

Тип статьи: научная  
УДК 631.362.34  
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-29-37

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСНОГО КОМПОНЕНТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В ТРИЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*Николай Петрович Тишанинов*<sup>1</sup>, *Александр Витальевич Анашкин*<sup>2</sup>,  
*Константин Николаевич Тишанинов*<sup>3</sup>, *Сергей Владимирович Емельянович*<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и  
нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация*  
<sup>1</sup>vniitinlab5@mail.ru, <sup>2</sup>av-anashkin@mail.ru, <sup>3</sup>tishaninovkn@rambler.ru, <sup>4</sup>seruvarovo@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Александр Витальевич Анашкин, av-anashkin@mail.ru  
Corresponding author: Alexander Anashkin, av-anashkin@mail.ru

**Реферат.** Установлены взаимосвязи концентрации примесного компонента в зерносмеси с технологическими потерями при оптимальных скоростных режимах работы триера на различных вариантах его загрузки. Взаимосвязи выявлены с целью повышения качества процесса за счет предварительной настройки триера по исходным свойствам зерносмеси. Исследования выполнены на экспериментальной установке, обеспечивающей отдельную нормированную подачу компонентов в триер и закольцованное движение основной культуры. Выявлен и объяснен механизм сокращения технологических потерь примесным компонентом зерносмеси на различных режимах загрузки: при подаче 1,2 т/ч кратность сокращения технологических потерь с концентрацией примеси в зерносмеси 1,3 % составляет 9 раз; на подаче 1,84 т/ч – в 1,28 – 8,8 раз при концентрации примеси 1 – 3 %; на подаче 3,71 т/ч – в 5,1 раз при засоренности 0,95 %; на подаче 4,4 т/ч – в 3,1 раза при засоренности 1,05 %. Установлено, что во всем диапазоне подач рост скоростного режима триера обеспечивает снижение технологических потерь. Предложен метод расчета фактического периода стабилизации процесса по ограниченной выборке прохода примеси. Установлено, что увеличение концентрации примесного компонента до 2,6 % при малой подаче (1,2 т/ч) зерносмеси в триер приводит к увеличению технологических потерь в сравнении с концентрацией примеси в 1,3 % из-за ухудшения захвата ячеями зерновок основной культуры на конечном участке ячеистого цилиндра. При малой концентрации примеси (1 %) и подаче в 1,84 т/ч наблюдаются соизмеримые технологические потери, которые кратно (в 4,0 – 5,5 раз) снижают интегральный показатель качества процесса.

**Ключевые слова:** триер, процесс, зерносмесь, примесь, качество, потери.

## INFLUENCE OF IMPURITY COMPONENT CONCENTRATION ON TECHNOLOGICAL LOSSES IN TRIER TECHNOLOGIES

*Nikolai Tishaninov*<sup>1</sup>, *Alexander Anashkin*<sup>2</sup>, *Konstantin Tishaninov*<sup>3</sup>, *Sergey Emelyanovich*<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> *All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,  
Tambov, Russian Federation*  
<sup>1</sup>vniitinlab5@mail.ru, <sup>2</sup>av-anashkin@mail.ru, <sup>3</sup>tishaninovkn@rambler.ru, <sup>4</sup>seruvarovo@yandex.ru

**Abstract.** The relationship between the concentration of the impurity component in the grain mixture and technological losses at optimal speed conditions of the trier's operation at various options for its loading has been established. The relationships were identified with the aim of improving the quality of the process through preliminary adjustment of the trier according to the initial properties of the grain mixture. The studies were carried out on an experimental installation that provides separate standardized supply of components into the trireme and loop movement of the main crop. The mechanism for reducing technological losses by the impurity component of the grain mixture at various loading modes has been established and explained: when feeding 1.2 t/h, the reduction rate of technological losses with an

impurity concentration in the grain mixture of 1.3% is 9 times; at a supply of 1.84 t/h - 1.28 - 8.8 times at an impurity concentration of 1 - 3%; at a supply of 3.71 t/h - 5.1 times with a contamination of 0.95%; at a supply of 4.4 t/h - 3.1 times with a contamination level of 1.05%. It has been established that, throughout the entire feed range, an increase in the trier's speed regime ensures a reduction in technological losses. A method for calculating the actual stabilization period of the process based on a limited sample of impurity removal samples is proposed. It has been established that an increase in the concentration of the impurity component to 2.6% with a small supply (1.2 t/h) of the grain mixture into the trier leads to an increase in technological losses in comparison with the impurity concentration of 1.3% due to the deterioration of the capture of grains of the main crop by the cells on the final section of the cellular cylinder. At a low impurity concentration (1%) and a feed rate of 1.84 t/h, comparable technological losses are observed, which reduce the integral indicator of process quality by a factor of 4.0 - 5.5.

