

УДК (UDC) 62-592.132/62-585.13/331.436/621.867.61

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ PM10 ПРИ РАБОТЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФРИКЦИОННЫХ РОЛИКОВ

METHOD OF ESTIMATION OF PM10 FINE PARTICLE CONCENTRATION DURING OPERATION OF CENTRIFUGAL FRICTION ROLLERS

Сафронов Е.В., Носко А.Л., Шарифуллин И.А., Гуськова А.С.
Safronov E.V., Nosko A.L., Sharifullin I.A., Guskova A.S.Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана (Москва, Россия)
Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russian Federation)

Аннотация. Одним из решений, позволяющим повысить объем хранения и скорость обработки паллетированных грузов на складах, является использование гравитационных стеллажей для паллет. В качестве элементов безопасной эксплуатации таких конвейеров широко применяются центробежные фрикционные ролики, обеспечивающие скорость движения паллеты в пределах, не превышающих допустимых значений. При работе центробежных фрикционных роликов возможно попадание в атмосферу продуктов износа – тормозной пыли, которая оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Поэтому актуальной задачей является исследование работы тормозных роликов фрикционного типа с точки зрения экологической оценки выделяемой тормозной пыли. В работе проведена оценка концентрации мелкодисперсных частиц размером от 10 мкм до 2,5 мкм при работе центробежных фрикционных роликов в гравитационных стеллажах для паллет, предложена методика оценки их концентрации в рабочей зоне склада. Введен коэффициент экологичности конструкции тормозного ролика фрикционного типа, который является одним из факторов, определяющих максимальное количество торможений, и принимает значения от 0 до 1,0 для различных конструктивных исполнений фрикционного ролика - закрытого типа, вентилируемого и открытого типа. Результаты экспериментального исследования материалов фрикционных пар тормозных роликов показывают, что максимальное количество торможений обеспечивается при давлении на фрикционную накладку 0,1 МПа, что соответствует массе паллеты 1000 кг. Рассмотрен пример использования методики оценки концентрации частиц в рабочей зоне для склада, состоящего из одного блока гравитационных стеллажей для паллет 1200x800x1500 мм (длина x ширина x высота), массой 1000 кг, общим количеством паллетомест 546. Анализ полученных результатов показал, что максимальное количество торможений паллет при котором будет достигнута предельно допустимая концентрация частиц размером от 10 мкм до 2,5 мкм и максимальная оборачиваемость склада могут служить комплексной оценкой его экологичности.

Abstract. One of the solutions to increase the storage capacity and speed of handling palletized goods in warehouses is the use of gravity pallet racking. As elements of the safe operation of such conveyors, centrifugal friction rollers are widely used, which ensure the speed of the pallet within the limits that do not exceed the permissible values. During the operation of centrifugal friction rollers, wear products - brake dust, which have an adverse effect on the human body, may enter the atmosphere. Therefore, an urgent task is to study the operation of friction-type brake rollers from the point of view of the environmental assessment of the released brake dust. The paper assesses the concentration of fine particles with dimensions from 10 micrometers to 2.5 micrometers during the operation of centrifugal friction rollers in gravity pallet racks, and proposes a method for estimating their concentration in the warehouse working area. The coefficient of environmental friendliness of the design of the brake roller of the friction type has been introduced, which is one of the factors determining the maximum number of braking, and takes values from 0 to 1.0 for various designs of the friction roller - closed type, ventilated and open type. The results of an experimental study of materials for friction pairs of brake rollers show that the maximum amount of braking is provided at a pressure on the friction lining of 0.1 MPa, which corresponds to a pallet weight of 1000 kg. An example of using the methodology for estimating the concentration of particles in the working area for a warehouse consisting of one block of gravity racks for pallets 1200x800x1500 mm (length x width x height), weighing 1000 kg, with a total number of 546 pallet places is considered. Analysis of the results showed that the maximum number of pallet braking at which the maximum permissible concentration of particles with a dimension of 10 micrometers to 2.5 micrometers is reached and the maximum turnover of the warehouse can serve as a comprehensive assessment of its environmental friendliness.

Ключевые слова: оценка, предельно допустимая концентрация, центробежный фрикционный ролик, коэффициент экологичности, количество торможений, оборачиваемость склада.

