Sel'skohozejstvennyye mashiny. – 1935. – № 2. – S. 17–20.

5. Pavlovskij, G. T. Jeksperimental'noe obosnovanie vybora parametrov cilindricheskikh trierov / G. T. Pavlovskij. – Текст : непосредственный // Sbornik trudov po zemledel'cheskoj mehanike. – Moskva – Leningrad : Sel'hozgiz, 1952. – S. 231–248.

6. Abiduev, A. A. Opredelenie polozhenija lotka triernogo cilindra / A. A. Abiduev. – Текст : непосредственный // Sibirskij vestnik sel'skohozejstvennoj nauki. – 2009. – № 5. – S. 93–98. – ISSN 0370-8799.

7. Urkhanov, N. A. Intensifikacija posleuborochnoj obrabotki i ochistki zerna ot primesej po dlina / N. A. Urkhanov. – Ulan-Udje : Izd-vo VSGTU, 1999. – 319 s. – Текст : непосредственный.

8. Viktorova, H. H. Vlijanie parametrov cilindricheskogo triera na jeffektivnost' ego raboty / H. H. Viktorova, N. M. Ivlieva, V. A. Kubyshev. – Текст : непосредственный // Trudy VNIIZ. – Vyp. 42. – 1962. – S. 245–253.

9. Viktorova, H. H. Vlijanie podpornogo kol'ca na vycherpyvaemost' korotkoj frakcii v triernom cilindre / H. H. Viktorova, V. A. Kubyshev. – Текст : непосредственный // Trudy ChIMJeSH. – Cheljabinsk, 1958. – Vyp. 6.

10. Viktorova, H. H. Osnovnye zakonomernosti processa raboty cilindricheskogo triera / H. H. Viktorova, N. M. Ivlieva, V. A. Kubyshev. – Текст : непосредственный // Problemy separirovanija zerna i sypuchih materialov // Trudy VNIIZ. – M., 1963. – Vyp. 42. – S. 255–265.

11. Tishaninov, N. P. Rezul'taty poiskovyh issledovanij pribora dlja razdelenija zernosmesej / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Текст : непосредственный // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. – № 5 (23). – S. 37–44. – ISSN 2305-2538.

12. Tishaninov, N. P. Obosnovanie optimal'nyh parametrov i rezhimov raboty pribora dlja razdelenija zernosmesej po dlina chastic / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin, Kh. D. D. Al'shinajiin. – Текст : непосредственный // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 1 (25). – S. 10–19. – ISSN 2305-2538.

13. Tishaninov, N. P. Obosnovanie metoda identifikacii proizvoditel'nosti trierov po rezul'tatam stendovyh issledovanij / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Текст : непосредственный // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 1 (31). – S. 20–27. – ISSN 2305-2538.

14. Tishaninov, N. P. Issledovanie dinamicheskoj segregacii primеси pri vydelenii prosa iz pshenicy / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Текст : непосредственный // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 2 (26). – S. 69–77. – ISSN 2305-2538.