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*

производится после ее поворота на угол 172,1°, который обеспечивает минимальный скоростной режим работы триера – n_{min} = 34 об/мин.

Ключевые слова: *триер, зерносмесь, очистка, качество, режимы работы, авторегулирование.*

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE TRANSMISSION MECHANISM OF THE AUTOREGULATING SYSTEM OF THE TRIER

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

Abstract. *An analysis of the operating conditions for the use of grain cleaning technologies is given. The necessity of automatic adjustment of the speed mode of the trier operation, taking into account the variability of the supply of grain mixture, is substantiated. A constructive scheme of the transmission mechanism of the automatic control system for the operation of the trier is proposed. It is substantiated that the relationship of the angles of rotation of the control and controlled links with the advance of the increment of the latter in the entire range of regulation is provided with a sliding contact between them. The rotation angle ranges of the control (α) and controlled (β) links are 19° and 27.6°, respectively. It is theoretically confirmed that the initial ratio of increments of angles (Δβ and Δα) is 1.4, and the final one is 1.75. This ensures a high quality of reproduction of the optimal high-speed modes of operation of the trier for each of the six levels of the interval-changing value of the feed of the grain mixture. The initial values of the lengths of the control and controlled links from the point of their contact to the axes of rotation are 70 and 50 mm, respectively. The initial position of the control link relative to the horizon is 54.75°. Its rotation together with the shaft of the regulator valves before contact with the controlled link, when the supply Wmin = 1.2 t/h is ensured, is 35.75°. Setting the controlled link on the handle of the fixed resistor to its original position is carried out after it is rotated through an angle of 172.1°, which ensures the minimum speed of the trier - n_{min} = 34 rp/m.*

Keywords*: trier, grain mixture, cleaning, quality, operating modes, automatic control.*

Введение. В производственных условиях сложно обеспечить стабильную подачу зерносмеси в триерные блоки по причинам: изменчивости ее физико-механических свойств; разной степени заполнения завальных ям; случайного характера обрушения зернового монолита и условий его захвата рабочими органами перевалочных средств [1-3]. Еще сложнее обеспечить качественное деление зернового потока от перевалочных средств на технологические каналы триерных блоков существующими средствами [4-6]. Погрешность деления потока сыпучих материалов делителями флажкового, призменного и тарельчатого исполнений достигает 150%, что приводит к снижению качества процесса по остаточной засоренности и технологическим потерям [7-10]. Вторая задача, обусловленная необходимостью качественного деления зернового потока в многоканальных зерноочистительных технологиях, успешно решается с использованием разработанных авторегулируемых делителей [11-13], а для компенсации негативного влияния на технологический процесс нестабильной подачи зерносмеси в триерные блоки необходимы средства автоматизированного управления их работой. В ФГБНУ ВНИИТиН впервые найдено принципиально новое решение этой задачи [14], установлены взаимосвязи величин подачи (W) с оптимальными скоростными режимами работы (n) триера [15-17], но для воспроизведения этих взаимосвязей в автоматическом режиме необходим простой и надежный передаточный механизм. Обоснование его параметров по взаимосвязям $W_i = f(n_i)$ представляет собой актуальную научную задачу.

Материалы и методы. Исходной базой при обосновании параметров передаточного механизма послужили закономерности взаимосвязей: угла поворота ручки переменного резистора (β) и скоростного режима работы триера (n); величины подачи зерносмеси (W) с величиной управляющего воздействия (α); угла β с углом α во всем диапазоне изменения W. При расчете параметров управляющего и управляемого звеньев использовали методы теоретической механики и математического анализа. Проверку воспроизводимости оптимальных скоростных режимов (n) работы триера при различных подачах зерносмеси (W) производили статистическими методами.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований с использованием ручного способа управления процессом установлены оптимальные скоростные режимы (*n*) работы триера для интервально изменяемых подачи (*W*) и настройки выводного лотка по углу $\gamma_п$. Ручное управление скоростным режимом осуществлялось переменным резистором и частотным преобразователем, что позволило связать угол поворота ручки резистора с частотой тока (φ), частотой вращения цилиндра и подачей (*W*). Эти исследования позволили установить оптимальные (рациональные) скоростные режимы работы триера по комплексному критерию качества для каждого из интервальных значений *W*.

Затем для тех же значений *W* были экспериментально установлены вертикальные смещения (*h*) стабилизирующей емкости, углы поворота (α) вала клапанов делителя потока зерна [18], который был использован в качестве регулятора (второй канал перекрыт) и массы зерна в стабилизирующей емкости ($M_{ЗЕ}$) на моменты стабилизации процесса при различных *W*.