Дата принятия к публикации: 27.01.2022
Дата публикации: 25.03.2022

Сведения об авторах:

Сафронов Евгений Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), *e-mail:* gen-s@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4250-7147

Носко Андрей Леонидович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Подъемно-транспортные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), *e-mail:* dr.nosko@mail.ru

ORCID: 0000-0003-1382-4095

Шарифуллин Ильдар Азатович – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), *e-mail:* sharifullin@bmstu.ru

ORCID: 0000-0002-1930-2602

Гуськова Анна Сергеевна – студент кафедры «Подъемно-транспортные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), *e-mail:* guskovaa17@mail.ru

Keywords: estimation, maximum permissible concentration, centrifugal friction roller, coefficient of environmental friendliness, number of brakes, warehouse turnover.

Date of acceptance for publication: 27.01.2022
Date of publication: 25.03.2022

Authors' information:

Evgeniy V. Safronov – Candidate Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Lifting and Transport Systems” at Bauman Moscow State Technical University, *e-mail:* gen-s@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4250-7147

Andrey L. Nosko – Doctor Technical Sciences, Professor of the Department “Lifting and Transport Systems” at Bauman Moscow State Technical University
e-mail: dr.nosko@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1382-4095

Idar A. Sharifullin – postgraduate, Department “Lifting and Transport Systems” at Bauman Moscow State Technical University
e-mail: sharifullin@bmstu.ru
ORCID: 0000-0002-1930-2602

Anna S. Guskova – student, Department “Lifting and Transport Systems” at Bauman Moscow State Technical University
e-mail: guskovaa17@mail.ru

1. Введение

Одним из решений, позволяющим повысить объем хранения и скорость обработки паллетированных грузов на складах, является использование гравитационных стеллажей для паллет, состоящих из стеллажной конструкции и установленных в ней гравитационных роликовых конвейеров (рис. 1).

В настоящее время в качестве элементов безопасной эксплуатации таких конвейеров широко применяются центробежные фрикционные ролики, устанавливаемые по длине гравитационных роликовых конвейеров и обеспечивающих скорость движения паллеты в пределах, не превышающих допустимых значений, определяемых конструкцией

упора устройства остановки и разделения паллет [1].

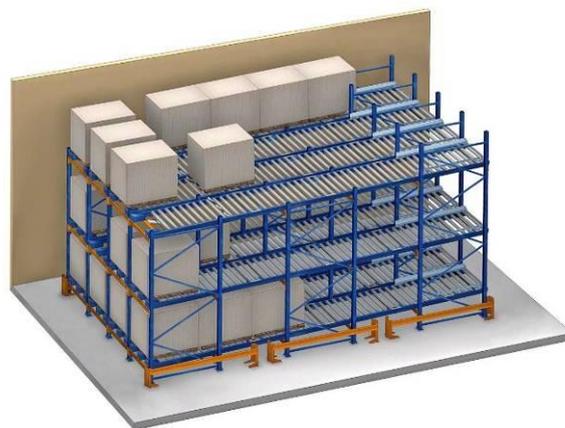


Рис. 1. Гравитационный стеллаж для паллет

Процесс работы центробежного фрикционного ролика сопровождается трением фрикционной накладки 3 и обечайки 4 при разгоне центробежного тормоза 2 с помощью планетарного мультипликатора 1 (рис. 2)

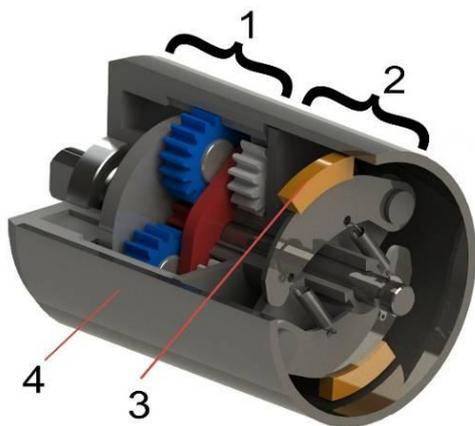


Рис. 2. Общий вид центробежного фрикционного ролика (вторая опора условно не показана)

В зависимости от конструкции центробежного фрикционного ролика возможно попадание в атмосферу продуктов износа – тормозной пыли, которая оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека [2].

