

ПОДБОР ПЫЛЕОЧИСТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТИПА ЦИКЛОН ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Металлообрабатывающее производство является одним из основополагающих промышленных производств, и образование при технологических процессах металлической и сопутствующей пыли требует внедрения систем очистки от нее. Выбор пылеулавливающих агрегатов из тривиального превращается в многокритериальную задачу и требует внедрения методов ее проведения. В данной статье рассматривается метод подбора пылеочистительного оборудования на примере пыли от шлифовальных станков на основе метода анализа иерархий.

Ключевые слова: очистка от пыли, металлорежущие производства, метод анализа иерархий, подбор пылеуловителя циклонного типа, параметры пылеуловителя, локальные векторы критериев, вектор глобальных приоритетов.

Анализ пыли. Металлообрабатывающее производство является одним из основополагающих промышленных производств, влекущих за собой образование при технологических процессах металлической и сопутствующей пыли, которая отрицательно влияет на здоровье персонала. В пыли содержатся частицы, которые имеют острую травмирующую форму и способствуют развитию заболевания легочных путей (фиброз) и, как следствие, заболеваний сердца. Для предотвращения вредных для здоровья последствий необходимо внедрение систем очистки и оптимальный подбор пылеуловителя. Выбор пылеулавливающих агрегатов из тривиального превращается в многокритериальную задачу анализа и требует внедрения методов ее проведения. В настоящее время предприятия по металлообработке в основном оснащаются пылеуловителями циклонного типа в связи с их универсальностью, простотой использования и долговечностью [1]. Эффективность газоочистки в подобных аппаратах колеблется от 80 до 97 % и ограничена дисперсностью пыли не более чем 3-го класса с медианным диаметром от 10 мкм и больше [2]. Целью данной работы является применение метода анализа иерархий для выбора пылеулавливающего оборудования циклонного типа для металлообрабатывающих производств.

В качестве примера для подбора пылеуловителя рассмотрим пыль, которая образуется в процессе работы на шлифовальном, полировальном или фрезерном оборудовании в конкретных условиях. Рассмотрим пыль типа абразив и сталь: кожух шлифо-

вального станка. Зададим пыль в виде интегральной кривой распределения массовой доли частиц пыли по фракциям (рис. 1).

На оси ординат (рис. 1) выделяем точки, соответствующие массовой доле пыли 15,9 %, 50 % и 84,1 %, для которых по интегральной кривой распределения находим медианный диаметр d_{50} и соответствующие значения диаметров частиц пыли в мкм:

$$d_{15,9} = 3,5; 6; d_{50} = 16,1; d_{84,1} = 40.$$

В соответствии с [3] находим среднеквадратичное отклонение диаметров частиц для нашей пыли: $\sigma = 3,54$.

Медианный диаметр d_{50} и среднеквадратичное отклонение σ_q определяют наклон графика пыли и позволяют определить ее класс — данная пыль находится на границе III и IV классов и относится к мелкодисперсной пыли, очистка которой вызывает у циклонов определенные трудности, и выбор пылеуловителя должен быть обоснован [4].

Метод подбора пылеуловителя. Для реализации задачи сравнительного анализа пылеулавливающего оборудования циклонного типа будем использовать метод анализа иерархий (далее МАИ), разработанный ученым Т. Саати в 70-х годах прошлого века [5]. Метод позволяет осуществить выбор среди нескольких альтернатив по критериям, связанным одновременно со всеми альтернативами, и использовать при этом механизм как экспертной, так и аналитической оценки. Метод анализа иерархий применяется для решения задач охраны окружа-

