

УДК 62-784.43

DOI: 10.17022/p1jz-md23

К РАСЧЕТУ ПРОЦЕССА ОБЕСПЫЛИВАНИЯ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО С ПОМОЩЬЮ МНОГОСЛОЙНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Т.Н. Акулова, А.В. Вершак, С.Н. Мардарьев

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Целью исследований является расчет процесса обеспыливания, осуществляемого с помощью многослойного устройства для очистки рециркуляционного воздуха производственных помещений с использованием таких факторов, как ионизация и фильтрация. В качестве фильтрующей загрузки для данного многослойного фильтра применяются фильтрующие зернистые материалы (ФЗМ), получаемые путем мокрого грохочения и отсева на узкие фракции сырья. В сравнении с кварцевыми песками, которые получают путем дробления, ФЗМ отличаются низкой измельчаемостью и истираемостью, однородностью по гранулометрическому составу, высокой межзерновой пористостью, в результате чего создаются благоприятные условия для задержания частиц пыли. Основой для получения фильтрующих зернистых материалов является среднезернистый песок, который перерабатывается в соответствии с технологией мокрого грохочения. Фильтрационные зернистые материалы, полученные из речных кварцевых песков на установке ГИЛ-52, – это высококачественный товарный продукт с чистыми, хорошо окатанными зёрнами. Шероховатая и округлая форма фильтрующего материала обеспечивает развитую удельную поверхность и высокую межзерновую пористость. Механизм задержания взвешенных частиц на зёрнах всех песчаных фильтрующих фракций имеет, преимущественно, адсорбционный характер, причиной которого является взаимное притяжение молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван – дер – Ваальса или прилипание за счет электростатических сил взаимодействия. Применяемая методика позволит определить количество ФЗМ, площадь поверхности фильтрования в зависимости от количества пыли, выделившейся в производственном помещении.

Ключевые слова: процесс обеспыливания, фильтрация, фильтрующие зернистые материалы, многослойное устройство для ионизации и обеспыливания воздуха.

Введение. Многослойное устройство для ионизации и обеспыливания воздуха содержит цилиндрический корпус, воздухоотражатели, положительный и отрицательный электроды и корзины с фильтрующими зернистыми материалами. Частицы пыли, содержащиеся в воздухе, последовательно проходя через электроды, ионизируются за счет коронного разряда. Мелкая фракция пыли получает отрицательный заряд от корпуса и притягивается положительным электродом. Далее воздух попадает на последнюю ступень очистки, где оставшиеся мелкие частицы пыли удерживаются с помощью фильтрующей загрузки [2], [4], [5].

Для многослойных фильтров в качестве загрузки применяются фильтрующие зернистые материалы (ФЗМ), получаемые путем мокрого грохочения и отсева на узкие фракции сырья. В сравнении с кварцевыми песками, которые получают путем дробления, ФЗМ отличаются низкой измельчаемостью и истираемостью, однородностью по гранулометрическому составу, высокой межзерновой пористостью [3].

Материалы и методы. Основой для получения фильтрующих зернистых материалов (ФЗМ) в ООО «Нерудные строительные материалы» является среднезернистый песок Криушинского месторождения Козловского района Чувашской Республики, который транспортируется с места добычи по реке Волга с помощью плавучих транспортных бункеров. Далее исходный материал разгружается на специализированном причале и перерабатывается в соответствии с технологией мокрого грохочения с использованием существующих инерционных грохотов ГИЛ-52.

Физико-химические характеристики ФЗМ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики ФЗМ

Химический состав, %		Физико-механические характеристики	
SiO ₂	98...99	Средний диаметр частиц, мм	0,8...1,2
FeO ₃	0,1...0,3	Коэффициент однородности, %	75...90
Al ₂ O ₃	0,25...0,35	Плотность, кг/м ³	2650
CaO	0,2...0,3	Насыпная масса, кг/м ³	1250...1550
MgO	0,2...0,5	Пористость, %	45...60
K ₂ O	0,1...0,3	Измельчаемость, %	1,5...4,0
Na ₂ O	0,1...0,2	Истираемость, %	0,1...0,5

