

Научная статья
УДК 631.362.34
doi:10.35694/YARCX.2021.56.4.012



*Триер, зерносмесь,
очистка, режимы
работы, параметры,
настройка,
авторегулирование,
качество*

*Trieur, grain mixture,
cleaning, operation
modes, parameters,
setting, auto-regulation,
quality*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ЗА СЧЁТ АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Н. П. Тишанинов¹ (фото)
д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией
управления качеством технологических процессов в сельском
хозяйстве

А. В. Анашкин¹

д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории
управления качеством технологических процессов в сельском
хозяйстве

С. В. Емельянович¹

ведущий инженер лаборатории управления качеством
технологических процессов в сельском хозяйстве

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском
хозяйстве», г. Тамбов

Использование триерных технологий с оценкой по качественным показателям в реальных условиях эксплуатации остаётся на низком уровне – высока доля технологических потерь, уровень остаточной засорённости зерна не соответствует существующим требованиям. Причинами высоких технологических потерь являются: превышение подачи зерна в триерный цилиндр относительно скоростного режима работы и завышение угла подъёма верхней кромки передней стенки выводного лотка относительно подачи. Причиной повышенной остаточной засорённости зерна является недогруз ячеистого цилиндра, при котором часть рабочей поверхности остаётся свободной (условно), и на этом участке примесные частицы, обладающие связностью, захватываются ячеями и направляются в выводной лоток с чистым зерном. Возможности выбора оптимальных режимов работы триера и его настроечных параметров усложняются чрезвычайным разнообразием свойств исходного зернового вороха [1]. В нём содержится множество видов засорителей, различающихся по своим физико-механическим свойствам. Кроме того, зерно основной культуры может быть полноценным, незрелым, дроблёным, травмированным, щуплым, в пленке [2]. По данным автора работы [2], в зерновом ворохе содержится до 30% зерновок с нарушенной целостностью оболочки эндосперма, 14,3% – с травмированной оболочкой зародыша и эндосперма, 10,1% – дроблёных зерновок. Однако главной причиной низкого качества работы триеров является отсутствие эффективных средств управления загрузкой ячеистых цилиндров в многоканальных зерноочистительных технологиях. Нет авторегулируемых делителей исходного потока зерна по технологическим каналам. По этой причине авторам основополагающих работ [3–6] не удалось установить объективных взаимосвязей режимов работы и настроечных параметров триеров с качественными показателями процесса. Возможности уста-

новления этих связей появились с созданием в ФГБНУ ВНИИТиН семейства авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов и специального стандового оборудования [7–12]. С использованием созданной экспериментальной базы впервые получены важнейшие закономерности протекания процессов триерной очистки зерна [13–16]. Однако компенсация влияния ряда факторов на качественные показатели процесса возможна лишь при реализации триерного процесса в авторегулируемом режиме работы, что требует пополнения базы знаний.

Материалы и методы

Исследования проводили на экспериментальной установке, обеспечивающей авторегулируемое управление процессом триерной очистки зерна по режимным параметрам (подача зерна, скорость вращения ячеистого цилиндра) при вариантно заданных положениях выводного лотка, рисунки 1 и 2.

Принцип действия экспериментальной установки следующий. Расчётное количество зерна подаётся загрузочной норией 1 в бункер-дозатор 2. Затем из бункера-дозатора 2 регламентированный по расходной характеристике (w) поток зерна подаётся в авторегулируемый делитель 3 с пружинной грузовоспринимающей системой. Далее через клапанный отвод авторегулируемого делителя 3

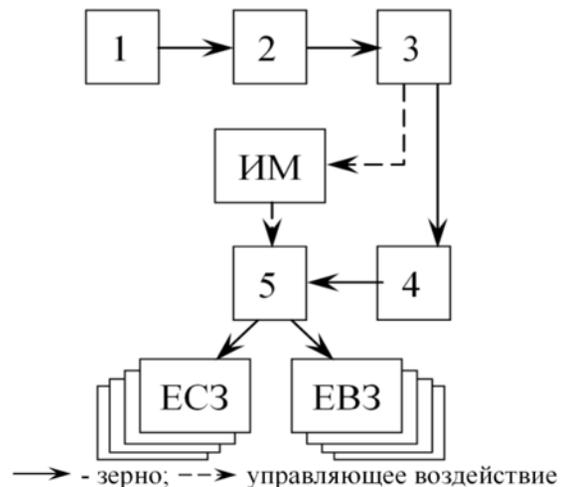
[7], который после подачи зерна в его регулируемую ёмкость уравнивается грузовоспринимающей системой в некотором смещённом по вертикали положении (на величину h), зерно поступает в питатель 4 и триер 5. Величина смещения (h) авторегулируемого делителя 3 по вертикали определяет величину управляющего воздействия, которое посредством исполнительного механизма (ИМ) осуществляет корректировку скоростного режима работы триера. При этом второй канал авторегулируемого делителя 3 заблокирован, так как для управления одноканальным триером необходима только взаимосвязь $-h = f(w)$.