**Keywords:** trier, process, grain mixture, impurity, quality, losses.

**Для цитирования:** Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н., Емельянович С.В. Влияние концентрации примесного компонента на технологические потери в триерных технологиях // Наука в Центральной России. 2024. Т. 69, № 3. С. 29-37. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-29-37>.

**For citation:** Tishaninov N, Anashkin A., Tishaninov K., Emelyanovich S. Influence of impurity component concentration on technological losses in trier technologies. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 69(3): 29-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-29-37>.

**Введение.** Технологические потери ( $\Pi$ ) функционально в наибольшей степени связаны для заданной подачи ( $W_{\text{п}}$ ) со скоростным режимом работы триера ( $n$ ) и угловым положением выводного лотка относительно горизонта ( $\gamma_{\text{п}}$ ). Причем связь  $\Pi$  с величиной  $n$  обратно пропорциональная, а с величиной  $\gamma_{\text{п}}$  – прямо пропорциональная. Эти взаимосвязи достаточно хорошо изучены [1-7] и широко используются при управлении технологическим процессом триерной очистки зерна. Вместе с тем примесный компонент и его концентрация в зерносмеси также оказывают существенное влияние на технологический процесс, так как изменяют характеристики контактирующего с ячеистой поверхностью слоя зерносмеси и структуру схода. В обоих случаях существенно меняются условия захвата ячеями зерновок основной культуры, но изучено это явление недостаточно.

В работах [8-10] авторы подтверждают, что полнота выделения примесей из зерносмеси увеличивается с ростом  $n$  и снижением  $W_{\text{п}}$ . Однако эти результаты исследований отражают лишь частные варианты использования триеров. Кроме того в них не дается оценка технологических потерь. Например, большая полнота выделения примесей кукольным цилиндром может быть обеспечена при снижении  $\gamma_{\text{п}}$  и при меньших  $n$ , но в выводной лоток будут выноситься зерновки основной культуры, увеличивая технологические потери.

Автор работ [11-13] исследует взаимосвязь полноты выделения примесного компонента из зерносмеси в зависимости от соотношения линейных размеров частиц зерносмеси и ячеек, но в его работах не исследовано влияние примеси на величину технологических потерь.

В стендовых исследованиях, выполненных в ФГБНУ ВНИИТиН [14-16], дана оценка технологических потерь в зависимости от  $n$  и  $W_{\text{п}}$ , но влияние концентрации примесного компонента на технологические потери не учитывалось, оценивалась лишь остаточная засоренность. Возможности объективной оценки этого влияния появились с созданием экспериментального оборудования [17, 18] с отдельной подачей компонентов зерносмеси и обеспечивающего закольцованное движение основной культуры.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на экспериментальной установке, включающей: триер с автоматизированной системой управления скоростным режимом работы; загрузочную норию; дозатор; регулятор; транспортер возврата очищенного зерна; ленточный питатель для регламентированной подачи примеси в триер; передаточный механизм; привод;

приемные и мерные емкости; распределительные короба для примеси (оборотные и без днища), рисунок 1.

Физико-механические свойства компонентов зерносмеси определяли стандартными методами (ГОСТ 10840-64, ГОСТ 13586.5-2015) и с использованием специальных приборов, разработанных ФГБНУ ВНИИТиН для определения: угла внутреннего трения (патент РФ № 2748565); коэффициента силы трения покоя (патенты РФ №№ 2770416, 274 9655); скорости витания и прочностных свойств частиц зерносмеси.