Одним из основных показателей пыли является дисперсность (размер частиц), по которой условно принята следующая классификация: мелкая пыль, характеризующаяся размером частиц до 100 мкм; средняя – до 200 мкм; крупная – более 200 мкм. Особое внимание следует уделять содержанию в воздухе мелкодисперсных твердых частиц пыли размером менее 10 мкм которая может попадать напрямую в кровеносную систему, закупоривать сосуды и в результате являться причиной сердечно-сосудистых заболеваний, а также проникать в глубокие дыхательные пути, что приводит к заболеваниям легких, в том числе онкологии.

Различают следующие размерные фракции мелкодисперсных твердых частиц [3]: PM10 – используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм; PM2,5 – аэродинамический диаметр частиц менее 2,5

мкм; PM1 – аэродинамический диаметр частиц менее 1,0 мкм; грубая фракция – размер частиц между 2,5 и 10 мкм; нано частицы – аэродинамический диаметр менее 0,1 мкм.

PM расшифровывается как Particular Matter (частица вещества), а номер обозначает размер такой частицы [4, 5]. Так, для класса PM10 характерны частицы размером от 10 микрометров до 2,5 микрометра, а для класса PM2,5 частицы имеют размер от 2,5 мкм до 1 мкм. Для сравнения, средний размер частички очень мелкого песка всего 90 мкм, а средняя толщина волоса человека порядка 70 мкм.

Массовая концентрация PM2,5 и PM10 является ключевым параметром для оценки качества воздуха, влияющим на здоровье человека. Ситуация с вредом от мелкодисперсных частиц настолько серьезная, что Всемирная Организация Здравоохранения и Международное агентство по изучению рака отнесли эти частицы к первой категории опасности [5]. Многие страны ввели свои национальные нормативы ограничения по уровню загрязнения мелкодисперсными частицами воздуха (табл. 1), в которых делается разделение на среднесуточный и среднегодовой уровни загрязнения, а в некоторых случаях применяется показатель как разовая концентрация. Данные по Российской Федерации взяты из [6].

Как видно из таблицы, нормы в Российской Федерации практически полностью соответствуют «среднемировым» показателям.

Массовые концентрации частиц PM10, PM2,5 и PM1 могут быть рассчитаны на основе данных об их количественном распределении по размеру и плотности [7].

В связи с этим актуальной задачей является исследование работы тормозных роликов фрикционного типа с точки зрения экологической оценки выделяемой тормозной пыли.

Цель работы - оценка концентрации мелкодисперсных частиц PM10 при работе центробежного фрикционного ролика.

Таблица 1.

Предельно-допустимые концентрации по PM_{2,5} и PM₁₀ в разных странах (на февраль 2019 г.)

Страна / Организация	PM 10, мкг/м ³			PM 2,5, мкг/м ³		
	Разовая	Среднесуточная	Среднегодовая	Разовая	Среднесуточная	Среднегодовая
ВОЗ		50	20		25	10
РФ	300	60	40	160	35	25
Европейский союз		50	40		25	
США		150			35	12
Китай		150	70		35	70

2. Методика оценки концентрации частиц PM₁₀ в рабочей зоне гравитационного стеллажного блока для паллет

Рабочая зона гравитационного стеллажного блока для паллет показана на рис. 3.

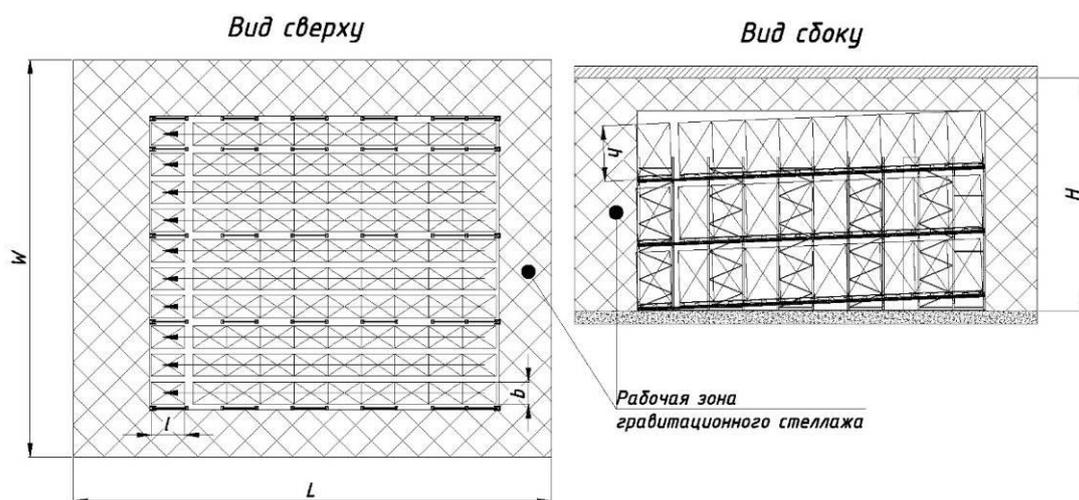


Рис. 3. Гравитационный стеллаж для паллет.