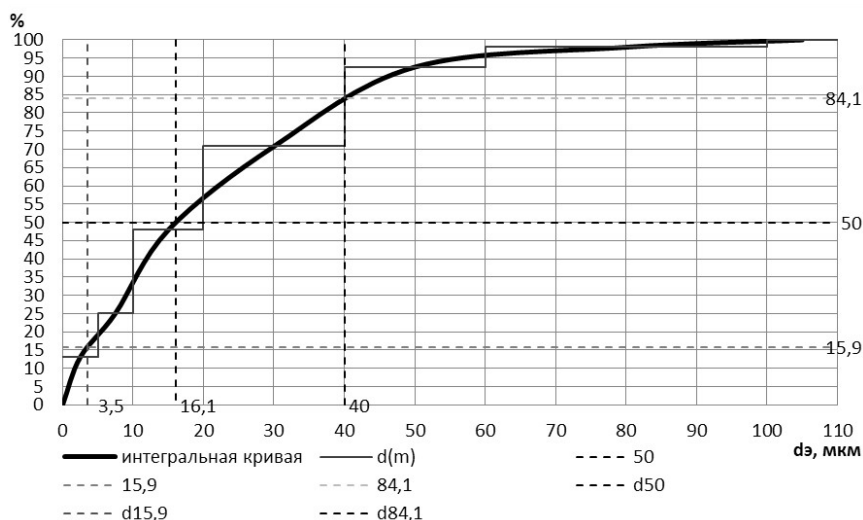


Рис. 1. Интегральная кривая распределения массовой доли частиц пыли по фракциям



Рис. 2. Иерархия проблемы выбора циклона пылеуловителя металлообрабатывающего производства

ющей среды и промышленной экологии, но в основном для выбора стратегий [6] или решения задач экономики или планирования [7]. Применение МАИ при решении прикладных задач по выбору и оценке оборудования [3, 8], в том числе и для пылеочистки, показало свою эффективность при выборе из широкого ряда пылеуловителей. Кроме того, сейчас достаточно много производителей [9–11] подобного оборудования, что позволяет использовать метод для сравнительного анализа компаний.

Представим задачу по выбору пылеуловителя из ряда моделей, в нашем случае циклон, в виде иерархии, в которой каждый элемент уровня связан со всеми элементами последующего (рис. 2).

Ограничимся сравнением классических циклонов одного производителя — например, ОАО «Энергомаш» [10]. Данные модели активно выпускаются в настоящее время и соответствуют требованиям современного производства [9–11] в связи с конструктивной простотой, надежностью и универсальностью. Данные по циклонам возьмем из технической документации и с сайтов производителей оборудования для очистки [4, 10]. Мы взяли шесть базовых моделей, но никто не ограничивает исследователя в более широкой выборке. Понятно, что выбор модели должен быть обоснован, и мы введем некоторые параметры для того, чтобы модели могли конкурировать на приблизительно равной основе.

Зададимся двумя параметрами:

1. Объем воздуха, подвергаемый очистке, $3500 \text{ м}^3/\text{ч}$;

2. Степень очистки в пылеуловителе не менее 80 %.

Если с производительностью все более менее понятно — мы просто ввели значение, определенное технологическим процессом, и тем самым обусловили параметры каждой модели в соответствии с производительностью, то по степени очистки необходимо сделать некоторые пояснения. Степень очистки газа η зависит от значения функции нормального распределения $F_0(x)$ (1) [3]:

$$\eta = 100 \cdot F_0(x), \quad (1)$$

где параметр x вычисляется по формуле (2):

$$x = \frac{\lg \frac{d_{50}}{d_m}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_T + \lg^2 \sigma}}. \quad (2)$$

Тарировочные значения нам известны из [4], значения пыли d_{50} и σ определены выше. Зная максимальное значение d_{50}^T , примем выражение под корнем, близкое к единице (3):

$$d_m = d_{50}^T \sqrt{\frac{D \cdot \rho_v^T \cdot \mu \cdot v_T}{D_T \cdot \rho_v \cdot \mu_T \cdot v}}. \quad (3)$$

Значение диаметра пылеуловителя D зависит от количества очищаемого газа и варьируется обычно в пределах $0,5 - 1,2 \text{ м}$. При том что $D_T = 0,6 \text{ м}$, их отношение будет в пределах (4).

$$\frac{D_{cp}}{D_T} = \frac{(0,5 + 1,2) / 2}{0,6} = 1,83. \quad (4)$$

Плотность частиц пыли колеблется в пределах от 900 – 7000 кг/м³, и соотношение ее среднего значения $\rho_{чсп}$ с тарировочным значением $\rho_T = 1930$ кг/м³ будет значительно меньше (5)

$$\frac{\rho_{ч}^T}{\rho_{чсп}} = \frac{1930}{(900 + 7000) / 2} = 0,49. \quad (5)$$

При значениях плотности пыли значительно ниже тарировочной следует вводить повышающий коэффициент для d_m , но эти случаи можно рассматривать только как исключения.