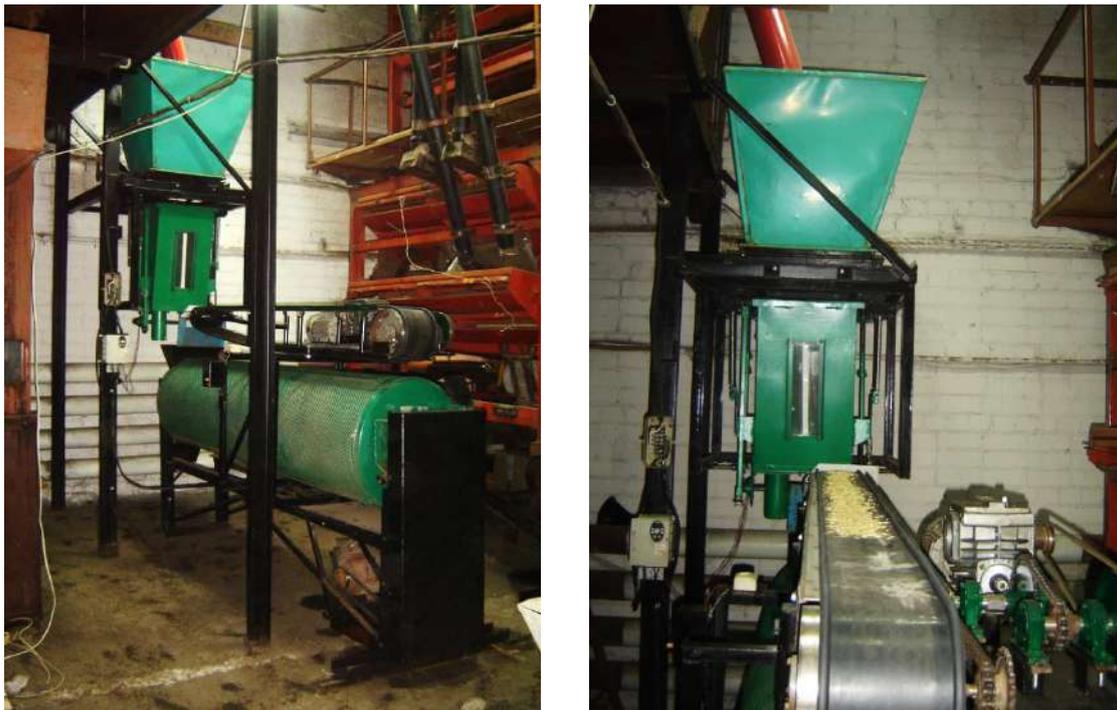


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки для исследований триерных технологий обработки зерна

В качестве основной культуры зерносмеси использовали пшеницу с характеристиками свойств: линейные размеры зерновок – 5,4 – 7,7 мм; разрушающее усилие – 152 Н; влажность – 12,1 %; насыпная плотность – 822 г/л; угол естественного откоса – 23°; коэффициент силы трения покоя – 0,51; масса 1000 зерновок – 52 г.

В качестве примеси использовали овес с характеристиками свойств: линейные размеры зерновок – 8,2 – 14,8 мм; разрушающее усилие – 186 Н; влажность – 11,5 %; насыпная плотность (после окраски) – 522,5 г/л; угол естественного откоса – 20°; коэффициент силы трения покоя – 0,46; масса 1000 зерновок – 41,8 г.

Отбор проб схода компонентов зерносмеси производили с интервалом в 30 с продолжительностью по 5 с. Разбор проб производили вручную, для взвешивания компонентов использовали электронные весы ВК-600.

**Результаты и их обсуждение.** Опыты по оценке технологических потерь при малой подаче зерносмеси  $W = 1,2$  т/ч показали, что при нулевой ее исходной засоренности ( $Z_n = 0$ ), величина  $\Pi$  в большой степени зависит от скоростного режима работы триера ( $n$ ). При  $n = 34,0$  об/мин и  $\gamma_n = 55^\circ$  на указанной подаче зерносмеси величина  $\Pi = 35,3$  %, а с ростом  $n$  всего на 6 % она многократно снижается, рисунок 2.

Из рисунка 2 видно, что при  $n = 36$  об/мин технологические потери составляют 0,92 %, а добавление в зерносмесь примеси ( $Z_{и} = 1,3$  %) при тех же условиях опыта на порядок снижает технологические потери ( $\Pi = 0,009$  %), они становятся случайными, так как в сотни раз ниже допуска ( $[\Pi] = 5$  %).

Сопоставимый эффект от включения примеси в зерносмесь в объеме  $Z_{и} = 1,3$  % наблюдается при  $n = 34,6$  об/мин: при  $Z_{и} = 0$  величина  $\Pi = 9,8$  %; при  $Z_{и} = 1,3$  % величина  $\Pi = 1,09$  %. То есть потери снижаются в 9 раз. На меньшем скоростном режиме работы триера этот эффект убывает – потери сокращаются лишь в два раза.

При содержании примеси в зерносмеси  $Z_{и} = 2,6$  % и малой подаче ( $W_{п} = 1,2$  т/ч) с той же настройкой ( $\gamma_{п} = 55^\circ$ ,  $n = 34,6$  об/мин) технологические потери достигают предельно допустимого уровня ( $\Pi = 5$  %). Объясняется это интенсивным насыщением циркулирующих слоев примесным компонентом, что ухудшает условия захвата ячеями зерновок основной культуры из контактирующего слоя. Однако стабилизация процесса по сходу примеси наступает позднее (через 330 с), чем при  $Z_{и} = 1,3$  % и сопоставимых других условиях опыта, рисунок 3. Разница  $t_{ст}$  составляет около 60 с.