Величины *h*, α и $M_{ЗЕ}$ представляют собой управляющие воздействия, из которых α выбрано наиболее предпочтительным, так как управляемый объект (ручка поворота) резистора имеет идентичный характер движения с поворотом вала клапанов. Указанные выше взаимосвязи, необходимые для расчета параметров передаточного механизма, представлены в таблице 1, а на рисунке 1 графически подтверждена возможность считать функции $\varphi = f\ (W)$ линейными для каждого варианта настройки выводного лотка по углу $\gamma_п$.

Из таблицы 1 видно, что наибольший диапазон *W* с оптимальными показателями работы триера обеспечивается при $\gamma_п = 55°$. Нижний участок диапазона *W* при $\gamma_п = 35°$ не обеспечивается по показателю остаточной засоренности ($З_о$) зерна из-за частичной загрузки ячеистого цилиндра по длине, когда свободная его часть с некоторой вероятностью захватывает примесные частицы и забрасывает их в выводной лоток с чистым зерном. Тот же отрицательный эффект, хотя и в меньшей степени (меньше длина незагруженной части ячеистого цилиндра), проявляет себя и при $\gamma_п = 45°$ относительно горизонта.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования передаточного механизма

Положение лотка $\gamma_п$, град	Частота вращения цилиндра *n*, об/мин	Положение шибера	Подача зерна *W*, т/ч	***Смещение емкости (h), мм***	***Угол поворота (β) ручки резистора град***	Частота тока, Гц	Угол поворота вала клапанов (α), град
35	30	5	3,07	***53,25***	***154,8***	31,8	49,0
35	32	6	3,71	***57,0***	***165,2***	34,2	52,5
35	35	7	4,35	***59,0***	***178,5***	37,3	54,7
45	30	3	1,83	***44,25***	***154,8***	31,8	41,0
45	32	4	2,45	***49,0***	***164,3***	34,0	45,75
45	33	5	3,07	***53,25***	***169,9***	35,3	49,0
45	35	6	3,71	***57,0***	***178,5***	37,3	52,5
45	38	7	4,35	***59,0***	***190,2***	40,0	54,7
55	34	2	1,2	***37,5***	***172,1***	35,8	35,75
55	35	3	1,83	***44,25***	***178,5***	37,3	41,0
55	36	4	2,45	***49,0***	***181,6***	38,0	45,75
55	37	5	3,07	***53,25***	***186,7***	39,2	49,0
55	38	6	3,71	***57,0***	***191,1***	40,2	52,5
55	40	7	4,35	***59,0***	***199,7***	42,2	54,7

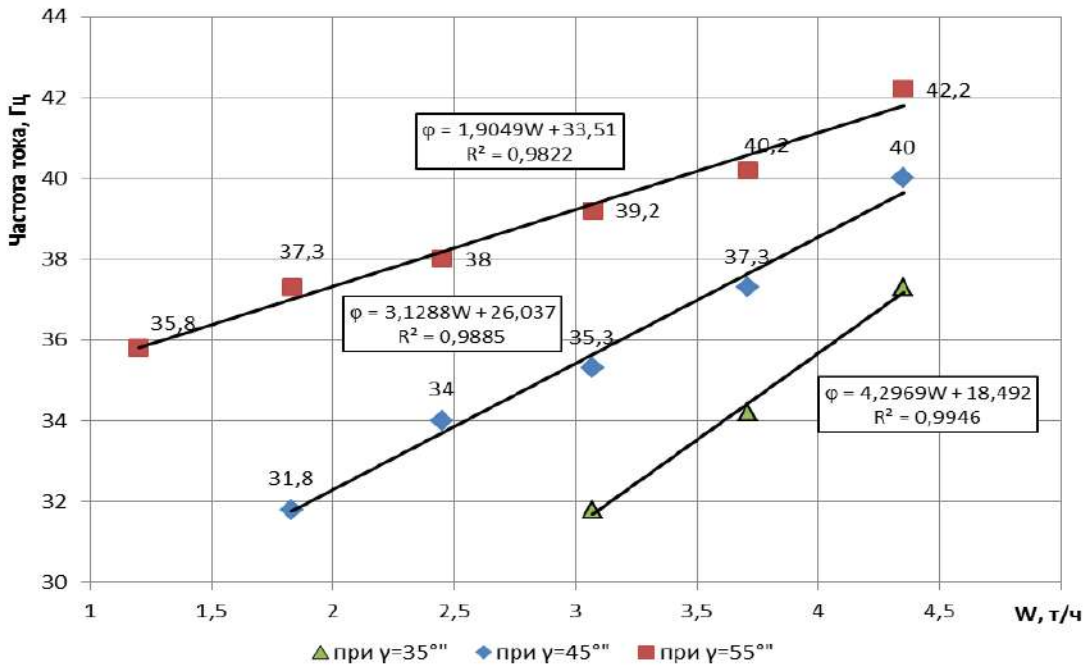


Рисунок 1 – Взаимосвязь частоты тока (φ) с подачей зерна (W) при оптимальных скоростных режимах работы триера

