Коновский Валерий Викторович – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г.Тамбов, e-mail: witin4@rambler.ru.

Першин Илья Александрович – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г.Тамбов, e-mail: ilya_pershin@internet.ru.

Author credentials

Affiliations

Erokhin Gennady – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Konovskiy Valery - Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Perchin Ilya - junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: ilya_pershin@internet.ru.

Поступила в редакцию (Received): 10.02.2022 Принята к публикации (Accepted): 20.02.2022

УДК 631.362.34

DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-41-49

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОДАЧИ ЗЕРНОСМЕСИ В АВТОРЕГУЛИРУЕМЫЙ ТРИЕР С ВЕЛИЧИНАМИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

[1]Тишанинов Николай Петрович

[1]Емельянович Сергей Владимирович

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

Реферат. *Обоснована необходимость корректировки скоростного режима работы триера в авторегулируемом режиме. Выявлены и оценены три стабильно связанные с величиной подачи зерносмеси в триер управляющие воздействия. Разброс их значений оценивается коэффициентом вариации – 0,40-0,77%, что предопределяет надежность функционирования предложенной авторегулируемой системы управления работой триера. Наиболее подходящим управляющим воздействием для использования в передаточном механизме является поворотное движение вала клапанов авторегулируемого делителя потока зерна – оно идентично движению ручки резистора. Установлено, что в диапазоне подач зерносмеси в триер W = 1,2-4,35 т/ч вал клапанов поворачивается на угол α = 19°. При меньшей подаче W_{min} = 0,63 т/ч не обеспечивается качество технологического процесса. Масса зерносмеси ($M_{ЗЕ}$) в стабилизирующей емкости авторегулируемого делителя в указанном диапазоне W возрастает с убывающей интенсивностью, так как с нарастающим приращением изменяется живое сечение отводов по углу α. Взаимосвязь вертикального смещения стабилизирующей емкости и угла поворота вала клапанов с величиной $M_{ЗЕ}$ линейная. Взаимосвязь α = f (W) оценивается коэффициентом корреляции R^2 = 0,9993. Этот уровень взаимосвязи управляющего воздействия с режимом работы триера превосходит все известные решения, где в качестве контроля интенсивности потока сыпучих материалов используются датчики давления.*

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

RELATIONSHIP OF THE SUPPLY OF GRAIN MIXTURE TO THE AUTOADJUSTABLE TRIER WITH THE VALUES OF CONTROL INFLUENCES

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

Abstract. *The necessity of adjusting the speed mode of the trier in the autoregulated mode is substantiated. Three control actions stably associated with the amount of grain mixture supply to the trier are identified and evaluated. The spread of their values is estimated by the coefficient of variation - 0.40-0.77%, which predetermines the reliability of the functioning of the proposed auto-adjustable control system for the operation of the trier. The most suitable control action for use in the transmission mechanism is the rotary movement of the valve shaft of an auto-adjustable grain flow divider - it is identical to the movement of the resistor knob. It has been established that in the range of grain mixture feeds into the trier W = 1.2-4.35 t/h, the valve shaft rotates through an angle α = 19°. With a lower feed Wmin = 0.63 t/h, the quality of the technological process is not ensured. The mass of the grain mixture (MZU) in the stabilizing tank of the auto-adjustable divider in the specified range W increases with decreasing intensity, since the free section of the bends along the angle α changes with increasing increment. The relationship between the vertical displacement of the stabilizing tank and the angle of rotation of the valve shaft with the MSE value is linear. The relationship α = f (W) is estimated by the correlation coefficient R2 = 0.9993. This level of interrelation of the control action with the operating mode of the trier exceeds all known solutions, where pressure sensors are used as control of the intensity of the flow of bulk materials.*