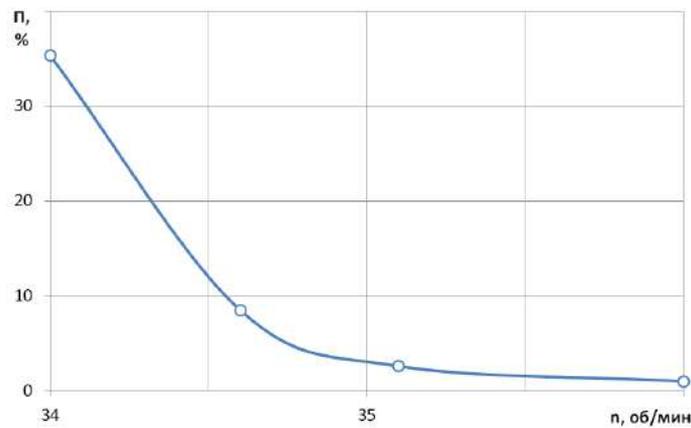


Рисунок 2 – Зависимость  $\Pi$  от  $n$  при  $W = 1,2$  т/ч,  $\gamma_{п} = 55^\circ$ ,  $Z_{и} = 0$

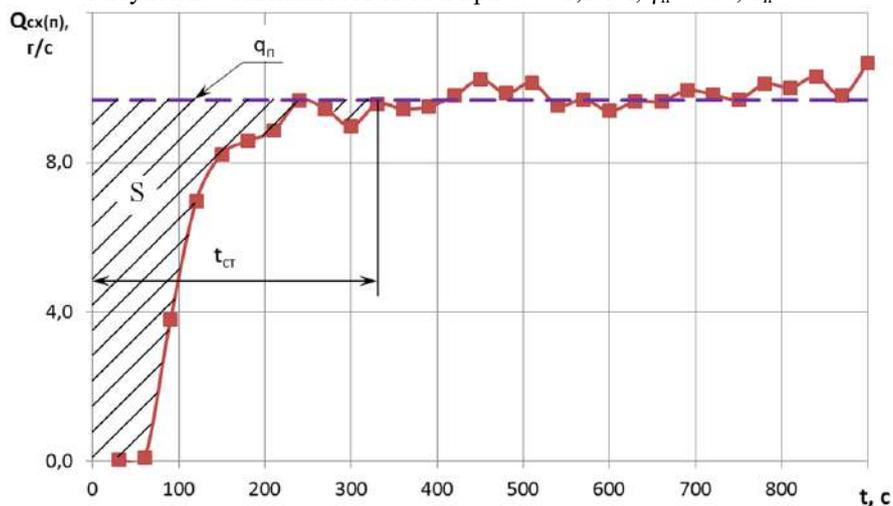


Рисунок 3 – Стабилизация процесса по сходу примеси при  $W = 1,2$  т/ч,  $\gamma_{п} = 55^\circ$ ,  $n = 34,6$  об/мин,  $Z_{и} = 2,6$  %

Масса примеси, которая расходуется на избыточное насыщение циркулирующих слоев ( $m_{нас}$ ), может быть геометрически отображена заштрихованной площадью  $S$  (см. рисунок 3) и рассчитана по формуле:

$$m_{нас} = q_{np} \cdot t_{cm} - \int_0^{t_{cm}} Q_{cx(n)}(t)dt, \quad (1)$$

где  $q_{np}$  – расчетное значение подачи примеси в триер, г/с;

$t_{cm}$  – период стабилизации процесса, контролируемый по сходу примеси, с;

$Q_{cx(n)}$  – текущее значение схода примеси, г/с.