Исполнительный механизм представляет собой переменный резистор и частотный преобразователь. За счёт изменения частоты тока, синхронизированной с величиной подачи зерна (w) и величиной управляющего воздействия (h), происходит корректировка скоростного режима (n) работы триера. Величина подачи зерна (w) из бункера-дозатора 2 в авторегулируемый делитель 3 задаётся положениями шибера, для каждого из которых произведена тарировка расхода рабочей среды (зерна).

Процесс работы триера от начала выделения первых порций зерна до его стабилизации контролируется по выделенным массам через заданные интервалы времени посредством мерных ёмкостей ЕСЗ и ЕВЗ. Контроль времени в опытах произво-



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки



1 – загрузочная нория; 2 – бункер-дозатор; 3 – авторегулируемый делитель; 4 – питатель; 5 – триер; ИМ – исполнительный механизм; ЕСЗ – ёмкости для отбора расхода зерна; ЕВЗ – ёмкости для отбора выделенного зерна ячеистым цилиндром.

Рисунок 2 – Технологическая схема экспериментальной установки

дится аудиофайлом, обеспечивающим отсчёт звуковых сигналов через заданные интервалы. Обработка результатов исследований выполнялась известными методами.

Результаты и обсуждение

Исследования [13; 14] подтвердили, что при пропуске зерносмеси через овсюжный ячеистый цилиндр качество процесса по остаточной засорённости (Z_0) существенно зависит от её исходной засорённости ($Z_{и}$). При недостаточной загрузке триера на свободном (условно) участке ячеистого цилиндра степень заполнения ячей зерновками основной культуры составляет 5–7%, а вероятность захвата ячеями длинных примесей увеличивается, что приводит к росту Z_0 в 3,6 раза при прочих равных условиях – до $Z_0 = 1,28\%$.

Допущение технологических потерь при настройке триера на уровне 2% снижает вероятность захвата длинных примесей и обеспечивает уровни $Z_0 = 0,05; 0,13; 0,17\%$ при, соответственно, $Z_{и} = 1, 2, 3\%$. С другой стороны, чрезмерное увеличение схода зерновок основной культуры увеличивает прямые экономические потери. Поэтому оптимальный режим авторегулируемой работы триера должен определяться целевой функцией, представляющей интегральный компромиссный показатель качества процесса:

$$P_k = 1 / (\alpha_1 \Delta Z_0 + \alpha_2 \Pi), \quad (1)$$

где P_k – интегральный показатель качества работы триера;

α_1, α_2 – коэффициенты весомости частных оценок;

ΔZ_0 – уровень остаточной засорённости семян сверх требований к категориям ОС (оригинальные семена) и ЭС (элитные семена) ($[Z_0] = 1\%$), %;

Π – показатель технологических потерь, %.

Форма правой части целевой функции обусловлена предпочтительным выбором шкалы желательности для показателя P_k . Относительная весомость частных оценок интегрального показателя (ΔZ_0 и Π) должна быть обоснована на основе сопоставления стоимостных эквивалентов потерь от равных приращений частных оценок.

Базой сопоставления является чистота семян пшеницы, ржи и ячменя категорий ОС и ЭС, которая составляет 99,0%. Цена (U_n) пшеницы указанных категорий, по результатам мониторинга в хозяйствах Тамбовской области, на 07.09.2021 года составляла 22 тыс. руб. за 1 тонну.

Повышение уровня остаточной засорённости (Z_0) семян пшеницы до 2% понижает их категорию до репродуктивной, которая оценивается в 19,0 тыс. руб./т. Увеличение Z_0 до 3% снижает категорию семян пшеницы до репродуктивно-товарной с ценой в 17 тыс. руб./т.

Таким образом, приращение ΔZ_0 на 4% относительно уровня требований к семенам пшеницы категорий ОС и ЭС приводит к снижению цены (ΔU_n) на 5 тыс. руб./т. При обоснованном допущении, что связь ΔZ_0 и ΔU_n линейная, удельные ценовые потери от роста Z_0 будут:

$$U'_{уд} = \frac{\Delta U_n}{\Delta Z_0} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ тыс. руб. / } 1\%. \quad (2)$$

Удельные экономические потери от роста технологических потерь на 1% будут:

$$U''_{уд} = \frac{\Pi \bar{U}_n}{100} = \frac{1 \cdot 19,5}{100} = 0,195 \text{ тыс. руб. / } 1\%, \quad (3)$$

где \bar{U}_n – средняя цена семян пшеницы всех рассматриваемых категорий, тыс. руб./т.