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

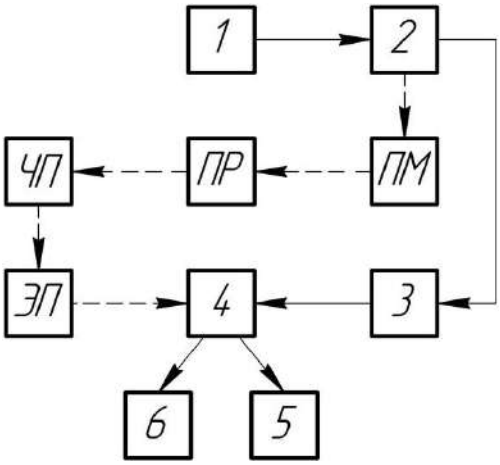
Введение. Использование триерных технологий с оценкой по качественным показателям в реальных условиях эксплуатации остается на низком уровне – высока доля технологических потерь, уровень остаточной засоренности зерна не соответствует существующим требованиям [1, 2]. Причинами высоких технологических потерь являются: превышение подачи зерна в триерный цилиндр относительно скоростного режима работы и завышение угла подъема верхней кромки передней стенки выводного лотка относительно подачи. Причиной повышенной остаточной засоренности зерна является недогруз ячеистого цилиндра, при котором часть рабочей поверхности остается свободной (условно) и на этом участке примесные частицы, обладающие связностью, захватываются ячеями и направляются в выводной лоток с чистым зерном [3].

Кроме того, возможности выбора оптимальных режимов работы триера и его настроечных параметров усложняются чрезвычайным разнообразием свойств исходного зернового вороха. В нем содержится множество видов засорителей, различающихся по своим физико-механическим свойствам, а зерно основной культуры может быть полноценным, недозрелым, дробленым, травмированным, щуплым, в пленке [4, 5].

Однако основной причиной низкого качества работы триеров является отсутствие эффективных средств управления загрузкой ячеистых цилиндров в многоканальных зерноочистительных технологиях (авторегулируемых делителей исходного потока зерна по технологическим каналам). По этой причине авторам исследований процессов триерной очистки зерна [6-10] не удалось установить объективных взаимосвязей режимов работы и настроечных параметров триеров с качественными показателями процесса. Возможности установления этих связей появились с созданием в ФГБНУ ВНИИТиН семейства авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов и специального стендового оборудования [11-13]. С использованием созданной экспериментальной базы впервые получены важнейшие закономерности протекания процессов триерной очистки зерна [14-16]. Однако, компенсация отрицательного 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, разработанной и изготовленной в ФГБНУ ВНИИТиН. В качестве регулятора – идентификатора подачи зерносмеси в триер использовали авторегулируемый делитель потока зерна с пружинной грузовоспринимающей системой, один канал которого был заблокирован. Величину подачи, изменяли с помощью оттарированного бункера-дозатора. Контроль управляющих воздействий (силовое, линейное перемещение, угловое перемещение) осуществляли соответственно электронными весами, линейкой, угломером.

Результаты и их обсуждение. Технологическая схема триера с авторегулированием скоростного режима работы в зависимости от подачи показана на рисунке 1 (Патент РФ № 2737754).



1 – перевалочная нория; 2 – авторегулируемый делитель потока зерна; 3 – питатель; 4 – триер;
5 – бункер чистого зерна; 6 – бункер отходов; ПМ – передаточный механизм; ПР- переменный резистор; ЧП – частотный преобразователь; ЭП - электропривод
Рисунок 1 – Схема процесса триерной очистки зерна

Стабильность и воспроизводимость характеристик управляющих воздействий является главным условием надежного функционирования авторегулируемых систем. Если управляющие воздействия или их связи с управляемыми объектами «размыты», то это многократно усложняет авторегулируемую систему и понижает качество ее работы.

В предложенной системе управления технологическим процессом триерной очистки зерносмеси используется авторегулируемый делитель потока сыпучих материалов, обеспечивающий взаимосвязь загрузки триера с управляющими воздействиями. При этом видов управляющих воздействий, пригодных и необходимых для универсального использования делителя (делитель, расходомер, регулятор, счетчик, питатель, дозатор), несколько: вес зерна в стабилизирующей емкости; вертикальное смещение стабилизирующей емкости; угол поворота клапанного вала. В предложенном нами решении и других авторегулируемых системах разработанные ФГБНУ ВНИИТиН авторегулируемые делители потока сыпучих материалов с пружинной грузовоспринимающей системой (патенты РФ №№ 2341954, 2412582, 2437271, 2525728, 2549284, 2578102) могут использоваться в качестве регулятора скоростного режима работы.