Отношения значений динамической вязкости газа реальных и тарировочных значений имеют одинаковый порядок и могут быть представлены как отношение (6):

$$\frac{\mu}{\mu_T} = \frac{(1,8 \cdot 10^{-5} + 2,19 \cdot 10^{-5}) / 2}{2,22 \cdot 10^{-5}} = 0,89, \quad (6)$$

а значения скорости потока не отличаются от оптимальных значений более чем на 15 % по модулю, и отношение к среднему значению составит (7):

$$\frac{v_T}{v} = 1,00. \quad (7)$$

Таким образом, среднее подкоренное выражение имеет значение, близкое к единице, а именно (8)

$$d_m = d_{50}^T \sqrt{0,8} = 0,89 d_{50}^T. \quad (8)$$

Приняв σ_T как среднее значение отклонений выборки среднеквадратичных отклонений, можно найти соотношение d_{50} к d_m^T , при котором значение очистки пылеуловителем составит не менее $\eta \geq 80$ % (9), получим:

$$\frac{d_{50}}{0,89 d_{50}^T} \geq 3,6 \quad \text{и, как следствие,} \quad \frac{d_{50}}{d_{50}^T} \geq 3,2. \quad (9)$$

Таким образом, пылеуловители, которые не удовлетворяют условию (9) в первом приближении, в выборку попасть не должны. В нашем случае минимальное соотношение медианного значения пыли d_{50} к значению d_m будет у пылеуловителя ЦН-15 и составит $\frac{d_{50}}{d_{50}^T} = 3,55$.

После подбора альтернатив мы переходим к выбору критериев.

В качестве критериев для сравнения моделей были выбраны: масса, высота, производительность, диаметр, среднеквадратичное отклонение и медианный диаметр пыли. Подробное описание критериев и обоснование выбора можно найти в [3]. Лишь отметим, что два из этих параметров — среднеквадратичное отклонение и медианный диаметр пыли относятся непосредственно к пыли, другие три параметра, определяющие габариты и массу изделия, относятся непосредственно к пылеуловителю. Критерий производительности является связующим звеном между двумя группами и относится как к пылеуловителю, так и непосредственно к заданной пыли.

Рассчитаем вектор локальных приоритетов критериев по методике, представленной в [5] (табл. 1).

Суждения согласованы, если параметр отношения согласованности ОС менее 0,1, то есть менее 10 %. На самом деле можно продолжить уточнять этот параметр, но основные соотношения уже не изменятся. Локальные приоритеты отдают первенство критерию массы 37 %, который мы считаем адекватным отражением цены без маркетинговых накруток или спекуляции. Далее следует критерий производительности 25 %, который определяет типоразмер модели, и 16 % отдаем параметру диаметра пыли с 50 % очисткой. Данные соотношения могут быть пересмотрены, если необходимо учесть какие-либо дополнительные ограничения, например, связанные с габаритными размерами или дисперсности очищаемой пыли.

Рассчитаем вектора альтернатив по каждому выбранному критерию согласно [3]. При сравнении альтернатив относительно каждого критерия будем придерживаться правила поиска оптимальных для пылеуловителя показателей или параметров. На-

Таблица 1

Расчет вектора приоритетов критериев

	Масса, кг	Высота, мм	Производительность, м ³ /ч	Диаметр, мм	d_{50} , мкм	$\lg \sigma_T$	Произвед.	$x = (\Pi)^{1/6}$	$w = x/s$
	C1	C2	C3	C4	C5	C6			
C1	1	7	2	5	3	4	840,0000	3,072	0,37
C2	1/7	1	1/6	1/3	1/5	1/4	0,0004	0,271	0,03
C3	1/2	6	1	4	3	2	72,0000	2,040	0,25
C4	1/6	3	1/5	1	1/3	1/2	0,0167	0,505	0,06
C5	1/3	5	1/2	3	1	2	5,0000	1,308	0,16
C6	1/4	4	1/2	2	2	1	2,0000	1,122	0,13
сумма	2,39	26,00	4,37	15,33	9,53	9,75	S =	8,318	1
							λ_{max}	6,548	
							ИС	0,110	
							ОС	0,088	