Показатели качества работы триера во взаимосвязи с режимами (n и W) при различных настройках выводного лотка $\gamma_п$ представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что настройка выводного лотка триера на $\gamma_п$ = 55° позволяет обеспечить приемлемый уровень качества работы триера во всем диапазоне изменения подач (W): $l_к$ = 84-100% полной длины ячеистого цилиндра ($L_ц$); технологические потери ($П$ = 0,66-2,63%) находятся на приемлемом уровне.

Таблица 2 – Взаимосвязь $l_к$ и $П$ с n и W при $\gamma_п$ = 35; 45 и 55°

Положение лотка ($\gamma_п$), град	Положение шибера	***Подача зерна (W), т/ч***	Частота вращения цилиндра (n), об/мин	***Частота тока, (φ), Гц***	Длина клина ($l_к$), см	Потери ($П$), %
35	5	***3,07***	30	***31,8***	200	0,39
35	6	***3,71***	32	***34,2***	215	0,49
35	7	***4,35***	35	***37,3***	200	0,52
45	3	***1,83***	30	***31,8***	225	0,98
45	4	***2,45***	32	***34,0***	220	0,83
45	5	***3,07***	33	***35,3***	220	0,82
45	6	***3,71***	35	***37,3***	215	0,49
45	7	***4,35***	38	***40,0***	195	0,5
55	2	***1,2***	34	***35,8***	225	2,63
55	3	***1,83***	35	***37,3***	190	0,98
55	4	***2,45***	36	***38,0***	220	1,13
55	5	***3,07***	37	***39,2***	210	0,82
55	6	***3,71***	38	***40,2***	215	0,87
55	7	***4,35***	40	***42,2***	215	0,66

На минимальной подаче (W = 1,2 т/ч) технологические потери несколько выше, чем при W = 1,83-4,35 т/ч. Однако полученное значение $П$ = 2,63% в 1,9 раз ниже допуска по технологическим потерям в сравнении с триером Р1-ББТ-700-8 (например), который выпускает предприятие АО «Мельинвест» (г. Нижний Новгород). В триерах с запасом номинальной производительности (например – БТ-8 и БТ-12, выпускаемых НПФ «Агромаш» в Новосибирской области) при снижении загрузки (W) часть ячеистой поверхности ($L_ц$ = 2,29-3,0 м) остается свободной, что создает риски увеличения остаточной засоренности зерна.

Из таблицы 1 следует, что при $\gamma_п$ = 55° диапазон подач зерна W = 1,2-4,35 т/ч обеспечивается приращением скоростного режима работы триера при повороте ручки резистора на угол:

$$\Delta\beta_{\Sigma} = \sum_{1}^{5} \Delta\beta_i = 199,7 - 172,1 = 27,6 \text{ град.} \quad (1)$$

Диапазон подач зерна в триер W = 1,2-4,35 т/ч обеспечивается при повороте вала клапанов на угол:

$$\Delta\alpha_{\Sigma} = \sum_{1}^{5} \Delta\alpha_i = 54,7 - 35,75 \approx 19 \text{ град.} \quad (2)$$

Характер взаимосвязей углов β и α в зоне авторегулирования при различных вариантах аппроксимации представлен на рисунках 2 и 3. Различные аппроксимирующие функции использованы для оценки достоверности формализации фактической взаимосвязи углов β и α с целью возможного упрощения конструкции передаточного механизма.

Из рисунка 2 видно, что достоверность аппроксимации взаимосвязи $\beta = f_1(\alpha)$ достаточно высокая для того, чтобы ее воспроизвести передаточным механизмом и рассчитывать на объективную корректировку скоростного режима (n) работы триера в зависимости от подачи (W) зерна в триер. Однако, полином второй степени позволяет с большей достоверностью аппроксимировать функцию $\beta = f_2(\alpha)$, рисунок 3. Необходимость воспроизведения функции $\beta = f_2(\alpha)$ передаточным механизмом, когда отклик авторегулируемой системы управления скоростным режимом будет более точным, продиктована высокой чувствительностью к нему результативных показателей ($З_о$, $П$).