Все указанные управляющие воздействия имеют исключительно высокую корреляционную связь с величиной подачи зерна в авторегулируемый делитель, что кардинально отличает предложенную систему от всех вариантов контроля и управления падающих потоков сыпучих материалов по их динамическому воздействию на опорные поверхности, снабженные контрольными датчиками [17, 18]. В этих системах контролируемые параметры случайно изменяются по времени и месту воздействия, стабилизировать или «отфильтровать» которые не представляется возможным.

В предложенной системе авторегулируемого управления триерами обоснованно выбрано управляющее воздействие, наиболее подходящее для конструктивного исполнения передаточного механизма. В качестве передаточного механизма нами использованы два поворотных рычага со скользящим контактом между собой и переменный резистор, который управляется одним из поворотных рычагов и связан с частотным преобразователем, обеспечивающим корректировку скоростного режима работы триера. Поэтому в качестве управляющего воздействия нами выбран поворот вала регулирующих клапанов. Результаты исследований взаимосвязей величины подачи зерна в авторегулируемый делитель с величинами управляющих воздействий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь подачи (W) с величинами управляющих воздействий ($M_{ЗЕ}$, h, α)

№ п/п	Подача		Смещение (h), мм	Высота слоя ($H_{сл}$), см	Угол поворота вала клапанов (α), град	Масса зерна в емкости ($M_{ЗЕ}$), кг
	Положение шибера	W, т/ч				
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	1	0,63	30	19	29	9,13
	1	0,63	29,5	19	29	9,39
	1	0,63	29,5	19	29	9,18
2	2	1,2	37,5	22	36	11,77
	2	1,2	37,5	22	35,5	11,70
3	3	1,83	44,5	24,5	41,0	13,35
	3	1,83	44,0	24,5	41,0	13,5
4	4	2,45	49,0	27,0	45,5	14,95
	4	2,45	49,0	27,0	46,0	15,07
5	5	3,07	53,5	28,5	49,0	16,12
	5	3,07	53,0	28,5	49,0	16,20
6	6	3,71	57,5	30,0	52,5	17,29
	6	3,71	56,5	29,5	52,5	17,19
7	7	4,35	59,0	31,0	54,5	18,38
	7	4,35	59,5	31,0	55,0	17,94
	7	4,35	59,0	31,0	54,5	17,94

Данные таблицы 1 подтверждают высокую степень корреляционной связи величины подачи со всеми управляющими воздействиями. Так, например, при минимальной подаче W = 0,63 т/ч разброс величин вертикального смещения стабилизирующей емкости, оцениваемый коэффициентом вариации (v), составляет 0,79%, а для максимальной подачи W = 4,35 т/ч коэффициент вариации составляет 0,4%.

В повторностях замеров угла поворота вала клапанов при минимальной подаче W = 0,63 т/ч отклонений не наблюдалось, то есть, погрешность находится в пределах ошибки измерений. При максимальной подаче зерна в авторегулируемый делитель W = 4,35 т/ч разброс замеров угла поворота вала клапанов оценивается величиной v = 0,43%. Указанные выше статистические оценки свидетельствуют о высоком уровне подготовки экспериментальных работ. Взаимосвязь массы зерна в стабилизирующей емкости ($M_{ЗЕ}$) с подачей (W) представлена на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что с ростом W величина $M_{ЗЕ}$ увеличивается с убывающей интенсивностью. Рост $M_{ЗЕ}$ объясняется тем, что период стабилизации процесса, когда наступает равенство W с отводимым потоком W_0, увеличивается по времени с ростом подачи, в течение которого зерно накапливается в стабилизирующей емкости. Падение интенсивности прироста $M_{ЗЕ}$ объясняется тем, что по мере роста W и, как следствие, периода стабилизации процесса величина отводимого потока (W_0) растет.