Величина  $q_{np}$  определяется по формуле:

$$q_{np} = W_n \cdot 10^6 \cdot Z_u / (100 \times 3600). \quad (2)$$

В анализируемом варианте, когда  $W_n = 1,2$  т/ч и  $Z_u = 2,6$  %, величина  $q_{np}$  будет:

$$q_{np} = 1,2 \cdot 10^6 \cdot 2,6 / (100 \times 3600) = 8,67 \text{ г/с}. \quad (3)$$

Величина массы примеси ( $m_n$ ), поданной ленточным транспортером в триер по условию эксперимента ( $Z_u = 2,6$  %), будет:

$$m_n = q_{np} \cdot t_{cm} = 8,67 \cdot 330 = 2861 \text{ г}. \quad (4)$$

Второй член правой части уравнения (1) может быть определен методом Симпсона – по средним интервальным оценкам схода примеси за период  $t_{ст}$  (11 интервалов – см. таблицу 1):

$$\int_0^{t_{cm}} Q_{cx(n)}(t)dt = \frac{t_u}{t_{от}} \left( \frac{0,26+0}{2} + \frac{0,49+0,26}{2} + \frac{18,93+0,49}{2} + \frac{34,87+18,93}{2} + \frac{41,15+34,87}{2} + \frac{42,88+41,15}{2} + \frac{44,3+42,88}{2} + \frac{48,26+44,3}{2} + \frac{47,19+48,26}{2} + \frac{44,86+47,19}{2} + \frac{47,83+44,86}{2} \right) = 2101 \text{ г}, \quad (5)$$

где  $t_u$  – величина интервала замеров схода примеси ( $t_u = 30$  с), с;

$t_{от}$  – продолжительность отбора пробы в каждом интервале ( $t_{от} = 5$  с), с.

Таблица 1 – Результаты контроля схода зерна и примеси в опыте при  $W_n = 1,2$  т/ч;  $Z_u = 2,6$  %;  $\gamma_n = 55^\circ$ ;  $n = 34,6$  об/мин

№ проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{np}$ , с	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
$m_n$ , г	58,9	62,91	39,5	26,14	27,4	28,75	30,21	32,17	29,78	25,67
$q_{з(сх)и}$ , г/с	11,8	12,6	7,9	5,2	5,5	5,8	6,0	6,4	6,0	5,1
$\Pi_n$ , %	3,534	3,775	2,370	1,568	1,644	1,725	1,813	1,930	1,787	1,540
$m_p$ , г	0,26	0,49	18,93	34,87	41,15	42,88	44,3	48,26	47,19	44,86
$q_{п(сх)и}$ , г/с	0,05	0,10	3,79	6,97	8,23	8,58	8,86	9,65	9,44	8,97

№ проб	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_{np}$ , с	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
$m_n$ , г	25,98	31,22	34,6	34,63	33,03	34,81	41,21	44,32	52,9	55,6
$q_{з(сх)и}$ , г/с	5,2	6,2	6,9	6,9	6,6	7,0	8,2	8,9	10,6	11,1
$\Pi_n$ , %	1,559	1,873	2,076	2,078	1,982	2,089	2,473	2,659	3,174	3,336
$m_p$ , г	47,83	47,18	47,52	48,93	51,14	49,27	50,66	47,65	48,43	46,93
$q_{п(сх)и}$ , г/с	9,57	9,44	9,50	9,79	10,23	9,85	10,13	9,53	9,69	9,39

№ проб	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_{np}$ , с	630	660	690	720	750	780	810	840	870	900
$m_n$ , г	54,53	47,86	50,22	62,68	69,05	69,47	76,8	90,24	87,06	95,14
$q_{з(сх)и}$ , г/с	10,9	9,6	10,0	12,5	13,8	13,9	15,4	18,0	17,4	19,0
$\Pi_n$ , %	3,272	2,872	3,013	3,761	4,143	4,168	4,608	5,414	5,224	5,708
$m_p$ , г	48,15	48,21	49,66	49,13	48,44	50,55	50,01	51,51	48,95	53,3
$q_{п(сх)и}$ , г/с	9,63	9,64	9,93	9,83	9,69	10,11	10,00	10,30	9,79	10,66

В таблице 1 даны также расчетные значения секундных сходов зерна ( $q_{з(сх)i}$ ), примеси ( $q_{п(сх)i}$ ) и технологических потерь ( $\Pi_i$ ) по  $i$ -ым интервалам от начала отсчета времени ( $t_{и}$ ) опыта. С учетом уравнений (4) и (5) величина  $m_{нас}$  будет:

$$m_{нас} = 2861 - 2101 = 760 \text{ г.}, \quad (6)$$

Из таблицы 1 видно, что средний сход примеси на условно стабильном участке времени опыта ( $t_{и} > 330 \text{ с}$ ) будет:

$$\bar{q}_{сх(n)} = \sum_{12}^{30} q_{п(сх)i} / 19 = 9,84 \text{ г/с}. \quad (7)$$

Величина превышения схода примеси на этом участке относительно уровня ее подачи ( $q_{пр}$ ) в триер в анализируемом опыте будет:

$$\Delta q_{сх(n)} = \bar{q}_{сх(n)} - q_{пр} = 9,84 - 8,67 = 1,17 \text{ г/с}. \quad (8)$$