Сопоставление удельных ценовых и экономических потерь от снижения качества работы триера по частным оценкам процесса показывает, что соотношение весомостей – $\alpha_1/\alpha_2 = 2,5/0,195 = 12,8$. Поэтому целевая функция (1) примет вид:

$$P_k = 1 / (12,8 \Delta Z_0 + \Pi) \rightarrow \max. \quad (4)$$

Принятые выше допущения не снижают объективность оценки α_1 и α_2 в сравнении с традиционными методами их обоснования – методами интегрирования мнений (методами экспертных оценок). Кроме того, надо принять во внимание современный уровень управления триерными технологиями, когда отсутствуют даже регламенты их настройки.

Из уравнения (4) видно, что весомость качества очистки семян многократно превышает даже весомость прямых технологических потерь. Анализ усреднённой структуры себестоимости производства пшеницы позволил сопоставить продуктивность разрабатываемого научного направления относительно других традиционных направлений.

Для ФГБНУ ВНИИТИН важно оценить и сопоставить значимость модернизации зерноочистительной технологии, например, с перспективой направления исследований по эффективному использованию нефтепродуктов. В структуре затрат на производство зерна на нефтепродукты приходится от 6,35% (Краснодарский край) до 11,2% (Иркутская область). Приведённые цифры [17; 18] показывают, что перспектива развития второго базового направления НИОКР ФГБНУ ВНИИТИН на два порядка уступает приоритетной проблеме обеспечения качества механизированных работ, таблица 1.

Из таблицы 1 видно, что весомость всех видов нефтепродуктов независимо от их назначения (например, смазочные материалы не восполняют энергозатраты в технологических процессах) не превышают весомости энергетической оценки (11%), регламентированной отраслевым

Таблица 1 – Доля затрат на энергоресурсы в структуре затрат на производство зерна

Наименование региона	Доля затрат	
	на нефтепродукты, %	на электроэнергию, %
Свердловская область	7,5	1,5
Иркутская область	11,2	–
Краснодарский край	6,35	0,8

стандартом ОСТ 70.2.30-78 «Испытания сельскохозяйственной техники. Комплексная оценка машин. Программа и методы» [20].

В этом стандарте весомость качества технологических процессов на уровне частных обобщённых показателей оценена в 26% для всех групп машин. Вместе с тем, обобщение результатов комплексных исследований технологических процессов при возделывании зерновых культур с использованием функционально-стоимостного анализа позволило уточнить весомость показателя качества [19]. Она составляет 67%, что в 2,6 раза превышает унитарную величину по ОСТ 70.2.30-78.

На уровне единичных показателей качества технологических процессов применительно к зерноочистительным машинам, работающим в семенном режиме, весомость показателя чистоты по ОСТ 70.2.30-78 составляет 42%, а весомость технологических потерь в отходы – 20%. Это соотношение втрое отличается от обоснованного выше соотношения, учитывающего современные ценовые эквиваленты изменения показателей качества.

Исключительно высокая значимость показателей качества зерноочистительных технологий и неудовлетворительный уровень их использования указывают на необходимость совершенствования управления этими сложными процессами в авторегулируемом режиме, что подтверждается поисковыми исследованиями. Фрагмент результатов экспериментальных исследований взаимосвязей технологических потерь $\Pi = f_1(W, n)$ и длины используемой (рабочей) поверхности ячеистого цилиндра $l_k = f_2(W, n)$ при $\gamma_n = 45^\circ$ представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что при $W \geq 2,45$ т/ч скоростной режим $n = 30$ об/мин недостаточен для обеспечения надёжной работы триера – масса зерна в ячеистом цилиндре постоянно возрастает до возникновения технологического отказа. Однако уже при $n \geq 32$ об/мин триер работает надёжно, технологические потери (Π) составляют 0,49–1,43%. Использование длины ячеистой поверхности составляет 95,5–100% в диапазоне подач зерна $W = 2,45$ –4,35 т/ч, что снижает риски увеличения остаточной засорённости зерна за счёт свободной (условно) ячеистой поверхности.