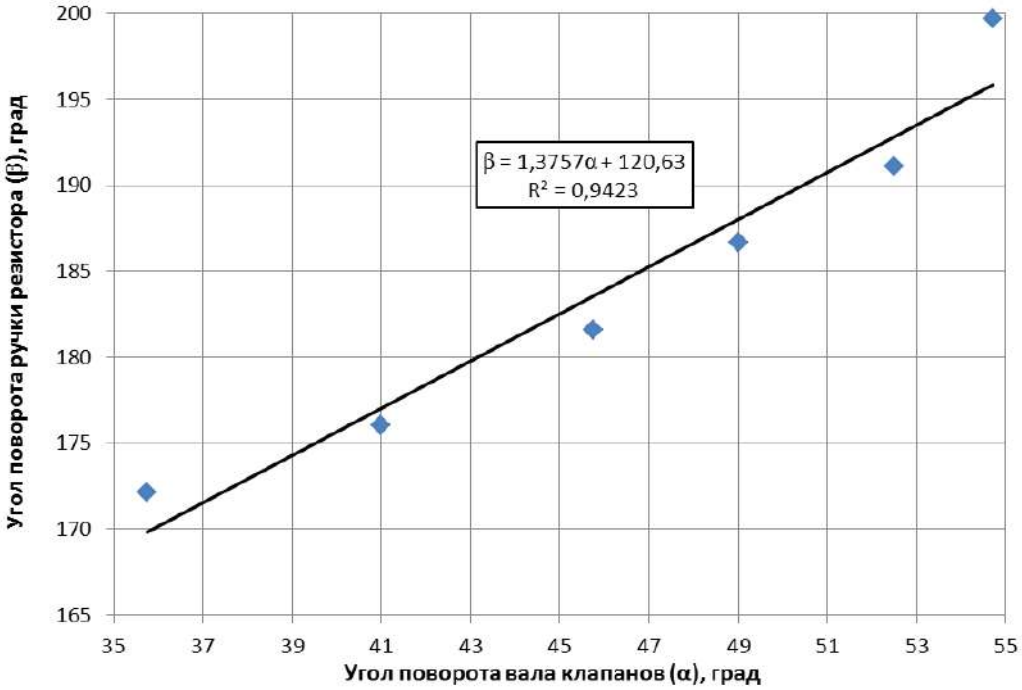


Рисунок 2 – Взаимосвязь углов поворота ручки переменного резистора и вала клапанов при линейной аппроксимации

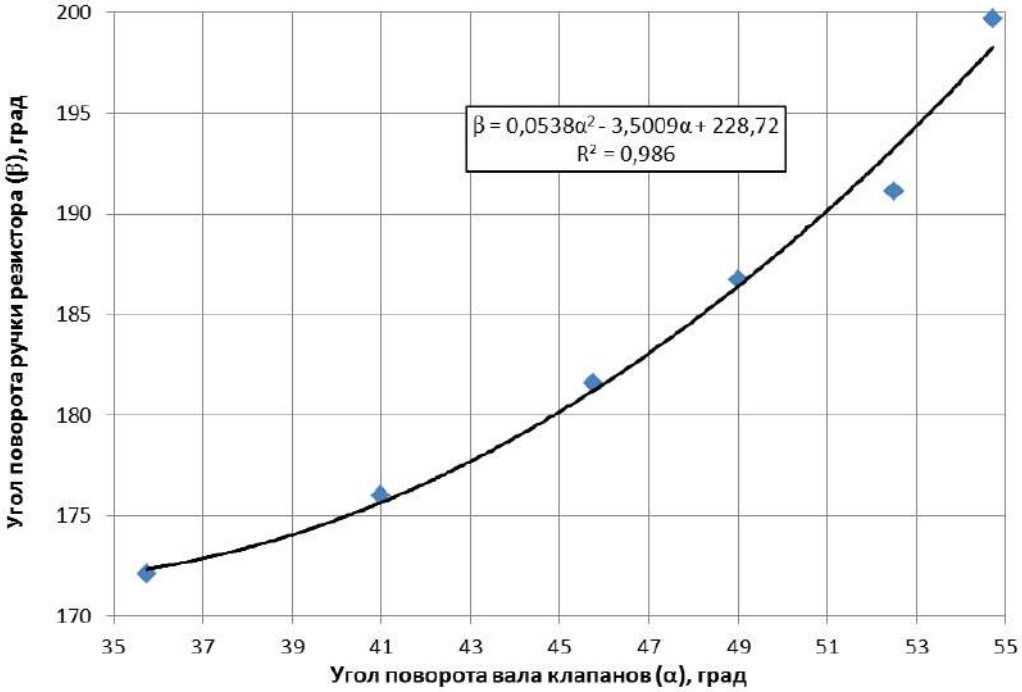


Рисунок 3– Взаимосвязь углов поворота ручки переменного резистора и вала клапанов при аппроксимации полиномом 2-ой степени