Из накопленной в циркулирующих слоях массы примеси за  $t_{ст} = 330 \text{ с}$  в интервале времени ( $t_{он} - t_{ст}$ ) дополнительно будет израсходовано примеси:

$$\Delta m_{расх} = \Delta q_{сх(n)} (t_{он} - t_{ст}) = 1,17 \times 570 = 667 \text{ г.} \quad (9)$$

После этого момента ( $t_{он} = 900 \text{ с}$ ) от  $m_{нас}$  останется:

$$\Delta m_{нас} = m_{нас} - \Delta m_{расх} = 760 - 667 = 93 \text{ г.} \quad (10)$$

Предполагая сохранение величины  $\Delta q_{сх(n)}$  на временном участке, превышающем время опыта ( $t_{он} = 900 \text{ с}$ ), прогнозируемый момент фактической стабилизации процесса ( $t_{пр}$ ) будет рассчитываться по формуле:

$$t_{пр} = t_{он} + \Delta m_{нас} / \Delta q_{сх(n)} = 900 + 93 / 1,17 \approx 980 \text{ с.} \quad (11)$$

Необходимо отметить, что увеличение в зерносмеси примесного компонента в 2 раза (с 1,3 до 2,6 %) привело к росту технологических потерь в 4,6 раза, но при большей подаче ( $W_{п} = 1,84 \text{ т/ч}$ ) и скоростном режиме работы триера ( $n = 35,8 \text{ об/мин}$ ) влияние концентрации примеси на величину  $\Pi$  становится обратным:  $Z_{и} = 1 \% \rightarrow \Pi = 5,7 \%$ ;  $Z_{и} = 2 \% \rightarrow \Pi = 0,83 \%$ ;  $Z_{и} = 3 \% \rightarrow \Pi = 0,98 \%$ .

Объясняется это тем, что при  $Z_{и} = 1 \%$  стабилизирующая роль примеси в конце ячеистого цилиндра с ростом режимов  $W_{п}$  и  $n$  недостаточна. Блокирования потерь на этом участке не происходит. Вместе с тем взаимосвязь концентрации примеси ( $Z_{и}$ ) с остаточной засоренностью противоположная по шкале желательности:  $Z_{и} = 1 \% \rightarrow Z_{о} = 0,006 \%$ ;  $Z_{и} = 2 \% \rightarrow Z_{о} = 0,012 \%$ ;  $Z_{и} = 3 \% \rightarrow Z_{о} = 0,017 \%$ .

Поэтому интегральная оценка качества ( $K_{и}$ ) процесса по разработанному ФГБНУ ВНИИТиН методу [19] позволяет объективнее оценивать взаимосвязи  $\Pi$ ,  $Z_{о} = f(Z_{и}, n, \gamma_{п}, W_{п})$ , таблица 2.

Таблица 2 – Взаимосвязь концентрации примеси в зерносмеси с режимами работы при  $\gamma_{п} = 55^\circ$  и малых  $W_{п}$

№ п/п	Режимы работы		Концентрация примеси, $Z_{и}$ , %	Показатели качества		
	$W_{п}$ , т/ч	$n$ , об/мин		$Z_{о}$ , %	$\Pi$ , %	$K_{и}$
1	2	3	4	5	6	7
1	1,2	34,6	1,2	0,004	1,09	0,84
2	1,2	34,6	2,6	0,008	5,0	0,20
3	1,84	35,8	1,0	0,006	5,7	0,17
4	1,84	35,8	2,0	0,012	0,83	1,02
5	1,84	35,8	3,0	0,017	0,98	0,83

Из таблицы 2 видно, что предельные значения технологических потерь в вариантах 2 и 3 резко снижают интегральную оценку качества процесса, рассчитанную по весомерам частных оценок, предложенным в работе [19], и абсолютным значениям показателей  $Z_{о}$  и  $\Pi$ .

На больших величинах подачи и высоких скоростных режимах работы триера, при которых не полностью используется длина ячеистой поверхности, проявляется ожидаемое положительное влияние примесного компонента на технологические потери. При  $W_{п} = 3,71 \text{ т/ч}$ ,  $n = 39 \text{ об/мин}$ ,  $\gamma_{п} =$

55° и  $Z_{и} = 0$  % технологические потери составили 1,18 %. С увеличением  $Z_{и}$  до 0,95 % величина П сократилась в 5,13 раза (до 0,23 %) за счет восполнения сплошности циркулирующих слоев и погашения динамического воздействия задних стенок ячеек на зерновки основной культуры.