Получаемый в первом каскаде верхнего яруса надрешётный продукт (крупный каменный и песчано-гравийный материал размером более 5 мм) используется в качестве бутового строительного материала. Во втором каскаде грохочения получают песчаную фракцию, где надрешётный продукт – песчаный материал с частицами в 5,0..2,0 мм; в третьем каскаде грохочения надрешётный продукт – фракция в 2,0...1,2 мм; в четвёртом каскаде получают используемую песчаную фракцию – надрешётный продукт (1,2...0,8 мм), который поступает на конвейер ЛК-7, где в процессе транспортировки частично обезвоживается и затем как готовый товарный продукт перемещается в бункер, с которого дозированно (массой в 1000 кг) поступает в мягкие контейнеры типа «БИГ-БЕГ».

Весь подрешётный материал четвёртого каскада (фракция менее 0,8 мм) в виде песчаной пульпы сбрасывается в заборное устройство мелких песчаных фракций (ЗУМП), откуда грунтовым песчаным насосом по пульповоду перекачивается на карту намыва. Карта рассева представлена в таблице 2, масса навески песка составляет 50 г [8].

Таблица 2 – Карта рассева

№ сита, мм	Нач. фракция	0,05	0,063	0,1	0,16	0,2	0,315	0,4	0,63	1	1,6	2,5
Остаток на сите, г	0,01	0,01	0,03	0,67	1,59	16,19	12,89	13,39	4,99	0,22	0,01	0
Остаток на сите, %	0,02	0,02	0,06	1,34	3,18	32,38	25,78	26,78	9,98	0,44	0,02	0
Полные остатки, %	100	99,98	99,96	99,9	98,56	95,38	63	37,22	10,44	0,46	0,02	0
№ сита, логарифм.	-	-1,3	-1,2	-1	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4
Прошло ч/з сито, %	0	0,02	0,04	0,1	1,44	4,62	37	62,78	89,56	99,54	99,98	100

Интегральная кривая распределения частиц фильтрующего зернистого материала представлена на рис. 1.

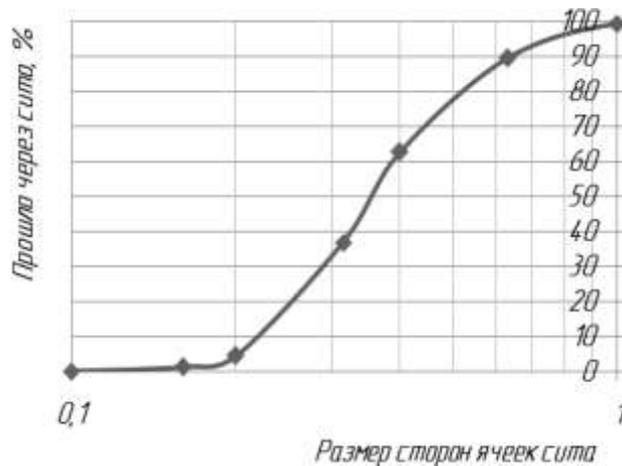


Рис. 1. Интегральная кривая распределения частиц.

Мы предлагаем производить расчет количества ФЗМ в соответствии со следующей методикой [1].

1. Объем пыли в производственном помещении:

$$V_n = \frac{q_n \cdot \tau}{\rho_{\text{пыли}}} = \frac{0,394 \cdot 8}{1257} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (1)$$

где q_n – количество пыли, выделившееся в производственном помещении, кг/ч; τ – продолжительность выделения пыли, ч; $\rho_{\text{пыли}}$ – плотность пыли в производственном помещении, кг/м³ [7].

2. Удельный объем пыли, выделившейся из 1 м³ объема помещения:

$$x_0 = \frac{V_n}{V} = \frac{0,0025}{4500} = 5,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (2)$$

где V – объем производственного помещения, м³.

3. Удельное сопротивление осадка:

$$r_0 = \frac{2 \cdot \Delta P}{K \cdot \mu \cdot x_0} = \frac{2 \cdot 150}{3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,4 \cdot 10^{-6}} = 3,2 \cdot 10^{16} \text{ 1/м}^2 \quad (3)$$

где ΔP – перепад давления в рециркуляционном трубопроводе, Па; K – константа фильтрования осадка, м²/ч; μ – вязкость воздуха, Па·с;

4. Сопротивление фильтрующей перегородки, 1/м:

$$R_{пер} = C \cdot r_0 \cdot x_0 = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 3,2 \cdot 10^{16} \cdot 5,6 \cdot 10^{-7} = 6,3 \cdot 10^7 \text{ 1/м}, \quad (4)$$

где C – константа фильтрования перегородки, $\text{м}^3/\text{м}^2$ [6].