Анализ функции $\beta = f_2(\alpha)$ показывает, что ее первая производная $f_2^{/} = d\beta / d\alpha$ постоянно возрастает. Это подтверждается данными таблицы 1, откуда видно, что при интервальном изменении W приращение углов $\sum_1^5 \Delta\beta_i$ опережает приращение углов $\sum_1^5 \Delta\alpha_i$. Расчеты показывают, что соотношение суммарных приращений составляет:

$$\sum_1^5 \Delta\beta_i / \sum_1^5 \Delta\alpha_i = 1,456. \quad (3)$$

Для анализа и формализации изменения соотношений во всем диапазоне поворота управляемого и управляющего звеньев принято:

$$(\Delta\beta_i / \Delta\alpha_i)_{\min} = 1,4. \quad (4)$$

Кроме того, для обоснования передаточного механизма необходимо принять во внимание следующие предпосылки:

− перед началом подачи зерна в триер он включен на оптимальный скоростной режим для $W = W_{\min} = 1,2$ т/ч → $n_{опт} = 34$ об/мин при $\gamma_п = 55°$;

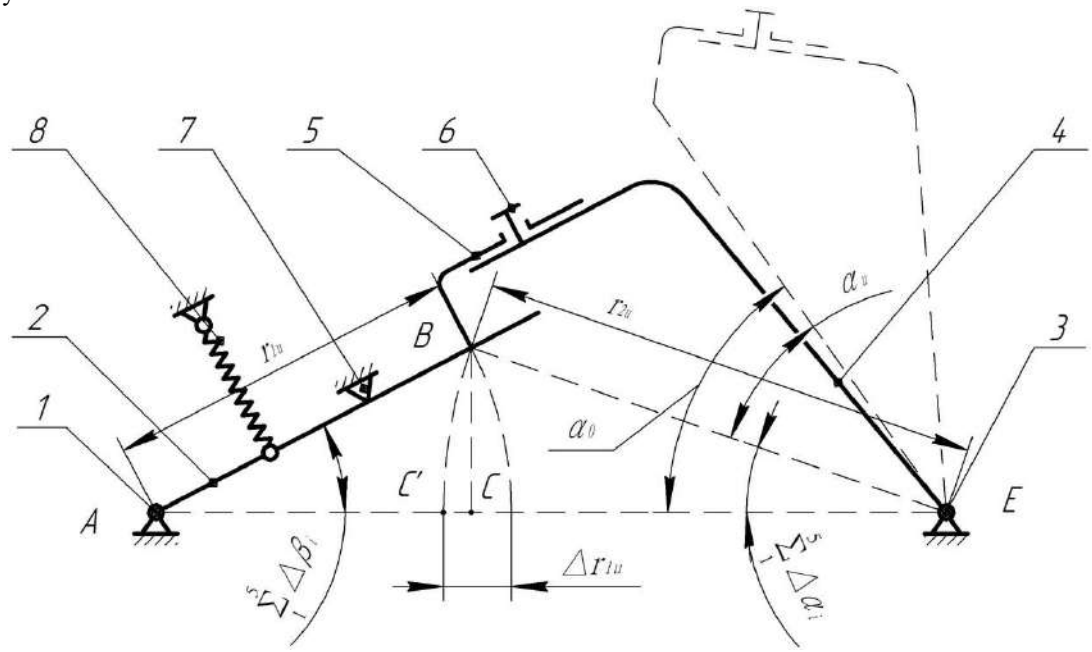
− величина минимальной подачи ($W = 1,2$ т/ч) обеспечивается при повороте вала клапанов на угол $\chi = 35,75°$;

− при этом ручка поворота резистора повернута на угол 172,1 град (получено опытным путем), при котором частотный преобразователь подает на привод частоту тока $\varphi = 37,5$ Гц;

− в повернутом на 172,1° ручка резистора расположена поворотным рычагом (управляемым звеном) под углом 27,6° к горизонту и удерживается в этом положении возвратной пружиной на регулируемом упоре;

− поворотный рычаг, закрепленный на клапанном валу и выполняющий роль управляющего звена, установлен под углом к горизонту: $\alpha_о = \chi + \sum_{1}^{5} \Delta\alpha_i = 35{,}75 + 19 = 54{,}75°$;

− по мере наполнения стабилизирующей емкости регулятора [18] зерном клапанный вал с управляющим звеном поворачивается на угол 35,75° и приходит в контакт с управляемым звеном, рисунок 4.