В указанном диапазоне подач (W) технологический процесс очень чувствителен к скорост-

ному режиму работы (n). Увеличение n лишь на 6,7–16,7% переводит триер из состояния технологического отказа в рабочее состояние с высокими показателями качества. Дальнейшее увеличение n до 40 об/мин (на 8 об/мин) является избыточным, так как даже при $W = 4,35$ т/ч длина ячеистого цилиндра используется только на 78%, что создаёт риски роста остаточной засорённости (Z_0).

По тем же причинам при $W < 2,45$ т/ч возрастают риски снижения качества процесса на малых $n = 30$ –35 об/мин, так как l_k составляет 22–80% длины ячеистой поверхности. Этот результат очень важен для практики эксплуатации зерноочистительных агрегатов – очень часто операторы снижают загрузку триеров с целью обеспечения качества процесса. Иногда ожидаемый эффект достигается за счёт более высокой степени выделения коротких примесей, но риски роста Z_0 за счёт длинных примесей (семена овсюга) увеличиваются, а их содержание в основной культуре ограничивается 3 шт. на 1 кг.

Увеличение угла подъёма (γ_n) верхней кромки передней стенки выводного лотка до 55° создаёт предпосылки снижения вероятности попадания в него длинных примесей в овсюжном цилиндре, так как они находятся преимущественно в нижней части факела выброса частиц из-за их неустойчивого размещения в ячеях и эффекта их «выедания» контактирующим слоем зерносмеси. Кроме того, увеличение γ_n позволит повысить степень использования длины ячеистых цилиндров при малых W за счёт снижения степени путевого отбора частиц из факела выброса при равных n , создавая предпосылки снижения Z_0 за счёт сокращения свободной (условно) ячеистой поверхности. Фрагмент результатов экспериментальных исследований триера при $\gamma_n = 55^\circ$ представлен в таблице 3.

Анализ таблицы 3 показывает, что указанные выше позитивные результаты от реализации процесса при $\gamma_n = 55^\circ$ имеют ряд существенных ограничений. Так, при $W = 1,2$ т/ч и $n = 30$ об/мин степень снижения отбора частиц из факела выброса выводным лотком оказалась чрезмерной, что привело к неприемлемым технологическим потерям ($\Pi = 51,1\%$), а увеличение остатка зерна в ячеистом цилиндре за период стабилизации создаёт предпосылки для технологического отказа (завала ячеистого цилиндра зерном).

Таблица 2 – Зависимость показателей работы триера (η , I_{κ} , M_{κ} , $t_{\text{ст}}$) от n и W при $\gamma_n = 45^\circ$

№ п/п	Подача (W), т/ч (кг/с)	Скорость (n), об/мин	Частота тока, Гц	Время стабилизации ($t_{\text{ст}}$), с	Длина клина зерна (I_{κ}), м	Остаток зерна в цилиндре (M_{κ}), кг	Потери зерна сходом (η), %
1	1,20 (0,33)	30	31,8	150	155	9,73	–
2		35	37,3	50	85	3,52	–
3		40	42,4	24	75	2,81	–
4		45	47,4	30	85	2,62	–
5	1,83 (0,51)	30	31,8	180	225	20,82	0,98
6		35	37,3	75	115	6,8	0,13
7		40	42,4	55	105	4,95	0,13
8		45	47,4	47	95	4,37	0,26
9*	2,45 (0,68)	30	–	–	–	–	–
10		35	37,3	100	150	12,66	0,2
11		40	42,5	60	130	8,16	0,2
12		45	47,6	50	120	6,77	0,25
13*	3,07 (0,85)	30	–	–	–	–	–
14		35	37,3	140	165	20,0	0,27
15		40	42,4	67	140	12,21	0,2
16		45	47,5	53	130	9,37	0,27
17*	3,71 (1,03)	30	–	–	–	–	–
18		35	37,3	160	215	31,6	0,49
19		40	42,4	80	160	18,82	0,26
20		45	47,5	60	150	12,43	0,29
21*	4,35 (1,21)	30	–	–	–	–	–
22		35	37,4	180	225	46,22	1,19
23		40	42,4	120	175	27,32	0,36
24		45	47,6	75	155	19,09	0,36
25	1,83	32	33,7	120	160	14,22	0,46
26	4,35	38	40,0	150	195	34,04	0,5
27	1,83	31	33,0	120	200	17,13	0,72
28	3,07	33	35,3	200	220	29,4	0,82
29	2,45	32	34,0	170	220	24,22	0,83
30	4,35	35	37,6	180	225	45,38	1,43

Примечание: * – в оп. № 9, 13, 17, 21 наблюдался аварийный режим работы с потерями зерна в отходы более 46%.