Взаимосвязь $M_{ЗЕ} = f_1$ (W) подтверждается аналитически. Величину подачи можно представить суммой интенсивности накопления зерна в стабилизирующей емкости ($W_{ЗЕ}$) и интенсивности отводимого потока:

$$W = W_{ЗЕ} + W_0 \quad (1)$$

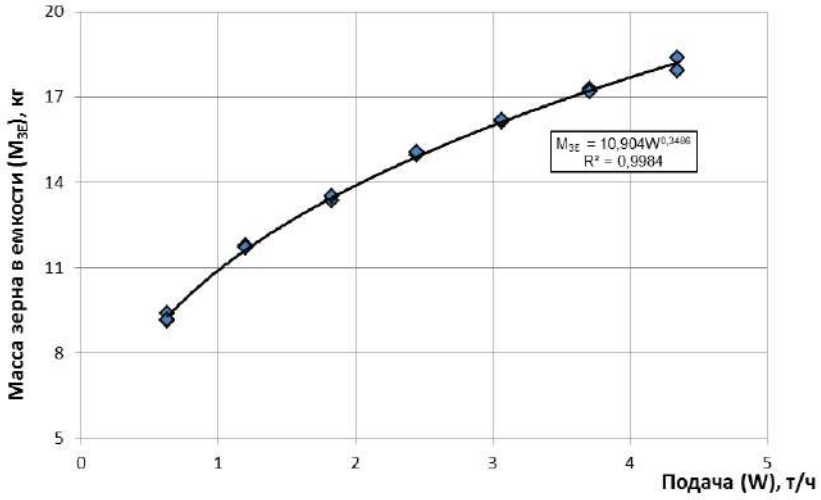
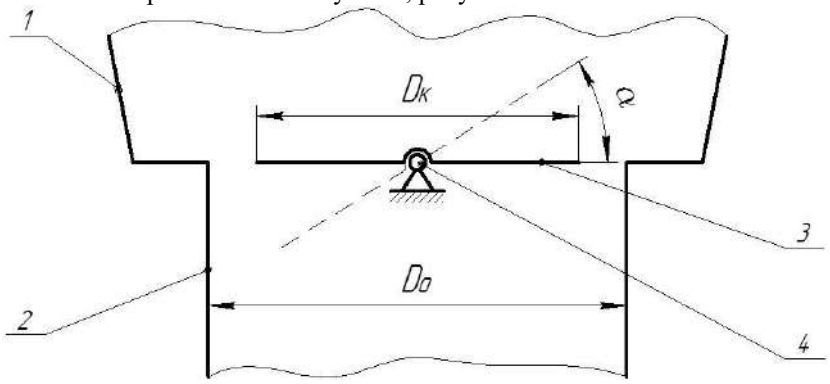


Рисунок 2 – Взаимосвязь $M_{3E} = f_1(W)$

Величину W_0 можно представить суммой расходов через зазор в отводе (W_3) и через возрастающее живое сечение от поворота клапана на угол α, рисунок 3.



1 – стабилизирующая емкость; 2 – отвод; 3 – клапан; 4 – вал клапана
Рисунок 3 – Расчетная схема

$$W_0 = W_3 + q\frac{\pi(D_0^2 - D_к^2\cos\alpha)}{4}, \quad (2)$$

где q – плотность массового расхода, кг/м^2.

Из уравнения (2) видно, что с ростом α второе слагаемое правой части увеличивается, подтверждая при этом интенсификацию отвода зерна (W_0) и снижение интенсивности прироста M_{3E}. Взаимосвязь вертикального смещения стабилизирующей емкости (h) от массы зерна (M_{3E}), накопленной в ней за период стабилизации процесса, представлена на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что при минимальном разбросе измерений M_{3E} в повторных опытах (v = 1,15-1,22%) взаимосвязь $h = f_2(M_{3E})$ является линейной с корреляцией R^2 = 0,9967. Такой уровень корреляции взаимосвязи $h = f_2(M_{3E})$ создает предпосылки высокой надежности систем авторегулирования процессов, где будут использованы делители потока сыпучих материалов с пружинной грузовоспринимающей системой в качестве регуляторов. Линейный характер взаимосвязи $h = f_2(M_{3E})$ обусловлен характеристиками пружин, суммарная жесткость которых составляет C = 3 кгс/см (3000 Н/м).