1 – ручка резистора; 2 – управляемое звено; 3 – вал клапанов регулятора; 4 – управляющее звено;
5 – копир; 6 – фиксатор; 7 – ограничитель; 8 – возвратная пружина
Рисунок 4 – Расчетная схема передаточного механизма

Передаточный механизм работает следующим образом. Управляемое звено 2, закрепленное на ручке резистора 1, устанавливается в исходном положении ($\Delta\beta_\Sigma = 27{,}6°$), прижимаясь возвратной пружиной 8 к фиксатору 7. Управляющее звено 4 закреплено на валу клапана регулятора 3 в исходном положении ($\alpha_о = 54{,}75°$), когда стабилизирующая емкость регулятора имеет нулевое смещение по высоте, поворот вала клапанов при этом также имеет нулевое значение, а клапаны в отводах расположены горизонтально. В исходном положении управляемое звено 2 соответствует положению ручки резистора, повернутой на 172,1°, при котором обеспечивается оптимальный скоростной режим (n = 34 об/мин) работы триера при W = 1,2 т/ч и $\gamma_п = 55°$. С момента включения подачи зерна в стабилизирующую емкость регулятора (по мере ее накопления) управляющее звено 2, закрепленное на валу клапанов регулятора 3, начинает вместе с ним поворачиваться против часовой стрелки. После его поворота на угол $\alpha_и = 35{,}75°$, который обеспечивает живое сечение в отводе регулятора, достаточное для подачи W = 1,2 т/ч (минимальной подачи). В этот момент копир 5 управляющего звена 4 начинает контактировать (точка B) с управляемым звеном 2. С ростом подачи в диапазоне W = 1,2-4,35 т/ч управляющее звено 4 поворачивается дополнительно на угол $\Delta\alpha_\Sigma = 19°$, а управляемое звено 2 – на 27,6°, обеспечивая корректировку скоростного режима (n) работы триера.

В момент контакта копира 5 управляющего звена 4 с управляемым звеном 2 в точке B исходное передаточное соотношение составляет (оно обосновано выше):

$$n_и = r_{2и} / r_{1и} = 1{,}4. \quad (5)$$

При этом исходные линейные параметры звеньев передаточного механизма выбраны следующими:

$$r_{1и} = AB = 50 \text{ мм}; \; r_{2и} = BE = 70 \text{ мм}. \quad (6)$$

Расстояние (AE) между ручкой резистора 1 и валом клапанов регулятора 3 будет:

$$AE = AC + CE = 50 \text{ x } \cos 27{,}6° + 70 \text{ x } \cos 19° = 44 + 66 = 110 \text{ мм}. \quad (7)$$

Проверку обоснованности выбранных линейных размеров звеньев (AB и BE) передаточного механизма возможно произвести по расчетному значению угла $\alpha_р$ и его сравнению с заданными $\sum_{1}^{S} \Delta\alpha_i$ = 19°. Для этого определим величину:

$$BC = AB \text{ x } \sin 27{,}6° = 50 \text{ x } 0{,}46 = 23 \text{ мм}. \quad (8)$$

Тогда расчетное значение:

$$\alpha_р = arcsin\,(BC/BE) = arcsin\,(23/70) = 19{,}14° \approx 19°. \quad (9)$$

С учетом (9) выбор линейных размеров (AB и BE) следует считать обоснованным.

Для оценки передаточных соотношений во всем диапазоне корректировки скоростного режима работы триера необходимо определить величину «угона» управляемого звена 2 при его скользящем контакте с управляющим звеном 4:

$$\Delta r_{1и} = r_{1и} - AC^{/} = r_{1и} - (AE - r_{2и}) = 50 - (110 - 70) = 10 \text{ мм}. \quad (10)$$

Тогда величина конечного передаточного соотношения будет:

$$n_к = r_{2и} / (r_{1и} - \Delta r_{1и}) = 70 / (50 - 10) = 1{,}75 \quad (11)$$

По обоснованным выше параметрам был разработан и изготовлен передаточный механизм, рисунок 5.

Рисунок 5 – Общий вид передаточного механизма системы авторегулируемого управления работой триера

Выводы. В качестве управляющего воздействия следует выбирать угол поворота вала клапанов регулятора, который имеет высокую корреляционную связь с подачей. Соотношение длин управляемого и управляющего поворотных звеньев передаточного механизма, изменяемое в диапазоне 1,4 – 1,75 при скользящем контакте между ними, обеспечивает качественную корректировку скоростного режима работы триера по изменяемой подаче зерносмеси – среднее отклонение воспроизводимых режимов работы в автоматическом режиме не превышает 1,2% от оптимальных значений.

Список литературы

1. Тарасенко, А.П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко, М.Э. Мерчалова, И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. – Вып. 3(22). – С. 22-25.