Расчет вектора глобальных приоритетов

W_c	0,37	0,03	0,25	0,06	0,16	0,13	1,00
	Масса, кг	Высота, мм	Производительность, м ³ /ч	Диаметр, мм	d_{50} , мкм	$\lg \sigma T$	W_g
W	W_m	W_h	W_p	W_d	W_{d50}	W_σ	
ЦН-11-800	0,03	0,02	0,04	0,08	0,09	0,05	0,048
ЦН-15-600	0,06	0,22	0,45	0,37	0,04	0,05	0,177
Ц-675	0,39	0,13	0,11	0,24	0,05	0,19	0,220
СДК-ЦН-33-700	0,14	0,11	0,14	0,14	0,23	0,04	0,138
СК-ЦН-34-700	0,28	0,45	0,14	0,14	0,42	0,22	0,255
СИОТ -1200	0,11	0,07	0,14	0,02	0,17	0,44	0,162

пример, если для значений d_{50} сравнение будет проводиться по наименьшему значению, то сравнение пылеуловителей по среднеквадратичному отклонению $\lg \sigma$ производится по близости тарифовочных значений к значению заданной пыли.

Объединим эти данные в сводной табл. 2. Для удобства величины весов выделены цветом в соответствии с их весом от темного к светлому. Векторы локальных приоритетов альтернатив ($W_m, W_h, W_p, W_d, W_{d50}, W_\sigma$) в совокупности представляют собой матрицу $n \times m$ (где n — количество критериев, m — альтернатив), которая умножается на матрицу столбец W_c — вектора локальных приоритетов критериев с размерностью $1 \times n$ (табл. 1). В результате мы получаем матрицу столбец W_g , которая и определяет глобальные приоритеты альтернатив с учетом приоритетов критериев. Наиболее высокий рейтинг будет соответствовать альтернативе с наибольшим значением глобального приоритета.

Наивысший рейтинг принадлежит пылеуловителю СК-ЦН-34-700, за ним следует Ц-675, наименьшее значение у циклона ЦН-11-800. Расчет пылеуловителя СК-ЦН-34-700 по методике [3] показал, что коэффициент очистки газа η в данном центробежном циклоне составит 92 %. Данный показатель является хорошим для мелкодисперсной пыли и находится близко к пределу очистки циклонами. Если требуется более тонкая очистка, то следует вводить дополнительную очистку посредством рукавных или электрофильтров.

Результаты. Применение МАИ позволило решить задачу оптимального выбора пылеуловителя циклонного типа для пыли металлообрабатывающих производств, используя процедуру многокритериального сравнения альтернатив. В данной работе подбор оборудования пылеочистки осуществлялся для мелкодисперсной абразивной пыли III–IV класса и в результате применения метода был выбран пылеуловитель СК-ЦН-34-700 со степенью очистки заданной пыли 92 %. Кроме того, было выведено условие предварительной оценки пылеуловителя по заданной пыли для исключения из выборки пылеуловителей неподходящие модели.

Для совокупной оценки рассмотрим соотношение весовых коэффициентов критериев, согласно выбранным альтернативам (рис. 3). График наглядно показывает преимущество СК-ЦН-34 за счет минимального значения диаметра пыли по очистке и его массы.

