Афоничев Дмитрий Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dmafonichev@yandex.ru.

Тришина Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной механики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: t.v.trishina@gmail.com.

Authors credentials

Affiliations

Belyaev Alexander – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the department of applied mechanics of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru.

Afonichev Dmitry – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department of electrical engineering and automation of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: dmafonichev@yandex.ru.

Trishina Tatiana – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the department of applied mechanics of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: t.v.trishina@gmail.com.

Поступила в редакцию (Received): 16.03.2022 Принята к публикации (Accepted): 20.03.2022

УДК 631.303
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-2-37-41

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ТРИЕРНОГО ЦИЛИНДРА

[1]Тишанинов Константин Николаевич

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Известно, что сельскохозяйственные предприятия укомплектованы зерноочистительными агрегатами типа ЗАВ-40 и КЗС-40. Триерные блоки агрегатов в 90% случаев выведены из эксплуатации, так как они не обеспечивают требуемого качества очистки зерна и не надежны в работе – возникают технологические отказы из-за завалов ячеистых цилиндров. Частично решить эту проблему возможно за счет использования триерных блоков с оптимальной длиной триерного цилиндра. Это приведет к существенному уменьшению потерь чистого зерна в отходы с сохранением приемлемого уровня остаточной засоренности и повышению безотказности. Разработана математическая модель работы триерного блока по параметрам остаточной засоренности и потерям чистого зерна. Установлено, что остаточная засоренность экспоненциально убывает по длине кукольного цилиндра, а потери чистого зерна в отход растут линейно. Установлено, что потери чистого зерна в отход по длине овсюжного цилиндра падают экспоненциально. Получена формула для определения оптимальной длины триерного цилиндра, которая зависит от степени выделения примеси и величины потерь чистого зерна. Обоснован критерий оптимальной работы триерного блока. Подтверждена гипотеза об одинаковой степени выделения примеси по всей длине триерного цилиндра. На основе полученных результатов даны рекомендации для разработчиков триерных блоков.*

Ключевые слова: *триер, математическая модель, критерий оптимальности.*

METHOD FOR DETERMINING THE OPTIMAL LENGTH OF THE TRIER CYLINDER

[1]***Tishaninov Konstantin***
[1]*FSBSI"All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"*

Abstract. *It is known that agricultural enterprises are equipped with grain cleaning units of the ZAV-40 and KZS-40 types. It is known that in 90% of cases trier blocks of units are taken out of service, since they do not provide the required quality of grain cleaning and are unreliable in operation - technological failures occur due to blockages of cellular cylinders. This problem can be partially solved by using indented blocks with the optimal length of the indented cylinder. This will lead to a significant reduction in the loss of clean grain to waste while maintaining an acceptable level of residual contamination and increasing reliability. A mathematical model has been developed for the operation of the grading unit according to the parameters of residual contamination and losses of clean grain. It was found that the residual contamination decreases exponentially along the length of the doll cylinder. The loss of clean grain to waste grows linearly. It was found that the loss of pure grain to waste along the length of the oat cylinder decreases exponentially. A formula has been obtained to determine the optimal length of the indented cylinder, which depends on the degree of impurity release and the amount of pure grain loss for the doll cylinder. The criterion of optimal operation of the indenter block has been substantiated. The hypothesis about the same degree of impurity release along the entire length of the indented cylinder was confirmed. On the basis of the results obtained, recommendations are given for the developers of indented blocks.*

Keywords: *trier, mathematical model, optimality criterion.*

Введение. Триерная очистка является важной технологической операцией, позволяющей доводить качество зернового вороха до требуемых кондиций по чистоте. Большинство хозяйств укомплектованы триерными блоками, но из-за низкого качества их работы они выведены из эксплуатации. Триерные блоки требуют более точной настройки, которая обеспечивала бы высокую степень очистки и низкие потери чистого зерна в отход [1-3]. Частично результата можно достичь, введя в эксплуатацию триерные блоки с оптимальной длиной для конкретных условий производства. В данной работе предложен метод вычисления оптимальной длины триерных цилиндров для обеспечения их качественной работы, что является актуальной задачей.

Результаты и обсуждение. Составим математическую модель работы триерного цилиндра. Для этого разделим триерный цилиндр на элементарные участки длины. Предположим, что степень выделения примесей одинаковая по всей длине кукольного цилиндра и для элементарного участка Δl составляет величину p (Рисунок 1).