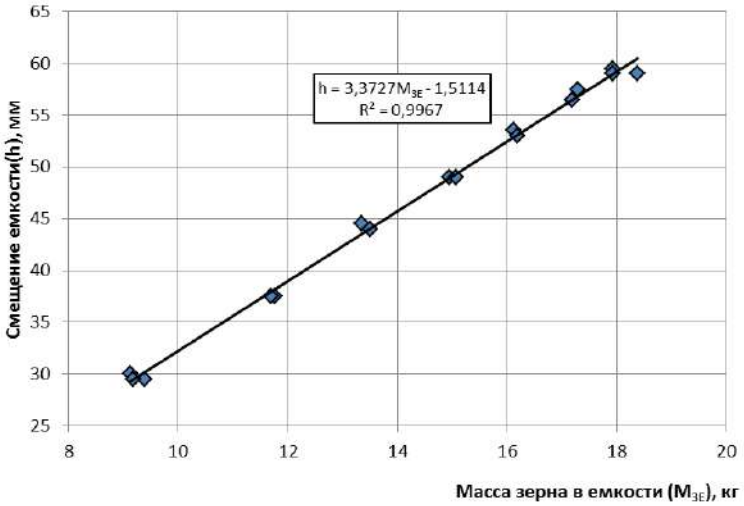


Рисунок 4 – Взаимосвязь $h = f_2(M_{3E})$

Характер взаимосвязей $h = f_3(W)$ и $\alpha = f_4(W)$, представленный на рисунке 5, аналогичен взаимосвязи $M_{3E} = f_1(W)$, представленной на рисунке 2, по причине исключительно высокой корреляционной связи между собой всех управляющих воздействий − M_{3E}, h и α. С ростом W в диапазоне 0,63-4,35 т/ч величины h и α также возрастают с убывающей интенсивностью в диапазонах соответственно – 30-59 мм и 29-54,5 град.

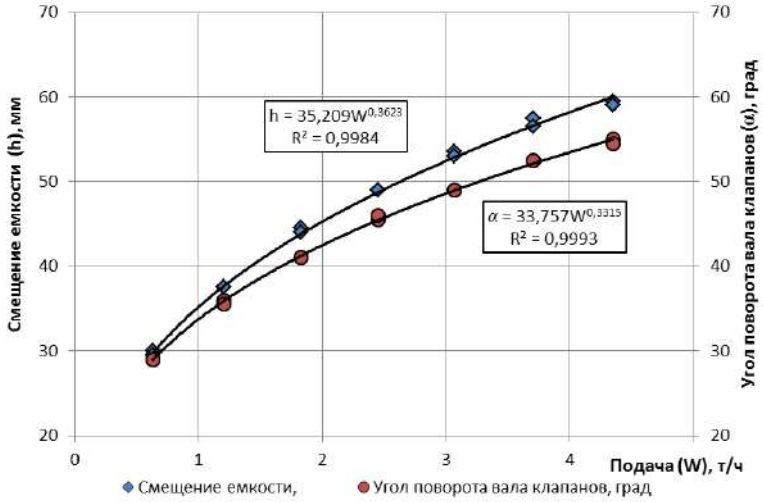


Рисунок 5 – Взаимосвязь $h = f_3(W)$ и $\alpha = f_4(W)$

Выводы. Для компенсации изменчивых условий формирования, деления и подачи зерновых потоков в технологические каналы триеров необходима корректировка скоростных режимов их работы с авторегулируемым управлением. Наиболее перспективным управляющим воздействием является угловое перемещение вала клапанов авторегулируемого делителя, которое позволяет упростить передаточный механизм и обеспечить высокую корреляционную связь с величиной подачи зерносмеси в триер.

Список литературы

1. Тишанинов, Н.П. Вариантный метод оценки эффективности использования технологий подработки зерна / Н.П. Тишанинов, В.А. Ветров, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 24-30 (28-34).