2. Тарасенко, А.П. Снижение травмирования зерна при послеуборочной обработке /А.П. Тарасенко [и др] // Вестник аграрной науки Дона. − 2019. − № 1(45). – С. 63-68.

3. Полетаев, С.В. Триеры / С.В. Полетаев. – М.: Л.: Госкомиздат, 1932. – 95 с.

4. Тишанинов, Н.П. Модернизация импортных зерноочистительных технологий / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2019. – № 4 (40). – С. 12-18.

5. Федоренко, В.Ф. Зерноочистка – состояние и перспективы. / В.Ф. Федоренко, Е.П. Ревякин – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2006. – 204 с.

6. Завражнов, А.И. Модернизация технологии подработки зерна путем применения авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов / А.И. Завражнов, К.Н. Тишанинов / Научно-теоретический журнал – «Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук». − № 3. – 2008. – С. 56-59.

7. Анашкин, А.В. Взаимосвязь параметров зернового слоя в овсюжном цилиндре с подачей зерносмеси / А.В. Анашкин / Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии, и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференции, 23-24 сентября 2015г.– Тамбов: Из-во Першина Р.В., 2015. – С. 96-99.

8. Тишанинов, К.Н. Результаты исследования качества разделения потока сыпучих материалов / К.Н. Тишанинов / Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники. Сб. научных трудов ГНУ ВИИТиН, вып. 7. – Тамбов. – 2005. – С. 56-62.

9. Тишанинов, К.Н. Методика исследования процесса разделения потока сыпучих материалов / К.Н. Тишанинов / Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники. Сб. научных трудов ГНУ ВИИТиН, вып. 7. – Тамбов. – 2005. – С. 46-55.

10. Тишанинов, К.Н. Результаты исследования соотношения расходов и диапазонов стабилизирующих высот сыпучего материала в регулирующей подвижной емкости / К.Н. Тишанинов / Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники. Сб. научных трудов ГНУ ВИИТиН, вып. 13. – Тамбов. – 2007. – С.101-113.

11. Тишанинов, Н.П. Новые резервы управления качеством очистки зерна / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 2013, Том 1. − С. 266-272.

12. Тишанинов, Н.П. Новые делители потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 30-36.

13. Тишанинов, Н.П. Многоканальные делители потока зерна / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 40.

14. Патент РФ № 2737754. Триер / Тишанинов Н.П. – Заявка № 2020121894 от 26.06.2020; опубл.: 26.06.2020, Бюл. № 34.

15. Тишанинов, Н.П. Параметры работы триера при минимальном угле подъема кромки выводного лотка / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, С.В. Емельянович // Наука в центральной России. – 2021. – № 5 (53). – С. 5-12.

16. Тишанинов, Н.П. Результаты поисковых исследований триера с авторегулируемым управлением / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, С.В. Емельянович // Наука в центральной России. – 2021. – № 5 (53). – С. 12-18.

17. Тишанинов, Н.П. Обеспечение качества триерной очистки зерна за счет авторегулирования режимов работы / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, С.В. Емельянович // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 4(56). – С. 67-75.

18. . Патент РФ № 2341954. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Завражнов А.И., Тишанинов К.Н. – Заявка № 2006146774 от 26.12.2006; опубл.: 27.12.2008, Бюл. № 36.

References

1. Tarasenko, A.P. Sovershenstvovanie tekhnologii posleuborochnoj obrabotki zerna / A.P. Tarasenko, M.E. Merchalova, I.V. Baskakov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – Vyp. 3(22). – S. 22-25.

2. Tarasenko, A.P. Snizhenie travmirovaniya zerna pri posleuborochnoj obrabotke /A.P. Tarasenko [i dr] // Vestnik agrarnoj nauki Dona. − 2019. − № 1(45). – S. 63-68.

3. Poletaev, S.V. Triery / S.V. Poletaev. – M.: L.: Goskomizdat, 1932. – 95 s.

4. Tishaninov, N.P. Modernizaciya importnyh zernoochistitel'nyh tekhnologij / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 4 (40). – S. 12-18.

5. Fedorenko, V.F. Zernoochistka – sostoyanie i perspektivy. / V.F. Fedorenko, E.P. Revyakin – M.: FGNU «Rosinformagrotekh». – 2006. – 204 s.

6. Zavrazhnov, A.I. Modernizaciya tekhnologii podrabotki zerna putem primeneniya avtoreguliruemyh delitelej potoka sypuchih materialov / A.I. Zavrazhnov, K.N. Tishaninov / Nauchno-teoreticheskij zhurnal – «Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk». − № 3. – 2008. – S. 56-59.