Концентрация C_{PM10}^1 частиц PM₁₀, выделяемых в рабочей зоне гравитационного стеллажного блока (далее по тексту – блока) за секунду торможения тормозными роликами фрикционного типа может быть определена как:

$$C_{PM10}^1 = \frac{C_V^{60} \rho_0}{60}, \quad (1)$$

где C_V^{60} – объемная концентрация частиц PM₁₀ в рабочей зоне блока за минуту, мкм³/(м³·мин); ρ_0 – плотность частиц PM₁₀, мкг/мкм³.

На основании результатов исследований, приведенных в [8] плотность ρ_0 частиц PM₁₀ можно считать равной $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$.

Объемная концентрация C_V^{60} частиц PM₁₀, выделяемых в рабочей зоне блока за

минуту торможения, может быть определена из экспериментальных данных по износу пар трения тормозных роликов фрикционного типа:

$$C_V^{60} = C_V \cdot \frac{V_W}{Q} \cdot K_{ECO}, \quad (2)$$

где C_V – объемная концентрация частиц PM₁₀ в расходе воздуха анализатора частиц (спектрометра), мкм³/м³; V_W – объем рабочей зоны блока, м³; Q – расход воздуха анализатора частиц (спектрометра), м³/мин; K_{ECO} – коэффициент экологичности конструкции тормозного ролика фрикционного типа.

Объем рабочей зоны V_W блока может быть определен как (рис. 1):

$$V_W = L \cdot W \cdot H - N_p \cdot l \cdot b \cdot h, \quad (3)$$

где L, W, H – соответственно длина, ширина и высота рабочей зоны, м; N_p – количество паллетомест в блоке; l, b, h – длина, ширина и высота паллеты соответственно, м.

Коэффициент экологичности конструкции K_{ECO} тормозного ролика фрикционного типа принимает значения $1 \geq K_{ECO} \geq 0$ и определяет долю частиц, которая попадает при торможении паллеты в рабочую зону блока.

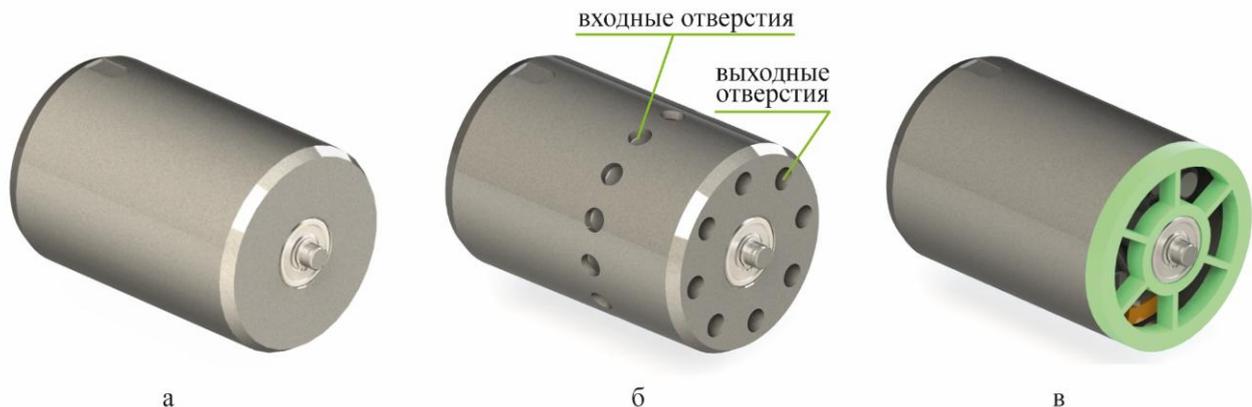


Рис. 4. Общий вид центробежного фрикционного ролика: а – закрытого типа; б – вентилируемого типа; в – открытого типа.