Технологические отказы для $W = 2,45\text{--}4,35$ т/ч появились и на более высоких скоростных режимах работы триера ($n = 35$ об/мин), чего не было при $\gamma_n = 45^\circ$. Возможности использования триеров при минимальной подаче ($W = 1,2$ т/ч) появились на скоростных режимах работы $n = 35\text{--}45$ об/мин, когда уровень технологических потерь менее 1% ($\eta = 0,28\text{--}0,61$). Однако уровень использования длины ячеистой поверхности при этом составляет лишь 35,6–66,7%, что приводит к росту остаточной засорённости (Z_o) зерна.

Работа триера при минимальной загрузке ($W = 1,2$ т/ч) на промежуточных скоростных режи-

мах ($n = 33$ и 34 об/мин – опыты 25 и 26) позволяет максимально использовать длину ячеистой поверхности, снимая ожидания роста Z_o , но технологические потери при этом увеличиваются до 2,63–4,95%. В случаях, когда хозяйства производят семена собственными силами, этот вариант использования триеров можно считать приемлемым. Уровень технологических потерь не так велик, а отходы могут быть использованы на внутривладельческие цели.

Изменение настроечного параметра γ_n существенно влияет на период стабилизации процесса. Это обстоятельство необходимо учитывать

Таблица 3 – Зависимость показателей работы триера (Π , I_k , $M_{\text{ц}}$, $t_{\text{ст}}$) от n и W при $\gamma_n = 55^\circ$

№ п/п	Подача (W), т/ч (кг/с)	Скорость (n), об/мин	Частота тока, Гц	Время стабилизации ($t_{\text{ст}}$), с	Длина клина зерна (I_k), м	Остаток зерна в цилиндре ($M_{\text{ц}}$), кг	Потери зерна на сходом (Π), %
1	1,20 (0,33)	30	31,8	–	225	30,3	51,1
2		35	37,3	95	150	5,88	0,61
3		40	42,4	30	85	2,99	0,16
4		45	47,3	30	80	2,76	0,28
5	1,83 (0,51)	30	31,8	–	225	28,220	2,9
6		35	37,3	104	190	14,63	0,98
7		40	42,4	40	110	5,75	0,19
8		45	47,3	36	105	4,79	0,23
9	2,45 (0,68)	30	–	–	–	–	–
10		35	37,3	–	225	28,84	2,21
11		40	42,4	75	145	9,51	0,25
12		45	47,5	60	135	6,74	0,24
13	3,07 (0,85)	30	–	–	–	–	–
14		35	–	–	–	–	–
15		40	42,5	90	155	14,39	0,31
16		45	47,5	60	145	9,740	0,31
17	3,71 (1,03)	30	–	–	–	–	–
18		35	–	–	–	–	–
19		40	42,3	100	165	21,78	0,45
20		45	47,5	70	155	14,41	0,36
21	4,35 (1,21)	30	–	–	–	–	–
22		35	–	–	–	–	–
23		40	42,2	120	215	31,08	0,66
24		45	47,6	90	160	21,5	0,41
25	1,2	33	35,2	–	225	18,47	4,95
26	1,2	34	36,0	–	225	14,02	2,63
27	1,2	35	37,3	90	150	6,33	0,61
28	2,45	39	41,2	75	150	10,81	0,29
29	2,45	37	39,2	140	165	15,55	0,49
30	2,45	36	38,0	150	220	22,07	1,13
31	3,07	37	39,2	150	210	24,12	0,82
32	3,71	38	40,2	180	215	30,92	0,87

при оценке решений по автоматизации управления триерными технологиями, так как существенная вариативность подачи зерна в триер и значительная продолжительность стабилизации процесса будут сокращать зону авторегулирования и снижать показатели качества работы триера. Сравнительная оценка периодов стабилизации процесса для различных значений γ_n дана на рисунках 3 и 4.

Из рисунков 3 и 4 видно, что период стабилизации процесса существенно зависит от n и W . При настройке выводного лотка на $\gamma_n = 45^\circ$ во всём диапазоне подач зерна в триер ($W = 1,2$ –

4,35 т/ч) максимальный рост периода стабилизации ($t_{\text{ст}}$) наблюдается при $n = 35$ об/мин – в 3,6 раза. С ростом n до 45 об/мин эта разница снижается до 2,5 раза. Сравнение характеристик процесса по $t_{\text{ст}}$ на разных скоростных режимах между собой показывает: при снижении n от 45 до 35 об/мин и $W = 1,2$ т/ч разница $t_{\text{ст}}$ составляет 1,7 раза; при этом же изменении n и $W = 4,35$ т/ч разница $t_{\text{ст}} = 2,4$ раза.