Аналогичная ситуация наблюдается при  $W_{п} = 4,4$  т/ч,  $n = 40$  об/мин и  $\gamma_{п} = 55^\circ$ . С нулевым содержанием примеси технологические потери составляют 1,22 %, а при  $Z_{и} = 1,05$  % величина П снижается до 0,39 % – в 3,1 раза.

Проведенный выше анализ показывает, что результативные показатели работы триера очень чувствительны к концентрации примесного компонента в зерносмеси и скоростному режиму. Так для всего диапазона подач зерносмеси в триер ( $W_{п} = 1,2 - 4,4$  т/ч), изменяющихся в 3,7 раза, диапазон оптимальных скоростных режимов работы составляет ( $n_{опт} = 34,6 - 40,0$  об/мин). Рост  $n$  составляет 5,4 об/мин (15,6 %), а в триерных блоках зерноочистительных агрегатов ЗАВ-20 и ЗАВ-40 интервал регулирования  $n$  составляет 4 – 6 об/мин. Поэтому триера в этих агрегатах, как правило, не используются или используются с неоправданно высокими технологическими потерями.

Очень существенно проявляются эти взаимосвязи на отдельных режимах загрузки триеров. При  $W_{п} = 4,4$  т/ч снижение  $n$  до 39,5 об/мин (на 1,25 %) приводит к увеличению технологических потерь в 6,3 раза. На минимальной из исследуемого диапазона подачи ( $W_{п} = W_{п\ min} = 1,2$  т/ч) снижение скоростного режима работы на 1,7 % при отсутствии примесного компонента приводит к росту технологических потерь до 35,3 % (в 7 раз выше допустимого уровня).

Повышение скоростного режима работы до  $n = 40$  об/мин на подаче  $W_{п} = 3,71$  т/ч является избыточным. Технологические потери снижаются до 0,66 %, но свободная часть ячеистой поверхности ( $l_{св}$ ) возрастает до 0,4 м, что создает риски увеличения показателя остаточной засоренности. Даже при  $l_{св} = 0,1$  м на скоростном режиме работы  $n = 39$  об/мин величина  $Z_{о} = 0,035$  % (12,3 примесных частиц на 1 кг основной культуры), что не соответствует требованиям к семенам категорий ОС и ЭС.

**Заключение.** На малых подачах зерносмеси в триер и оптимальных для каждой из них скоростных режимах работы эффект блокирования технологических потерь примесным компонентом проявляется максимально – наличие 1,3 % примеси снижает технологические потери в 9 раз в сравнении с вариантом, когда  $Z_{и} = 0$ , так как примесь при  $W_{п} = W_{п\ min}$  в большей степени компенсирует сплошность циркулирующих слоев зерносмеси на конечном участке ячеистого цилиндра, снижает динамическое воздействие задних стенок ячеек на зерновки основной культуры, улучшает условия их захвата и снижает сход. На средних и высоких уровнях подачи эффект блокирования технологических потерь при сопоставимых концентрациях примеси снижается, а с ростом ее концентрации в зерносмеси пропорционально возрастает остаточная засоренность зерна.

#### Список источников

1. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян. – М.: Колос. – 2008. – 232 с.
2. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. – изд. 4-е доп. и перераб. – М.: Колос, 1975. – 495 с.
3. Рассадин А.А. Кинетика сепарирования сыпучих зерновых смесей на плоских, цилиндрических решетках и триерах / Сборник научных трудов. – М.: ВИМ, 1987. – Т. 115.– С. 63-76.
4. Павловский Г.Т. Исследование технологического процесса в цилиндрических триерах / Сборник научных трудов ВИМ. –1952. – Т.17.
5. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 687с.
6. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л.: Машиностроение, 1997. – 526 с.
7. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины, теория, расчет, проектирование и испытание. – М.: Л.: Сельхозгиз, 1955. – 856 с.
8. Eischmidt G. Verluststrategie neu überdenken // Bauern Blatt. – 2007. – Nr. 29. – P. 22-24.