Вентилируемая конструкция тормозного ролика предназначена для снижения нагрева и уменьшения абразивного износа фрикционной пары центробежного тормоза и имеет систему вентиляции нагнетательного типа. Для этого внутри тормозного ролика установлен вентилятор, который работает на основе забора воздуха через входные отверстия в обечайке ролика, продувки воздухом тормоза и последующего удаления воздуха и продуктов износа через выходные отверстия в подшипниковом фланце ролика.

При $K_{ECO} = 1$ центробежный фрикционный ролик имеет открытую с торца ролика конструкцию (рис. 4, в), в которой продукты износа выводятся из ролика путем естественной вентиляции через фланец подшипникового узла ролика, выполненного с ребрами жесткости.

Стоит отметить, что для определения коэффициента K_{ECO} экологичности вентилируемой конструкции фрикционного тормозного ролика (рис. 4, б) необходимо проведение дополнительных экспериментальных исследований.

При полностью закрытой конструкции центробежного фрикционного ролика (рис. 4, а) [9, 10] $K_{ECO} = 0$.

Для вентилируемой конструкции центробежного фрикционного ролика (рис. 4, б) [10] $1 > K_{ECO} > 0$.

Максимальное количество Br_{\max} торможений паллет при котором будет достигнута предельно допустимая концентрация частиц PM10 $[C_{PM}]$ может быть определено по формуле:

$$Br_{\max} = \frac{[C_{PM}]}{C_{PM10}^1 \cdot t_{br} \cdot i \cdot N_p}, \quad (4)$$

где $[C_{PM}]$ – предельно допустимая концентрация частиц PM10, мкг/м³ (табл. 1); t_{br} – время одного торможения, с; i – количество тормозных колодок тормозного ролика фрикционного типа.

Стоит отметить, что при определении Br_{\max} следует использовать среднегодовую предельно допустимую концентрацию частиц PM10, что в сочетании с таким показателем, как оборачиваемость блока, может служить комплексной оценкой его экологичности. При этом максимальная оборачиваемость TR_{\max} блока определяется как:

$$TR_{\max} = \frac{Br_{\max}}{N_p} = \frac{[C_{PM}]}{C_{PM10}^1 \cdot t_{br} \cdot i \cdot N_p^2}. \quad (5)$$

При оценке склада в целом, имеющего n блоков, объем рабочей зоны следует определять как:

$$V_W = V_F + \sum_{j=1}^n V_{Wj},$$

где V_F – объем рабочей зоны склада, не занятый блоками, м^3 ; V_{Wj} – объем рабочей зоны j -го блока, определяемого по формуле (3).

В формулах (3) – (5) необходимо использовать общее количество паллетомест в n блоках как:

$$N_P^O = \sum_{j=1}^n N_{Pj}.$$

3. Результаты исследований и их обсуждение

В качестве примера использования методики оценки концентрации частиц PM_{10} в рабочей зоне блока проведем расчет для склада, состоящего из одного блока гравитационных стеллажей для паллет, показанного на рис. 5.