5. Площадь поверхности фильтрования определяем по уравнению:

$$F_{\phi} = \frac{C \cdot V_n}{K \cdot \tau_{\phi}} + \sqrt{\left(\frac{C \cdot V_n}{K \cdot \tau_{\phi}}\right)^2 + \frac{V_n^2}{K \cdot \tau_{\phi}}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 8} + \sqrt{\left(\frac{1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 8}\right)^2 + \frac{(2,5 \cdot 10^{-3})^2}{3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 8}} = 0,046 \text{ м}^2, \quad (5)$$

где τ_{ϕ} – продолжительность фильтрования, ч

6. Объем фильтрующей загрузки:

$$V_{ФЗМ} = F_{\phi} \cdot d_{\phi} = 0,046 \cdot 0,125 = 5,69 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, \quad (6)$$

где d_{ϕ} – диаметр фильтра, м, принимаем равным диаметру рециркуляционного трубопровода.

7. Масса фильтрующих зернистых материалов:

$$M_{ФЗМ} = V_{ФЗМ} \cdot \rho_{ФЗМ \text{ нас}} = 5,69 \cdot 10^{-3} \cdot 1250 = 7,15 \text{ кг}, \quad (7)$$

где $\rho_{ФЗМ \text{ нас}}$ – насыпная плотность ФЗМ, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Результаты исследования и их обсуждение. Фильтрационные зернистые материалы, полученные из речных кварцевых песков на установке ГИЛ-52, – это высококачественный товарный продукт с чистыми, хорошо окатанными зернами. Шероховатая и округлая форма фильтрующего материала обеспечивает развитую удельную поверхность и высокую межзерновую пористость. Механизм задержания взвешенных частиц на зернах всех песчаных фильтрующих фракций имеет, преимущественно, адсорбционный характер, причиной которого является взаимное притяжение молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван – дер – Ваальса или прилипание за счет электростатических сил взаимодействия [9].

График зависимости площади поверхности фильтрования от количества пыли, выделившейся в производственном помещении, представлен на рис.2.

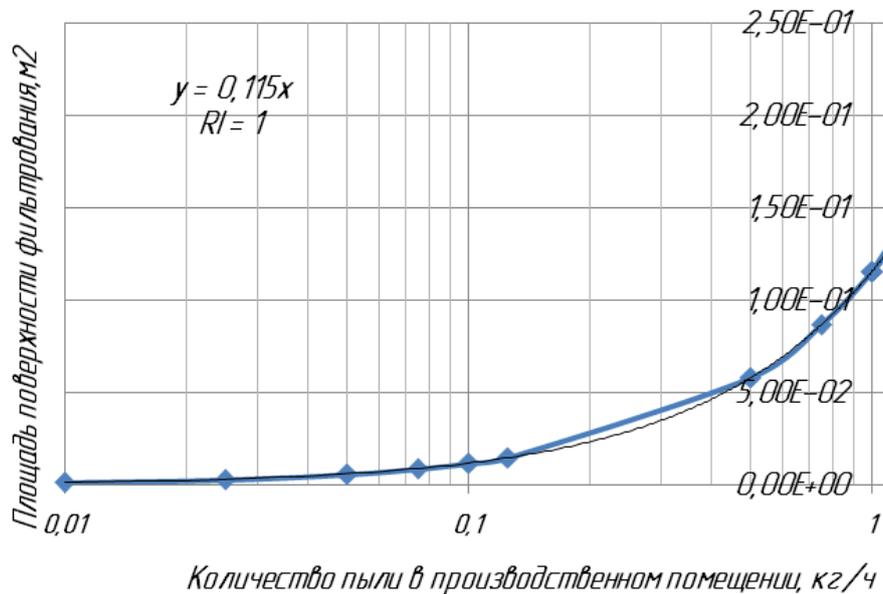


Рис. 2. Зависимость площади поверхности фильтрования от количества пыли в производственном помещении

График изменения массы ФЗМ в зависимости от площади поверхности фильтрования при разных диаметрах фильтра представлен на рис. 3.