2. 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.

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

4. 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.

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

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

7. Летошнев, М.Н. О движении зерна внутри горизонтального вращающегося цилиндра / М.Н. Летошнев // Сборник научно-технических работ Ленинградского института механизации сельского хозяйства. – М.: Л.: Сельхозгиз, 1950. – Вып. 7.

8. Блох, З.Ш. Теория триера / З.Ш. Блох //Сельскохозяйственные машины. – 1935. – № 2. – С. 17-20.

9. Василенко, П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям с-х. машин / П.М. Василенко. – Киев. − Изд-во УАСХ, 1960.

10. Викторова, Н.Н. Экспериментальные исследования продолжительности одного цикла движения зерна в цилиндре триера / Н.Н. Викторова /Труды ЧИМ ЭСХ. – Челябинск, 1958, вып. 5.

11. Патент РФ № 2341954 Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Завражнов А.И., Тишанинов К.Н. – № 2006146774/12; заявл. 26.12.2006; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36.

12. Патент РФ № 2549284 Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – № 2013114867/13; заявл. 02.04.2013, опубл. 27.04.2015, Бюл. № 12.

13. Патент РФ № 2525728 Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н. – №2013109996/13; заявл. 05.03.2013, опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.

14. Тишанинов, Н.П. Взаимосвязь качества триерной очистки с концентрацией длинной примеси / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. − 2020. − № 3 (45). − С. 60-67.

15. Тишанинов, Н.П. Качество выделения семян горчицы и сорго из пшеницы ячеистыми поверхностями / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2017. – № 3 (27). – С. 42-48.

16. Тишанинов, Н.П. Закономерности выделения семян льна и гречишки вьюнковой из зерносмеси / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2017. – № 5 (29). – С. 5-12.

17. Кузнецов, В.В. Совершенствование деления зернового потока / В.В. Кузнецов, В.Г. Козлов, П.С. Востриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 10. – С. 10-11.

18. Патент 2415070 РФ, МКП B 65 G 53/56, B 65 G 11/20, B 65 G 65/00, B 65 G 689/00. Адаптивный делитель потока сыпучего материала /В.В. Кузнецов, П.С. Востриков, Е.А. Извеков. 2009145228/11; заявлено 07.12.2009; опубликовано 27.03.2011, Бюл. № 9.

References

1. Tishaninov, N.P. Variantnyj metod ocenki effektivnosti ispol'zovaniya tekhnologij podrabotki zerna / N.P. Tishaninov, V.A. Vetrov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 1. – S. 24-30 (28-34).

2. 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.

3. Tishaninov, N.P. Vliyanie vysoty zernovogo sloya v ovsyuzhnom triere na ostatochnoe soderzhanie dlinnyh primesej / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 4 (40). – S. 19-26.

4. 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.

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

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

7. Letoshnev, M.N. O dvizhenii zerna vnutri gorizontal'nogo vrashchayushchegosya cilindra / M.N. Letoshnev // Sbornik nauchno-tekhnicheskih rabot Leningradskogo instituta mekhanizacii sel'skogo hozyajstva. – M.: L.: Sel'hozgiz, 1950. – Vyp. 7.

8. Bloh, Z.SH. Teoriya triera / Z.SH. Bloh //Sel'skohozyajstvennye mashiny. – 1935. – № 2. – S. 17-20.

9. Vasilenko, P.M. Teoriya dvizheniya chasticy po sherohovatym poverhnostyam s-h. mashin / P.M. Vasilenko. – Kiev. − Izd-vo UASKH, 1960.

10. Viktorova, H.H. Eksperimental'nye issledovaniya prodolzhitel'nosti odnogo cikla dvizheniya zerna v cilindre triera / H.H. Viktorova /Trudy CHIM ESKH. – CHelyabinsk, 1958, v'p. 5.

11. Patent RF № 2341954 Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov / Zavrazhnov A.I., Tishaninov K.N. – № 2006146774/12; zayavl. 26.12.2006; opubl. 27.12.2008, Byul. № 36.