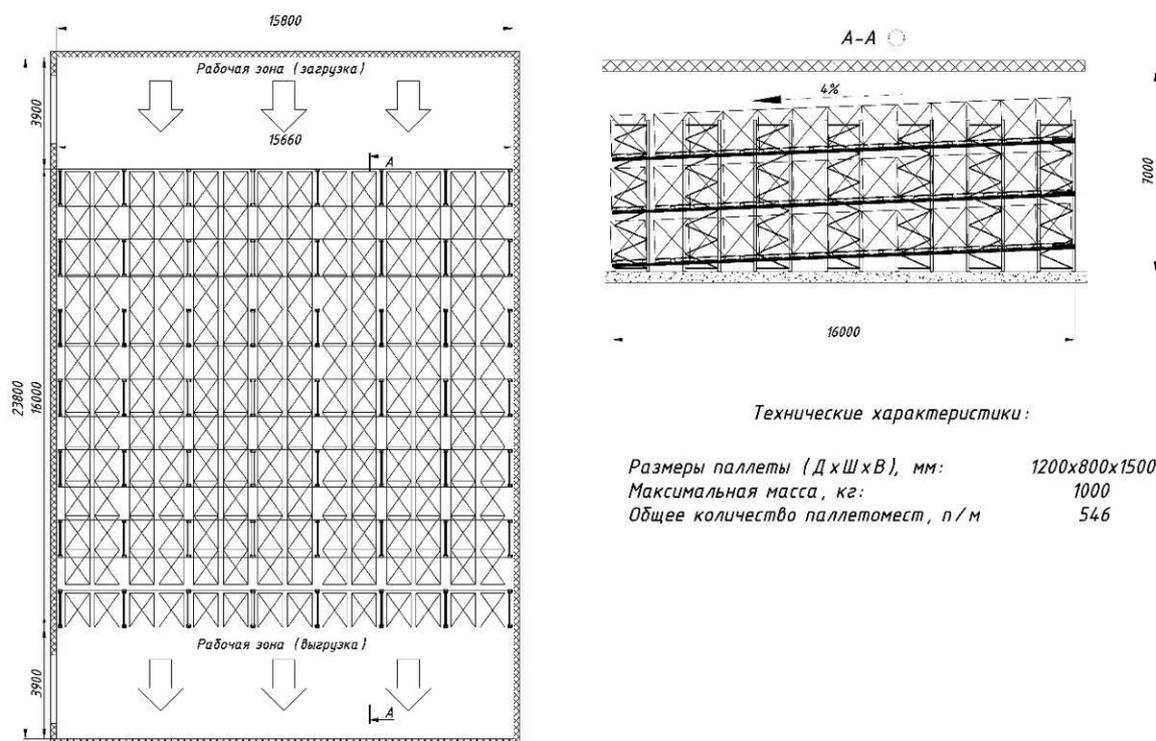


Рис. 5. Склад с использованием одного блока гравитационных стеллажей.

В качестве центрбежного фрикционного ролика, использовалась конструкция, принцип работы которой подробно описан в [11]. На основании анализа экспериментальных исследований [12] зависимость C_V объемной концентрации частиц PM_{10} при расходе воздуха $Q = 1$ л/мин для различных давлений p на фрикционную накладку центрбежного фрикционного ролика показана на рис. 6.

Графики зависимости максимального Br_{max} количества торможений и оборачиваемости TR_{max} склада в зависимости от давления p на фрикционную накладку, полученные по

формулам (4) и (5) при коэффициенте экологичности конструкции центрбежного фрикционного ролика $K_{ECO} = 1$ показаны на рис. 7.

Как видно из рис. 7. максимальное количество торможений обеспечивается при использовании давления на фрикционную накладку $p = 0,1$ МПа, что соответствует массе паллеты $M = 1000$ кг. При этом максимальное количество торможений и оборачиваемость склада равны соответственно $Br_{\text{max}}^{1000} = 8838$ и $TR_{\text{max}}^{1000} = 16,2$.

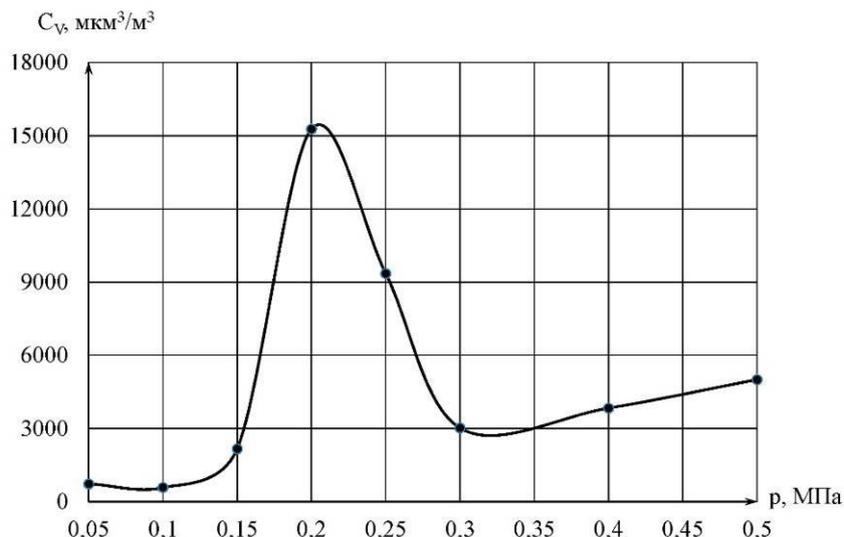


Рис. 6. Зависимость C_V объемной концентрации частиц PM10 при расходе воздуха $Q = 1$ л/мин для различных давлений p на фрикционную накладку центрального фрикционного ролика