7. Anashkin, A.V. Vzaimosvyaz' parametrov zernovogo sloya v ovsyuzhnom cilindre s podachej zernosmesi / A.V. Anashkin / Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skohozyajstvennoj produkcii – novye tekhnologii, i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnyh dokladov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 23-24 sentyabrya 2015g.– Tambov: Iz-vo Pershina R.V., 2015. – S. 96-99.

8. Tishaninov, K.N. Rezul'taty issledovaniya kachestva razdeleniya potoka sypuchih materialov / K.N. Tishaninov / Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Sb. nauchnyh trudov GNU VIITiN, vyp. 7. – Tambov. – 2005. – S. 56-62.

9. Tishaninov, K.N. Metodika issledovaniya processa razdeleniya potoka sypuchih materialov / K.N. Tishaninov / Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Sb. nauchnyh trudov GNU VIITiN, vyp. 7. – Tambov. – 2005. – S. 46-55.

10. Tishaninov, K.N. Rezul'taty issledovaniya sootnosheniya raskhodov i diapazonov stabiliziruyushchih vysot sypuchego materiala v reguliruyushchej podvizhnoj emkosti / K.N. Tishaninov / Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Sb. nauchnyh trudov GNU VIITiN, vyp. 13. – Tambov. – 2007. – S.101-113.

11. Tishaninov, N.P. Novye rezervy upravleniya kachestvom ochistki zerna / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin / Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii, Minsk, 2013, Tom 1. − S. 266-272.

12. Tishaninov, N.P. Novye deliteli potoka sypuchih materialov / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, K.N. Tishaninov // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 1. – S. 30-36.

13. Tishaninov, N.P. Mnogokanal'nye deliteli potoka zerna / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Sel'skij mekhanizator. – 2015. – № 8. – S. 40.

14. Patent RF № 2737754. Trier / Tishaninov N.P. – Zayavka № 2020121894 ot 26.06.2020; opubl.: 26.06.2020, Byul. № 34.

15. Tishaninov, N.P. Parametry raboty triera pri minimal'nom ugle pod"ema kromki vyvodnogo lotka / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, S.V. Emel'yanovich // Nauka v central'noj Rossii. – 2021. – № 5 (53). – S. 5-12.

16. Tishaninov, N.P. Rezul'taty poiskovyh issledovanij triera s avtoreguliruemym upravleniem / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, S.V. Emel'yanovich // Nauka v central'noj Rossii. – 2021. – № 5 (53). – S. 12-18.

17. Tishaninov, N.P. Obespechenie kachestva triernoj ochistki zerna za schet avtoregulirovaniya rezhimov raboty / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, S.V. Emel'yanovich // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2021. – № 4(56). – S. 67-75.

18. Patent RF № 2341954. Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov / Zavrazhnov A.I., Tishaninov K.N. – Zayavka № 2006146774 ot 26.12.2006; opubl.: 27.12.2008, Byul. № 36.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Тишанинов Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Емельянович Сергей Владимирович – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: seruvarovo@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Nikolaj Petrovich – doktor tekhnicheskih nauk, professor, glavnyj nauchnyj sotrudnik Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo nauchnogo uchrezhdeniya «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve», g. Tambov, e-mail: vniitinlab5@mail.ru.

Emel'yanovich Sergej Vladimirovich – mladshij nauchnyj sotrudnik Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo nauchnogo uchrezhdeniya «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve», g. Tambov, e-mail: seruvarovo@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 04.03.2022 Принята к публикации (Accepted): 06.03.2022

УДК 621
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-2-51-60

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ АПК

[1]Зорин Александр Сергеевич
[1,2,3]Родионов Юрий Викторович
[1,2,3]Никитин Дмитрий Вячеславович
[3]Скоморохова Анастасия Игоревн

[1]ООО «Техлайн», г. Тамбов
[2]ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск
[3]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Реферат. *Задачи прототипирования с помощью трехмерной печати актуальны для нужд АПК, где требуется постоянная модернизация существующего оборудования и разработка новых конструкций, способствующих повышению производительности. Рассмотрена печать конструктивных элементов жидкостнокольцевого вакуумного насоса, который используется в процессах переработки сельскохозяйственного сырья. Изготовление прототипов конструктивных элементов одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса осуществлялось на 3D принтере Flying bear ghost 5 (рис. 1) посредством технологии FDM. Определен наиболее оптимальный набор параметров печати методом моделирования послойным наплавлением. Выбранные режимы обеспечивают требуемые качественные показатели прототипа жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Рассматриваются следующие параметры: высота слоя, температуры сопла экструдера и рабочего стола, обдув в процессе печати, скорость, процент заполнения и необходимость поддержек. Проведен анализ влияния каждого из параметров на характеристики готового изделия. Установлено, что для получения данных конструктивных элементов без серьезных дефектов при минимальном расходе материала и*