12. Patent RF № 2549284 Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N. – № 2013114867/13; zayavl. 02.04.2013, opubl. 27.04.2015, Byul. № 12.

13. Patent RF № 2525728 Ustrojstvo dlya razdeleniya potoka sypuchih materialov / Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Tishaninov K.N. – №2013109996/13; zayavl. 05.03.2013, opubl. 20.08.2014, Byul. № 23.

14. Tishaninov, N.P. Vzaimosvyaz' kachestva triernoj ochistki s koncentraciej dlinnoj primesi / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. − 2020. − № 3 (45). − S. 60-67.

15. Tishaninov, N.P. Kachestvo vydeleniya semyan gorchicy i sorgo iz pshenicy yacheistymi poverhnostyami / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 3 (27). – S. 42-48.

16. Tishaninov, N.P. Zakonomernosti vydeleniya semyan l'na i grechishki v'yunkovoj iz zernosmesi / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 5 (29). – S. 5-12.

17. Kuznecov, V.V. Sovershenstvovanie deleniya zernovogo potoka / V.V. Kuznecov, V.G. Kozlov, P.S. Vostrikov // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2010. – № 10. – S. 10-11.

18. Patent 2415070 RF, MKP V 65 G 53/56, V 65 G 11/20, V 65 G 65/00, V 65 G 689/00. Adaptivnyj delitel' potoka sypuchego materiala /V.V. Kuznecov, P.S. Vostrikov, E.A. Izvekov. 2009145228/11; zayavleno 07.12.2009; opublikovano 27.03.2011, Byul. № 9.

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): 09.02.2022 Принята к публикации (Accepted): 20.02.2022

УДК 631.372:004.4
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-49-56

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОЙ ПОДВЕСКИ ПНЕВМОКОЛЕСНОЙ МАШИНЫ

[1]Афоничев Дмитрий Николаевич
[2]Остриков Валерий Васильевич
[1]Пиляев Сергей Николаевич
[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *При движении остов пневмоколесной машины подвержен одновременно двум внешним воздействиям: от неоднородности физико-механических свойств и неровностей пути и от активной системы подвески. Предлагается компьютерная модель, включающая в себя подмодель решения уравнений динамического режима системы, подмодель формирования воздействий активной подвески и подмодель генерации возмущающих воздействий со стороны дороги в виде случайного профиля пути с заданной корреляционной функцией, единичной ступеньки и синусоиды. Задание параметров модели, связь между подмоделями и блоками внутри их осуществляется с помощью механизма программы SimInTech, называемого «Сигналы». Подмодель решения уравнений позволяет получить скорости и перемещения элементов физической модели с последующей их записью в базу данных сигналов. Здесь же вычисляются значения перемещений штока подвески с учетом угла наклона остова машины. Блоки воздействия со стороны профиля дороги позволяют имитировать все возможные режимы движения. Для использования в разнообразных имитационных моделях динамики транспортных средств включен универсальный блок моделирования случайного профиля пути, который позволяет генерировать профиль пути со спектральной плотностью, соответствующей большому набору дорог различного вида. Вид дороги и параметры вида спектральной плотности профиля дороги задаются с помощью соответствующего скрипта. Предложенный подход является многофункциональным, позволяющий определить ускорение и параметры транспортного средства, воздействия случайного профиля, препятствий и тягового усилия. Структура комплекса позволяет включать в модель и рассматривать устройства активной подвески различной формы (гидравлические, пневматические) и способы управления ими.*

Ключевые слова: *активная подвеска, пневмоколесная машина, компьютерная модель, управляющие воздействия, случайный профиль дороги.*

COMPUTER MODEL OF THE ACTIVE SUSPENSION OF AN AIR-WHEELED MACHINE

[1]Afonichev Dmitry
[2]Ostrikov Valery
[1]Pilyaev Sergey
[1]FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great»
[2]FSBSI «All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture»

Abstract. *The skeleton of a pneumatic wheeled vehicle is simultaneously subject to two external influences: from the heterogeneity of the physical and mechanical properties and unevenness of the track, and from the active suspension system when moving. A computer model, which includes a submodel for solv-*