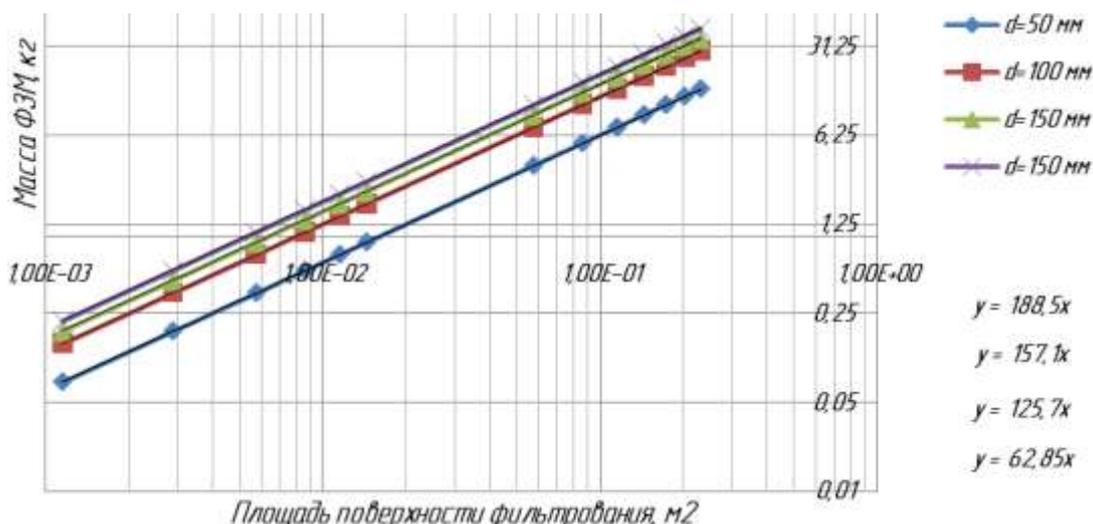


Рис. 3. Изменение массы ФЗМ в зависимости от площади поверхности фильтрации при разных диаметрах фильтра

Выводы.

Конструкция предлагаемого устройства, устанавливаемого в рециркуляционном воздуховоде с использованием ионизации за счет коронного разряда и фильтрации через фильтрующие зернистые материалы, представляет собой многоуровневую очистку запыленного воздуха. В процессе обеспыливания общий поток воздуха, проходя через фильтрующий песчаный слой, разбивается на множество микропотоков, омывающих зерна ФЗМ, в результате чего создаются благоприятные условия для задержания частиц пыли на поверхности песчаного слоя. Зная количество пыли, выделившейся в производственном помещении, конструктивные размеры фильтра и используя вышеприведенные расчеты, можно определить количество фильтрующих зернистых материалов.

Литература

1. Акулова, Т. Н. Обоснование системы очистки воздуха птицеводческих помещений с применением устройства для ионизации и обеспыливания / Т. Н. Акулова, А. П. Петров // *АгроЭкоИнфо*. – 2018. – № 2 (32). – С. 54 – 60.
2. Акулова, Т. Н. Технические устройства для обеспыливания воздуха / Т.Н. Акулова // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2003. – Т. XV. – С. 174-176.
3. Васильев, Э. В. Обзор современных электрофильтров для очистки воздуха птицеводческих помещений / Э. В. Васильев, О. А. Мурзакова, Т. Н. Акулова // *Студенческая наука – первый шаг в академическую науку: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов*. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2017. – С. 328-330.
4. Горин, Д. С. Применение электрофильтров в автомобилях / Д. С. Горин, В. Г. Иванов, Т. Н. Акулова // *Студенческая наука - первый шаг в академическую науку: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов*. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2017. – С. 333-336.
5. Жеребцов, Б. В. Разработка и исследование мокрого электрофильтра для очистки рециркуляционного воздуха животноводческих помещений от сероводорода: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Б. В. Жеребцов. – Челябинск, 2014. – 119 с.
6. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – Москва: Высшая школа, 1991. – 400 с.
7. Кулешов, А. Н. Проблема очистки и обеззараживания воздуха, анализ существующих аппаратов очистки рециркуляционного воздуха в животноводстве / А.Н. Кулешов // *Мир инноваций*. – 2018. – № 1. – С. 38-43.
8. Общество с ограниченной ответственностью «Нерудные строительные материалы»: официальный сайт. – Чебоксары. – Текст: электронный. – URL: <https://nerudstrom.inni.info/> (дата обращения 31.03.2020).
9. Электротехнология озонирования и ионизации воздушной среды в животноводческих помещениях / В. Ф. Сторчевой, А. В. Федин, Р. Ю. Чернов, А. М. Зиновьев. // *Природообустройство*. – 2008. – № 2. – Текст: электронный. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektrotehnologiya-ozonirovaniya-i-ionizatsii-vozdushnoy-sredy-v-zhivotnovodcheskih-pomescheniyah> (дата обращения: 15.05.2020).