С увеличением γ_n до 55° (рис. 4) характеристики процесса по $t_{\text{ст}}$ изменяются несущественно на скоростных режимах работы $n = 40$ –45 об/мин во всём диапазоне W . Это объясняется тем, что

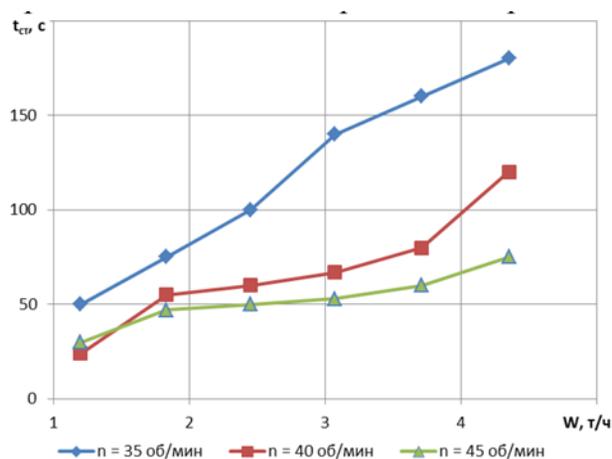


Рисунок 3 – Зависимость времени стабилизации ($t_{ст}$) работы триера от величины подачи (W) при $\gamma_n = 45^\circ$ и различных скоростных режимах (n)

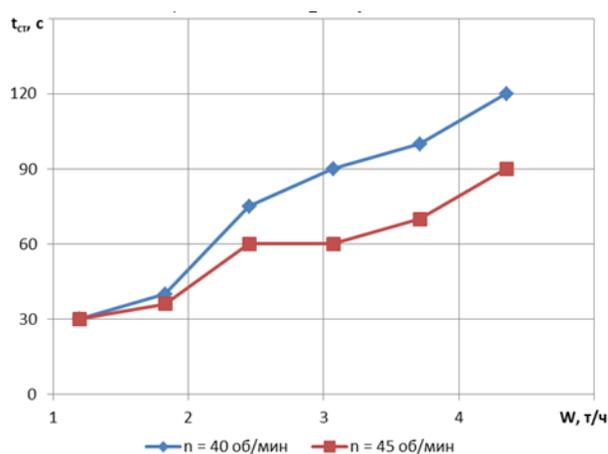


Рисунок 4 – Зависимость времени стабилизации ($t_{ст}$) работы триера от величины подачи (W) при $\gamma_n = 55^\circ$ и различных скоростных режимах (n)

независимо от величины γ_n формирование зернового клина в ячеистом цилиндре при равных W происходит идентично, а величина отбора зерна из факела выброса выводным лотком имеет равновысокую корреляцию с углом γ_n независимо от его величины (по крайней мере, при $\gamma_n \geq 45^\circ$). Зависимость $t_{ст} = f(W)$ при $n = 35$ об/мин на рисунке 4 не показана, так как на малой скорости при $W \geq 3,07$ т/ч и $\gamma_n = 55^\circ$ триер находится в состоянии постоянного технологического отказа.

Выводы

Весомость качества работы триера в семенном режиме многократно превышает одноимён-

ные критерии оценки других технологических операций по возделыванию зерновых. Комплексный критерий качества триерной очистки зерна включает показатели остаточной засорённости и прямых потерь, весомость первого из которых в 12,8 раза превышает весомость второго. Эти показатели весьма чувствительны к выбору рациональных режимов работы и настроечных параметров триера, отклонения от которых приводят к технологическим отказам. Оптимизировать работу триера по критерию качества и исключить технологические отказы возможно лишь при авторегулируемом управлении рабочими процессами.

Список источников

1. Тарасенко, А. П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А. П. Тарасенко, М. Э. Мерчалова, И. В. Баскаков. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. – № 3 (22). – С. 22–25. ISSN 2071-2243.
2. Тарасенко, А. П. Снижение травмирования зерна при послеуборочной обработке / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, А. М. Гиевский [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 1 (45). – С. 63–68. – ISSN 2075-6704
3. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – Москва – Ленинград : Сельхозгиз, 1955. – 856 с. – Текст : непосредственный.
4. Соколов, А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / А. Я. Соколов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Москва : Колос, 1975. – 495 с. – Текст : непосредственный.
5. Лурье, А. Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин / А. Б. Лурье. – Ленинград : Машиностроение, 1997. – 526 с. – Текст : непосредственный.
6. Урханов, Н. А. Исследование технологического процесса работы цилиндрического триера с целью повышения производительности и качества разделения смеси : специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Н. А. Урханов. – Москва, 1968. – 130 с. – Текст : непосредственный.
7. Тишанинов, Н. П. Многоканальные делители потока зерна / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 40. – ISSN 0131-7393.
8. Тишанинов, Н. П. Авторегулируемый делитель потока зерна жалюзийного типа / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2016. – № 1. – С. 10–11. – ISSN 0131-7393.