9. Scherer R. Mechanische Eigenschaften von Körnerfrüchten // Grundland Landtechnik. 1978. – Bd. 28. – № 1. – P. 6-12.
10. Schulze D. Vergleich des Fließverhaltens leicht fließender Schüttgüter. //Schüttgut. – 1996. – № 3. – P. 347-356.
11. Абидуев А.А. Выбор размера ячеек триерных цилиндров // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 2013. – № 4 (43). – С. 53-57.
12. Абидуев А.А. Исследование процесса выпадения зерна из ячеек триерных цилиндров // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 1989. – С. 107-108.
13. Абидуев А.А. Обоснование методики выбора рабочих органов триеров // Вестник ИрГСХА. – 2012. – № 53. – С. 110-114.
14. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Влияние высоты зернового слоя в овсюжном триере на остаточное содержание длинных примесей // Наука в Центральной России. – 2019. – № 4(40). – С. 19-26.
15. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Интенсивность выделения зерновок основной культуры из зерносмесей с длинными примесями // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – №3 (47). – С. 74-77.
16. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Улучшенная технология подработки зерна // Сельский механизатор. – 2020. – №4. – С. 24-25.
17. Тишанинов Н.П., Емельянович С.В. Триер с авторегулированием скоростного режима // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 16-17.
18. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Оценка чувствительности процесса триерной очистки зерна к режимам работы // Наука в Центральной России. – 2024. – № 1(67). – С. 23-31.
19. Тишанинов Н.П. Обоснование комплексного критерия качества работы триера / В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ярославль, 2023. С. 86-90.

#### References

1. Tarasenko A.P. Modern machines for post-harvest processing of grain and seeds. – M.: Kolos. – 2008. – 232 p.
2. Sokolov A.Ya. Technological equipment of grain storage and processing enterprises. – ed. 4th add. and processed – M.: Kolos, 1975. – 495 p.
3. Rassadin A.A. Kinetics of separation of bulk grain mixtures on flat, cylindrical sieves and triemes / Collection of scientific papers. – M.: VIM, 1987. – T. 115. – P. 63-76.
4. Pavlovsky G.T. Research of the technological process in cylindrical triemes / Collection of scientific papers of VIM. –1952. – T.17.
5. Leaf fall G.E. Agricultural and reclamation machines. – M.: Agropromizdat. – 1986. – 687 p.
6. Lurie A.B. Calculation and design of agricultural machines. – L.: Mechanical Engineering, 1997. – 526 p.
7. Letoshnev M.N. Agricultural machines, theory, calculation, design and testing. – M.: L.: Selkhozgiz, 1955. – 856 p.
8. Eisenschmidt G. Verluststrategie neu überdenken // Bauern Blatt. – 2007. – Nr. 29. – R. 22-24.
9. Scherer R. Mechanische Eigenschaften von Körnerfrüchten // Grundland Landtechnik. 1978. – Bd. 28. – No. 1. – R. 6-12.
10. Schulze D. Vergleich des Fließverhaltens leicht fließender Schüttgüter. //Schüttgut. – 1996. – No. 3. – R. 347-356.
11. Abiduev A.A. Selecting the size of the cells of trier cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of VSGTU). – 2013. – No. 4 (43). – pp. 53-57.

12. Abiduev A.A. Study of the process of grain loss from the cells of trier cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of ESGTU). – 1989. – P. 107-108.
13. Abiduev A.A. Justification of the methodology for selecting the working bodies of triers // Bulletin of the IrG-SKhA. – 2012. – No. 53. – P. 110-114.
14. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. The influence of the height of the grain layer in an oat trier on the residual content of long impurities // Science in Central Russia. – 2019. – No. 4(40). – pp. 19-26.
15. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Intensity of isolation of grains of the main crop from grain mixtures with long impurities // Bulletin of the agro-industrial complex of the Verkhnevolzhye. – 2019. – No. 3 (47). – P. 74-77.
16. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Improved technology for grain processing // Rural machine operator. – 2020. – No. 4. – pp. 24-25.
17. Tishaninov N.P., Emelyanovich S.V. Trier with automatic speed control // Rural machine operator. – 2022. – No. 6. – P. 16-17.
18. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Emelyanovich S.V. Assessing the sensitivity of the grain cleaning process to operating modes // Science in Central Russia. – 2024. – No. 1(67). – pp. 23-31.
19. Tishaninov N.P. Justification of a comprehensive criterion for the quality of trier work / In the collection: The role of agricultural science in the sustainable development of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers based on materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Yaroslavl, 2023. pp. 86-90.

#### **Информация об авторах**

Н.П. Тишанинов - доктор технических наук, профессор; А.В. Анашкин - доктор технических наук; К.Н. Тишанинов – кандидат технических наук; С.В. Емельянович – младший научный сотрудник

#### **Information about the authors**

N. Tishaninov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; A. Anashkin - Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher; K. Tishaninov – Candidate of Technical Sciences; S. Emelyanovich – junior researcher

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Contribution of the authors:** all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

**The authors declare no conflict of interest.**

Поступила в редакцию (Received): 11.05.2024      Принята к публикации (Accepted): 20.06.2024