Сведения об авторах

1. **Акулова Татьяна Николаевна**, старший преподаватель кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: akulovata@yandex.ru, тел. 8-937-390-27-85;

2. **Верещак Александр Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vav_2008@mail.ru, тел. 8-927-851-72-04;

3. **Мардарьев Сергей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: s-mard@mail.ru, тел. 8-927-841-12-22.

TO THE CALCULATION OF THE SPRAYING PROCESS CARRIED OUT BY USING A MULTI-LAYERED AIR CLEANING DEVICE

T.N. Akulova, A.V. Vereshchak, S.N. Mardarev

Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. The aim of the research is to calculate the dust removal process carried out using a multilayer device for cleaning recirculated air in industrial premises using factors such as ionization and filtration. As a filter load for this multilayer filter, filtering granular materials (FGM) are used, obtained by wet screening and sieving into narrow fractions of raw materials. Compared to quartz sand, which is obtained by crushing, FGM are characterized by low grindability and abrasion, uniform particle size distribution, and high intergranular porosity, as a result of which favorable conditions are created for trapping dust particles. The basis for obtaining filtering granular materials is medium-grained sand, which is processed in accordance with wet screening technology. Grain filtration materials obtained from river quartz sand at the GIL-52 installation are a high-quality commercial product with clean, well-rounded grains. The rough and round shape of the filter material provides a developed specific surface area and high intergranular porosity. The mechanism for the suspension of suspended particles on the grains of all sand filter fractions is mainly of an adsorption nature, the cause of which is the mutual attraction of the adsorbent and adsorbent molecules under the action of Van der Waals forces or sticking due to electrostatic forces of interaction. The applied technique will allow to determine the amount of FGM, the filtering surface area depending on the amount of dust released in the production room.

Key words: dust removal process, filtration, filtering granular materials, multilayer device for ionization and dedusting.

References

1. Akulova, T. N. Obosnovanie sistemy ochistki vozduha pticevodcheskih pomeshchenij s primeneniem ustrojstva dlya ionizacii i obespylivaniya / T. N. Akulova, A. P. Petrov // AgroEkoInfo. – 2018. – № 2 (32). – S. 54-60.
2. Akulova, T. N. Tekhnicheskie ustrojstva dlya obespylivaniya vozduha / T.N. Akulova // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – T. XV. – S. 174-176.
3. Vasil'ev, E. V. Obzor sovremennyh elektrofil'trov dlya ochistki vozduha pticevodcheskih pomeshchenij / E. V. Vasil'ev, O. A. Murzakova, T. N. Akulova // Studencheskaya nauka – pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S. 328-330.
4. Gorin, D. S. Primenenie elektrofil'trov v avtomobilyah / D. S. Gorin, V. G. Ivanov, T. N. Akulova // Studencheskaya nauka - pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, 2017. – S. 333-336.
5. ZHerebcov, B. V. Razrabotka i issledovanie mokrogo elektrofil'tra dlya ochistki recirkulyacionnogo vozduha zhivotnovodcheskih pomeshchenij ot serovodoroda: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / B. V. ZHerebcov. – CHelyabinsk, 2014. – 119 s.
6. Kafarov, V. V. Matematicheskoe modelirovanie osnovnyh processov himicheskikh proizvodstv / V. V. Kafarov, M. B. Glebov. – Moskva: Vysshaya shkola, 1991. – 400 s.
7. Kuleshov, A. N. Problema ochistki i obezrazzhivaniya vozduha, analiz sushchestvuyushchih apparatov ochistki recirkulyacionnogo vozduha v zhivotnovodstve / A.N. Kuleshov // Mir innovacij. – 2018. – № 1. – S. 38-43.
8. Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Nerudnye stroitel'nye materialy»: oficial'nyj sajt. – CHEboksary. – Tekst: elektronnyj. – URL: <https://nerudstrom.inni.info/> (data obrashcheniya 31.03.2020).