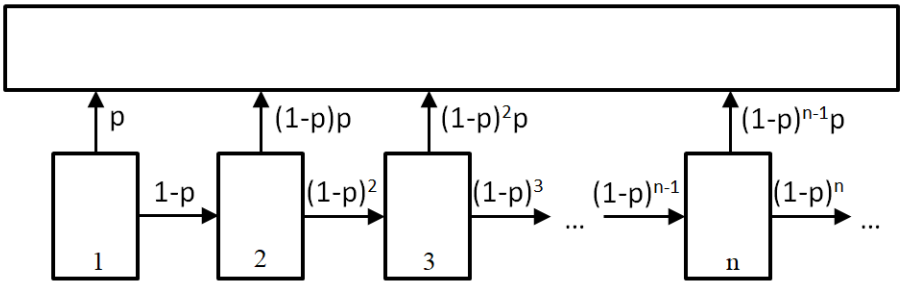

Рисунок 1 – Схема расчета остаточной засоренности для n-го участка кукольного цилиндра

С первого участка цилиндра выделяется p-ая часть зерновой примеси. Соответственно на второй участок длины поступает примесь в долевом соотношении 1-p. Из оставшейся примеси в количестве (1-p) со второго участка выделится примесь (1-p)p. Тогда на третий участок поступит примесь в количестве (1-p) – $(1-p)p=(1-p)^2$. Аналогично получим, что после n-го участка остаточная засоренность составит величину $(1-p)^n$.

Если остаточная засоренность экспоненциально падает по длине кукольного цилиндра, то потери чистого зерна в отход растут линейно (Рисунок 2, 3).

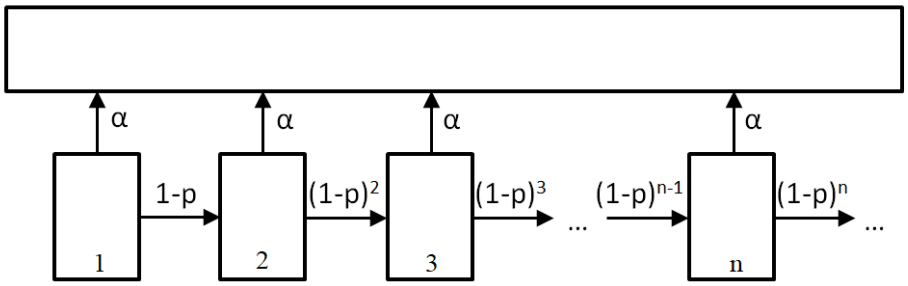

Рисунок 2 – Схема расчета потерь чистого зерна для n-го участка кукольного цилиндра

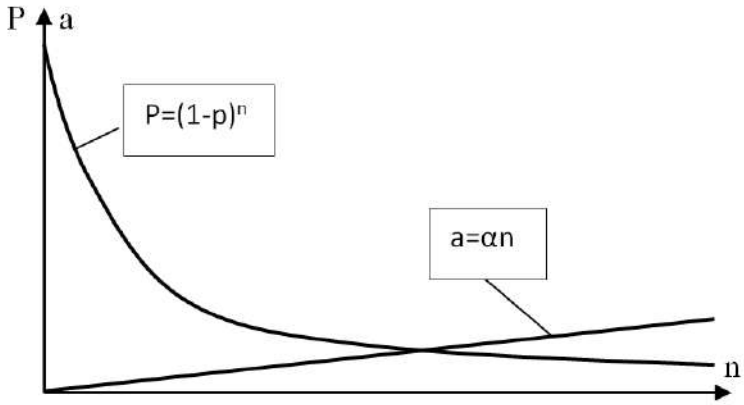

Рисунок 3 – Расчет критерия оптимальности (K) по длине кукольного цилиндра (n)

Введем критерий оптимальности работы кукольного цилиндра (K), который учитывал бы и величину остаточной засоренности (P), и величину потерь чистого зерна (a) (Формула 1).

$$K = P+a = (1-p)^n + \alpha n, \quad (1)$$

Тогда для оптимальной работы кукольного цилиндра K→min.

Из рисунка 3 видно, что остаточная засоренность (P) падает быстрее, чем растут потери чистого зерна в отход (a). Поэтому критерий оптимальности K=K(n) в начале графика падает. В конце графика потери чистого зерна растут быстрее, чем падает остаточная засоренность. Поэтому критерий оптимальности растет. Так как функция K=K(n) непрерывная, то она содержит один экстремум, при котором критерий K будет минимальным. Очевидно, что критерий K примет минимальное значение тогда, когда K^I станет равным 0.

$$K^I = 0,$$

$$(1-p)^n \cdot \ln(1-p) + \alpha = 0$$

Отсюда следует, что:

$$n = \log_{1-p}(-\alpha/\ln(1-p)). \quad (2)$$

Если остаточная засоренность (P) и потери чистого зерна (a) величины неравнозначные, тогда введем коэффициент соответствия K_1, причем:

$$K = P + K_1 \cdot a,$$

Тогда в общем случае получим:

$$n = \log_{1-p}(-K_1 \cdot \alpha/\ln(1-p)), \quad (3)$$

$$L = \Delta l \cdot n, \quad (4)$$

где L – оптимальная длина кукольного цилиндра.