9. Патент 2412582 С2 Российская Федерация, МПК А01F 12/46 (2006.01). Устройство для разделения потока сыпучих материалов : № 2009118684/21 : заявлено 18.05.2009 : опубликовано 27.02.2011, Бюл. № 6 / Тишанинов Н. П., Ведищев С. М., Тишанинов К. Н., Кропоткин О. Н. ; патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ГНУ ВИИТиН). – 7 с. – Текст : непосредственный.

10. Тишанинов, Н. П. Обоснование параметров станда для исследования ячеистых поверхностей / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, К. А. Растюшевский. – Текст : непосредственный // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 2. – С. 18–21. – ISSN 0131-7105.

11. Тишанинов, Н. П. Стенд для выделения длинных примесей из зерносмесей / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2018. – № 4 (34). – С. 12–24. – ISSN 2305-2538.

12. Тишанинов, Н. П. Модернизированный прибор для выделения примесей из зерносмесей – «ТИАН-1» / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2019. – № 1. – С. 4–5. – ISSN 0131-7393.

13. Анашкин, А. В. Взаимосвязь качества триерной очистки пшеницы с концентрацией длинной примеси / А. В. Анашкин, Н. П. Тишанинов. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2020. – № 3 (45). – С. 60–67. – ISSN 2305-2538.

14. Тишанинов, Н. П. Влияние высоты зернового слоя в овсюжном триере на остаточное содержание длинных примесей / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2019. – № 4 (40). – С. 19–26. – ISSN 2305-2538.

15. Тишанинов, Н. П. Взаимосвязь производительности триера с режимами работы. – Текст : непосредственный / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2018. – № 3 (33). – С. 12–20. – ISSN 2305-2538.

16. Тишанинов, Н. П. Управление расходными характеристиками триера положением выводного лотка / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2018. – № 2 (32). – С. 28–34. – ISSN 2305-2538.

17. Асланьянц, А. Л. Анализ себестоимости производства озимых зерновых культур и резервы ее снижения / А. Л. Асланьянц. – Текст : непосредственный // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: проблемы, пути решения : материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции : в 3-х частях. Ч. 2. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южный университет (ИУБиП), 2018. – С. 41–46.

18. Абагалова, Н. В. Анализ себестоимости зерна в ЗАО «Иркутские семена» Иркутской области / Н. В. Абагалова, М. В. Вельм. – Текст : непосредственный // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Молодежный : Изд-во Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2020. – С. 6–12.

19. Тишанинов, Н. П. Проблемы эксплуатации техники в рыночных условиях / Н. П. Тишанинов. – Текст : непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1995. – № 11. – С. 21–24. – ISSN 0206-572X.

20. ОСТ 70.2.30-78. Испытания сельскохозяйственной техники. Комплексная оценка машин. Программа и методы. – Москва : Производственно-издательский комбинат Госкомсельхозтехники СССР, 1979. – 160 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Tarasenko, A. P. Sovershenstvovanie tehnologii posleuborochnoj obrabotki zerna / A. P. Tarasenko, M. E. Merchalova, I. V. Baskakov. – Текст : neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 3 (22). – S. 22–25. ISSN 2071-2243.

2. Tarasenko, A. P. Snizhenie travmirovaniya zerna pri posleuborochnoj obrabotke / A. P. Tarasenko, V. I. Orobinskij, A. M. Gievskij [i dr.]. – Текст : neposredstvennyj // Vestnik agrarnoj nauki Dona. – 2019. – № 1 (45). – S. 63–68. – ISSN 2075-6704.

3. Letoshnev, M. N. Sel'skohozjajstvennyye mashiny. Teorija, raschet, proektirovanie i ispytanie / M. N. Letoshnev. – Moskva – Leningrad : Sel'hozgiz, 1955. – 856 s. – Текст : neposredstvennyj.

4. Sokolov, A. Ya. Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatij po hraneniju i pererabotke zerna / A. Ya. Sokolov. – 4-e izd., dop. i pererab. – Moskva : Kolos, 1975. – 495 s. – Текст : neposredstvennyj.

5. Lur'e, A. B. Raschet i konstruirovanie sel'skohozjajstvennyh mashin / A. B. Lur'e. – Leningrad : Mashinostroenie, 1997. – 526 s. – Текст : neposredstvennyj.