9. Elektrotehnologiya ozonirovaniya i ionizatsii vozduшной sredy v zhivotnovodcheskih pomeshcheniyah / V. F. Storchevoj, A. V. Fedin, R. YU. Chernov, A. M. Zinov'ev. // Prirodoobustrojstvo. – 2008. – № 2. – Tekst: elektronnyj. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektrotehnologiya-ozonirovaniya-i-ionizatsii-vozduшной-sredy-v-zhivotnovodcheskih-pomeshcheniyah> (data obrashcheniya: 15.05.2020).

Information about the authors

1. **Akulova Tatyana Nikolaevna**, senior lecturer of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: akulovata@yandex.ru., tel. 8-937-390-27-85;

2. **Vereshchak Alexander Vasilievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: vav_2008@mail.ru, tel. 8-927-851-72-04;

3. **Mardarev Sergey Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx str., 29;; e-mail: s-mard@mail.ru, , tel. 8-927-841-12-22.

УДК 629.032

DOI: 10.17022/46em-gr93

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА С КАНТУЮЩИМ ПРИВОДОМ ЗАДНИХ ВЕДУЩИХ КОЛЕС НА БАЗЕ ДВУХКОЛЕСНОГО ВЕЛОСИПЕДА

Д.Б. Корзов, А.П. Акимов, В.И. Медведев, В.П. Егоров
 Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В практике сельскохозяйственного производства нашли широкое распространение и применение колесные тракторы с большими размерами задних ведущих колес по отношению к передним управляемым колесам меньшего размера. К таким колесным тракторам относится в основном весь парк тракторов семейства МТЗ и многих зарубежных производителей.

Под действием ведущего момента, подводимого от двигателя трактора через трансмиссию к оси вращения задних ведущих колес, передние колеса трактора разгружаются от вертикально-составляющей нагрузки, а задние, соответственно, – догружаются. В результате этого передние колеса трактора несколько теряют управляемость, и заводы-изготовители вынуждены искусственно догружать передний мост трактора с помощью балластного груза, масса которого находится в пределах от 10 до 15 процентов от общей массы трактора, что приводит к колоссальным издержкам при изготовлении и эксплуатации таких тракторов. Кроме того, подведение ведущего момента от двигателя к оси вращения задних ведущих колес создает условия для повышенного их буксования при одновременном уплотнении ими почвы. Эту проблему заводы-изготовители предлагали решить следующим образом: использовать на колесном тракторе полугусеничную ходовую часть. Все это приводило к усложнению ее конструкции и, как следствие, к снижению надежности агрегата при проведении маневров в процессе возделывания какой-либо сельскохозяйственной культуры.

В данной работе мы предлагаем на примере трактора «Беларус-820» осуществить следующие преобразования имеющейся конструкции: конечную передачу из блока картера заднего моста перенести в ступицы задних ведущих колес, заменив шестеренную конечную передачу на цепочную.

Ключевые слова: колесный трактор, ведущие колеса, ведущий момент, кантующий момент, цепочное колесо, цепочная передача.

Введение. У паровозов к ведущим колесам подводится не ведущий момент относительно оси их вращения, а кантующий момент относительно пятна контакта колес с опорной поверхностью рельсов. За счет кантования ведущих колес формируется большое крюковое усилие паровоза с минимальными потерями на их буксование в движителях [4].

Проблему повышенного буксования и управляемости колесных тракторов семейства МТЗ завод-изготовитель предлагает решать путем монтирования на них полугусеничного устройства, представленного на рис. 1 [3].

В представленном устройстве частично была решена проблема повышенного буксования и управляемости трактора, однако оно оказалось малонадежным, особенно при разворотах машинного агрегата в концах загона, поэтому конструкция не пользовалась популярностью.