Аналогично получим, что для овсюжного цилиндра потери чистого зерна a_2 после n-го участка составят:

$$a_2 = (1-\alpha_2)^n. \quad (5)$$

Рассмотрим пример выделения просо из пшеницы [4]. В этом эксперименте использовалось стендовое оборудование, способное замерять изменение остаточной засоренности по длине триерного цилиндра. Исходная засоренность $З_и$ составляла 11,5%, подача зерна W равнялась 2,9 т/ч. Необходимо определить степень выделения примесей – величину р (Таблица 1).

Таблица 1 – Вычисление степени выделения примеси (р)

Номер участка длины триера	Остаточная засоренность, $З_и$, %	Степень выделения i-го участка, $р_и$	Среднее значение р	Расчетное значение остаточной засоренности, %
0	11,5	-	-	11,5
1	6,8	0,408	0,463	6,2
2	3,1	0,544	0,463	3,3
3	1,8	0,419	0,463	1,8
4	1	0,444	0,463	0,96
5	0,5	0,500	0,463	0,51
6	<0,5	-	0,463	0,27
7	<0,5	-	0,463	0,14
8	<0,5	-	0,463	0,075
9	<0,5	-	0,463	0,040
10	<0,5	-	0,463	0,021

Как видно из Таблицы 1, наблюдаемое явление укладывается в гипотезу о равномерной степени выделения примесей по всей длине триерного цилиндра. В реальных условиях эксплуатации не все примеси будут легко выделяться. Степень выделения для них будет существенно ниже. При вычислении оптимальной длины триерного цилиндра необходимо пользоваться разными данными для составления полной картины выделения примесей с разными свойствами по длине триерного цилиндра. Также необходимо учитывать минимальный приемлемый уровень триерной очистки. Если оптимальная длина меньшей необходимой для достаточной степени очистки, то за оптимальную нужно брать необходимую. В других случаях оптимальную длину нужно вычислять по формулам (3), (4), (5).

Выводы: Оптимальная длина ячеистой поверхности определяется с помощью данных изменения остаточной засоренности и потерь чистого зерна в отходы по длине триерного цилиндра.

Список литературы

1. Абидуев А.А. Исследование процесса выпадения зерна из ячеек триерных цилиндров // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 1989.

2. Абидуев А.А. Обоснование методики выбора размера ячеек триерных цилиндров // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 2012. - №3 (38).

3. Абидуев А.А. Выбор размера ячеек триерных цилиндров // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГТУ). – 2013. - №4 (43).

4. Анашкин А.В., Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н., Терляхин М.И., Осин В.Н. Разработать метод и средства эффективного использования инновационных зерноочистительных технологий // Отчет о НИР № 007-ГЗ/У1371/648 от 30.12.2014 (Федеральное агентство научных организаций), с. 64…65.

References

1. Abiduev A.A. Investigation of the process of grain falling out of the cells of indented cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of VSGTU). - 1989.
2. Abiduev A.A. Substantiation of the method for choosing the size of cells of indented cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of the VSGTU). - 2012. - No. 3 (38).
3. Abiduev A.A. The choice of the size of the cells of indented cylinders // Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of VSGTU). - 2013. - No. 4 (43).
4. Anashkin A.V., Tishaninov N.P., Tishaninov K.N., Terlyakhin M.I., Osin V.N. To develop a method and means of effective use of innovative grain-cleaning technologies // Report on research work No. 007-GZ / U1371 / 648 dated 12/30/2014 (Federal Agency for Scientific Organizations), p. 64 ... 65.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Константин Николаевич - кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, E-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Konstantin - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, E-mail: TishaninovKN@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.02.2022 Принята к публикации (Accepted): 18.02.2022

УДК 631.362.34
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-2-41-51

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ ТРИЕРА

[1]Тишанинов Николай Петрович
[1]Емельянович Сергей Владимирович
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Дан анализ эксплуатационных условий использования зерноочистительных технологий. Обоснована необходимость автоматической корректировки скоростного режима работы триера с учетом изменчивости подачи зерносмеси. Предложена конструктивная схема передаточного механизма автоматической системы управления работой триера. Обосновано, что взаимосвязь углов поворота управляющего и управляемого звеньев с опережением приращения последнего во всем диапазоне регулирования обеспечивается при скользящем контакте между ними. Диапазоны углов поворота управляющего (α) и управляемого (β) звеньев составляют соответственно 19° и 27,6°. Теоретически подтверждено, что начальное соотношение приращений углов (Δβ и Δα) составляет 1,4, а конечное – 1,75. При этом обеспечивается высокое качество воспроизведения оптимальных скоростных режимов работы триера для каждого из шести уровней интервально изменяемой величины подачи зерносмеси. Начальные величины длин управляющего и управляемого звеньев от точки их контакта до осей поворота составляют соответственно 70 и 50 мм. Исходное положение управляющего звена относительно горизонта составляет 54,75°. Его поворот вместе с валом клапанов регулятора до начала контакта с управляемым звеном, когда обеспечивается подача* W_{min} *= 1,2 т/ч, составляет 35,75°. Установка управляемого звена на ручке постоянного резистора в исходное положение*