6. Urkhanov, N. A. Issledovanie tehnologicheskogo processa raboty cilindricheskogo triera s cel'ju povysheniya proizvoditel'nosti i kachestva razdeleniya smesi : special'nost' 05.20.01 «Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo

hozjajstva» : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehničkih nauk / N. A. Urkhanov. – Moskva, 1968. – 130 s. – Tekst : neposredstvennyj.

7. Tishaninov, N. P. Mnogokanal'nye deliteli potoka zerna / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Sel'skij mehanizator. – 2015. – № 8. – S. 40. – ISSN 0131-7393.

8. Tishaninov, N. P. Avtoreguliruemyy delitel' potoka zerna zhaljuzijnogo tipa / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Sel'skij mehanizator. – 2016. – № 1. – S. 10–11. – ISSN 0131-7393.

9. Patent 2412582 S2 Rossijskaja Federacija, MPK A01F 12/46 (2006.01). Ustrojstvo dlja razdelenija potoka sypuchih materialov : № 2009118684/21 : zajavleno 18.05.2009 : opublikovano 27.02.2011, Bjul. № 6 / Tishaninov N. P., Vedishchev S. M., Tishaninov K. N., Kropotkin O. N. ; patentoobladatel' Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij i proektno-tehnologičeskij institut po ispol'zovaniju tehniki i nefteproduktov v sel'skom hozjajstve (GNU VIITiN). – 7 s. – Tekst : neposredstvennyj.

10. Tishaninov, N. P. Obosnovanie parametrov stenda dlja issledovanija jacheistyh poverhnostej / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin, K. A. Rastyushevskij. – Tekst : neposredstvennyj // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2013. – № 2. – S. 18–21. – ISSN 0131-7105.

11. Tishaninov, N. P. Stend dlja vydelenija dlinnyh primesej iz zernosmesej / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 4 (34). – S. 12–24. – ISSN 2305-2538.

12. Tishaninov, N. P. Modernizirovannyj pribor dlja vydelenija primesej iz zernosmesej – «TIAN-1» / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Sel'skij mehanizator. – 2019. – № 1. – S. 4–5. – ISSN 0131-7393.

13. Anashkin, A. V. Vzaimosvjaz' kachestva triernej očistki pšenicy s koncentraciej dlinnoj primesi / A. V. Anashkin, N. P. Tishaninov. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. – № 3 (45). – S. 60–67. – ISSN 2305-2538.

14. Tishaninov, N. P. Vlijanie vysoty zernovogo sloja v ovsjuzhnom triere na ostatočnoe sodержание dlinnyh primesej / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 4 (40). – S. 19–26. – ISSN 2305-2538.

15. Tishaninov, N. P. Vzaimosvjaz' proizvoditel'nosti triera s rezhimami raboty. – Tekst : neposredstvennyj / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 3 (33). – S. 12–20. – ISSN 2305-2538.

16. Tishaninov, N. P. Upravlenie rashodnymi harakteristikami triera položeniem vyvodnogo lotka / N. P. Tishaninov, A. V. Anashkin. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 2 (32). – S. 28–34. – ISSN 2305-2538.

17. Aslan'yants, A. L. Analiz sebestoimosti proizvodstva ozimyh zernovyh kul'tur i rezervy ee snizhenija / A. L. Aslan'yants. – Tekst : neposredstvennyj // Jeksperimental'nye i teoreticheskie issledovanija v sovremennoj nauke: problemy, puti reshenija : materialy XVI Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii : v 3-h chastjah. Ch. 2. – Rostov-na-Donu : Izd-vo Juzhnyj universitet (IUBiP), 2018. – S. 41–46.

18. Abagalova, N. V. Analiz sebestoimosti zerna v ZAO «Irkutskie semena» Irkutskoj oblasti / N. V. Abagalova, M. V. Vel'm. – Tekst : neposredstvennyj // Nauchnye issledovanija studentov v reshenii aktual'nyh problem APK : materialy Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii. – Molodezhnyj : Izd-vo Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A. A. Ezhevskogo, 2020. – S. 6–12.

19. Tishaninov, N. P. Problemy jekspluatacii tehniki v rynochnyh uslovijah / N. P. Tishaninov. – Tekst : neposredstvennyj // Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. – 1995. – № 11. – S. 21–24. – ISSN 0206-572X.

20. OST 70.2.30-78. Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Kompleksnaja ocenka mashin. Programma i metody. – Moskva : Proizvodstvenno-izdatel'skij kombinat Goskomsel'hoztehniki SSSR, 1979. – 160 s. – Tekst : neposredstvennyj.