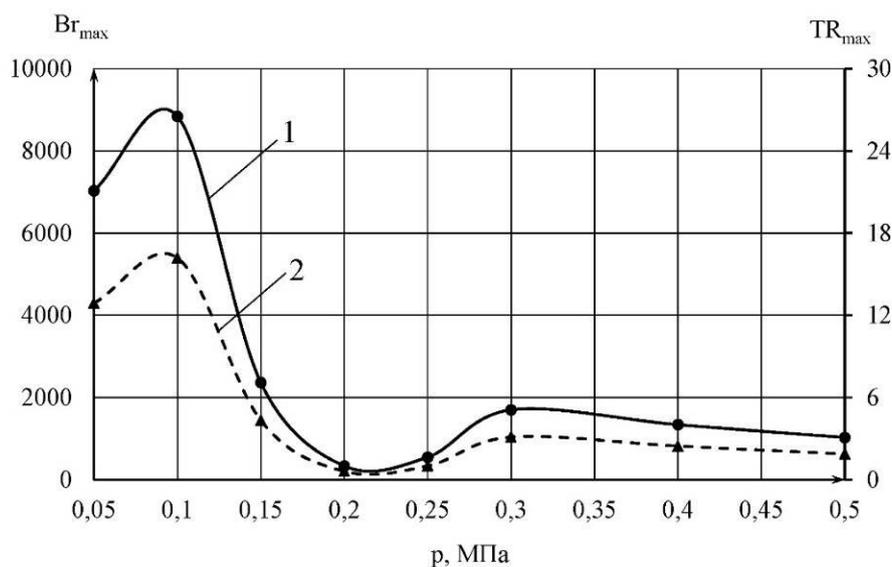


Рис. 7. Зависимости максимального Br_{max} количества торможений (1) и оборачиваемости TR_{max} склада (2) в зависимости от давления p на фрикционную накладку.

При использовании паллет другой массы для обеспечения наибольшей оборачиваемости и максимального количества торможений необходимо скорректировать размеры фрикционной накладки центрального фрикционного ролика.

4. Заключение

1. Предложена методика оценки концентрации мелкодисперсных частиц PM10 в рабочей зоне гравитационного стеллажного

блока для паллет при использовании центрального фрикционного ролика.

2. Объемная концентрация C_V частиц PM10 в рабочей зоне гравитационного стеллажного блока может быть определена из экспериментальных данных по износу пар трения центрального фрикционного ролика с учетом коэффициента K_{ECO} экологичности конструкции центрального фрикционного ролика.

3. Коэффициент K_{ECO} экологичности конструкции центробежного фрикционного ролика является одним из факторов, определяющих максимальное количество торможений, принимает значения от 0 до 1. Значение 0 соответствует полностью закрытой конструкции, исключающей попадание продуктов износа в рабочую зону гравитационного стеллажа; значение 1 – открытой конструкции центробежного фрикционного ролика.

4. Основными показателями экологичности проектного решения склада с использованием гравитационных стеллажных блоков являются максимальное количество Br_{max} торможений и максимальная оборачиваемость

склада, рассчитываемые по формулам (4) и (5).

5. Полученные результаты экспериментального исследования материалов фрикционных пар центробежного фрикционного ролика показывают, что максимальное количество Br_{max} торможений обеспечивается при давлении на фрикционную накладку $p = 0,1$ МПа, что соответствует массе паллеты $M = 1000$ кг. При этом максимальное количество Br_{max} торможений и максимальная оборачиваемость TR_{max} склада равны $Br_{max}^{1000} = 8838$ и $TR_{max}^{1000} = 16,2$.

Список литературы

1. Safronov E., Nosko A. A Method to Determine Allowable Speed for a Unit Load in a Pallet Flow Rack // *Acta Mechanica et Automatica*. 2019. Vol. 13. No. 2. P. 80-85.

2. Сидоренко И.В. Совершенствование методологии комплексной оценки загрязнения воздушного бассейна крупного города для обоснования мониторинга и системы контроля: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16. Волгоград. 2008.

3. Рамочный план организации мониторинга взвешенных веществ в атмосфере в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. ВОЗ, Европейский центр по окружающей среде и охране здоровья. Бонн. 2006. 52 с.

4. РД 52.04.830-2015. Массовая концентрация взвешенных частиц PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе. Методика измерений гравиметрическим методом. СПб. 2015. 41 с.

5. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значения для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ. 2013. 14 с.

6. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. М: Роспотребнадзор. 2019. 55 с.

7. Просвиоров А.А. Негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду.

References

1. Safronov E., Nosko A. A Method to Determine Allowable Speed for a Unit Load in a Pallet Flow Rack. *Acta Mechanica et Automatica*, 2019, Vol. 13, No. 2, pp. 80-85.

2. Sidorenko I.V. Improvement of the methodology for a comprehensive assessment of air pollution in a large city to substantiate the monitoring and control system. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Volgograd. 2008. 20 p. (In Russian)

3. *Ramochnyy plan organizatsii monitoringa vzveshennykh veshchestv v atmosfere v stranakh Vostochnoy Evropy, Kavkaza i Tsentralnoy Azii*: VOZ, Evropejskiy tsentr po okruzhayushchey srede i okhrane zdorovyia. Bonn. 2006. 52 p.

4. Guidance document 52.04.830-2015. *Mass rate of suspended particles PM10 and PM2.5 in atmospheric air. Measurement technique by gravimetric method*. SPb. 2015. 41 p. (In Russian)

5. *Vozdeystvie vzveshennykh chastits na zdorove. Znacheniya dlya razrabotki politiki v stranakh Vostochnoy Evropy, Kavkaza i Tsentralnoy Azii*. Kopenhagen, Evropeyskoe regionalnoe byuro VOZ. 2013. 14 p.

6. *Gigienicheskie normativy GN 2.1.6.3492-17. Predelno dopustimye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh e gorodskikh i selskikh poseleniy*. Moscow, Rospotrebnadzor, 2019. 55 p.

7. Prosvirov A.A. The negative impact of

// Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России: материалы I студ. науч.-техн. конф. (24–26 апреля 2007 г.). Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ. 2007. С. 29 – 30.

8. Nosko, O., Olofsson, U. Effective density of airborne wear particles from car brake materials // *Journal of Aerosol Science*. 2017. Vol. 107. P. 94–106.

9. Patent EP2128048. Bremsrolleneinsatz, Bremsrolle und Rollenbahn / Werner Langer GmbH & Co., 02.12.2009.

10. Пат. 170875 Российская Федерация, МПК В65G 13/075. Ролик тормозной для роликовых гравитационных конвейеров / Носко А.Л., Сафронов Е.В.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. - №2017105276, заявл. 17.02.2017; опубл. 12.05.2017. Бюл. № 14-2017.

11. Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа. М: Университетская книга, Редакционно-издательский дом РосНОУ, 2018. 72 с.

12. Носко А.Л., Тарасюк В.Е., Шарифуллин И.А., Сафронов Е.В. Триботехническая и экологическая оценка фрикционных пар тормозных устройств подъемно-транспортных машин // *Трение и износ*. 2020. Т. 4. № 4. С. 475-484.

vehicles on the environment. In: *Youth and scientific and technological progress in the road industry of the South of Russia: materials I stud. scientific and technical conf.* Volgograd, 2007, pp. 29 - 30. (In Russian)

8. Nosko O., Olofsson U. Effective density of airborne wear particles from car brake materials. *Journal of Aerosol Science*, 2017, Vol. 107, pp. 94–106.

9. Patent EP2128048. Bremsrolleneinsatz, Bremsrolle und Rollenbahn / Werner Langer GmbH & Co., 02.12.2009.

10. Patent RU 170875. *Rolik tormoznoj dlya rolikovykh gravitacionnykh konvejerov* [Brake roller for roller gravity conveyors]. Nosko A.L., Safronov E.V. Declared 17.02.2017. Published 12.05.2017. Bulletin No. 14-2017.

11. Safronov E.V., Sharifullin I.A., Nosko A.L. *Ustroystva bezopasnoy ekspluatatsii gravitatsionnykh rolikovykh konveyerov palletnogo tipa* [Devices for the safe operation of pallet-type gravity roller conveyors]. Moscow, Universitetskaya kniga, Redaktsionno-izdatel'skiy dom RosNOU, 2018. 72 p. (In Russian)

12. Nosko A.L., Tarasyuk V.E., Sharifullin I.A., Safronov E.V. Tribotechnical and environmental assessment of friction pairs of braking devices of hoisting-and-transport machines. *Trenie i iznos*, 2020, No. 4, pp. 475-484. (In Russian)