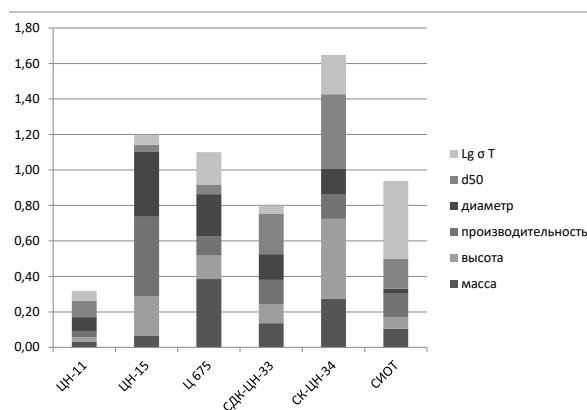


Рис. 3. Коэффициенты критериев выбранных альтернатив

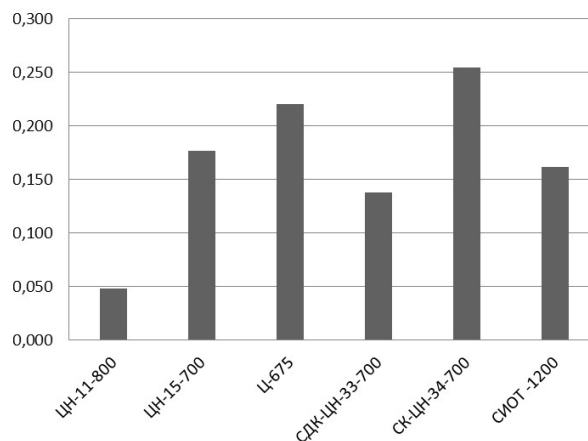


Рис. 4. Распределение глобальных приоритетов альтернатив

После введения вектора локальных приоритетов критериев W_c глобальный вектор приоритета W_g не утратил максимума для лидера, но изменил позиции весов для Ц-675 и ЦН-15, поменяв их местами, значительно уменьшив отставание от лидера СК-ЦН-34 (рис. 4).

При этом результаты анализа показывают, что Ц-675 может стать хорошей альтернативой СК-ЦН-34 при выборе пылеуловителя для выбранного типа пыли.

В заключение хочется отметить, что данный метод позволит инженерам и технологам проводить анализ имеющегося и поставляемого пылеочистительного оборудования и может быть использован как одним, так и несколькими экспертами одновременно с последующим сравнением их оценок на новом иерархическом уровне МАИ для выявления и верификации оптимальной экспертной оценки.

Библиографический список

1. Булыгин Ю. И., Панченко О. С., Романов В. А. [и др.]. Повышение эффективности обеспыливания воздуха рабочих зон металлообрабатывающих и деревообрабатывающих производств // Вестник Донского государственного технического университета. 2013. Т. 13, № 7–8 (75). С. 49–57. DOI: 10.12737/2020. EDN: SIJXCT.
2. Булыгин Ю. И., Азимова Н. Н., Купцова И. С. Проблемы проектирования пылеочистного оборудования в промышленности // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. № 1–3. DOI: 10.23947/2541-9129-2018-1-2-2-12.
3. Соломин В. Ю., Штриплинг Л. О. Использование метода анализа иерархий при выборе пылеочистительного оборудования литейного производства // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 73–81. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-73-81. EDN: NTLDSH.
4. Биргер М. И., Вальдберг А. Ю., Мягков В. И. [и др.]. Справочник по пыле- и золоулавливанию. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с. ISBN 5-256-00443-3.
6. Шилова Ю. В., Гладун И. В. О применении метода анализа иерархий для выбора мест строительства полигонов ТКО на неурбанизированных территориях // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2020. № 3 (40). С. 81–89. DOI: 10.24412/2227-1384-2020-10041. EDN: TWWKFS.
7. Юганова Т. И. Выбор участков для размещения объектов обращения с отходами на основе методов многокритериального принятия решений // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 4. С. 79–93. DOI: 10.31857/S0869-78092019479-93. EDN: ARIGTW.
8. Jagtap H. P., Bewoor A. K. Use of Analytic Hierarchy Process Methodology for Criticality Analysis of Thermal Power

Plant Equipments // Materials Today: Proceedings. 2017. Vol. 4, no. 2. P. 1927–1936. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.02.038.

9. Концерн Медведь Юг: пылеулавливающее оборудование. URL: <http://concernmedved-ug.ru/pyleulavlivayushcheye-oborudovaniye> (дата обращения: 09.11.2022).
10. ОАО «ЭНЕРГОМАШ»: Аппараты сухой очистки газов. URL: http://www.energomash-tver.ru/apparaty_sukhoj_ochistki_gazov (дата обращения: 09.11.2022).
11. СИБЭЛКОН: циклонные пылеуловители. URL: <https://sibelkon.ru/produkciya/pyleulavlivayushhee-oborudovanie/ciklonnye-filtry/> (дата обращения: 15.12.2022).

СОЛОМИН Вячеслав Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.

SPIN-код: 2972-5037

AuthorID (РИНЦ): 440725

Адрес для переписки: v_solomin@mail.ru

БЕЛЬКОВА Софья Валентиновна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 3650-6466

AuthorID (РИНЦ): 762141

Адрес для переписки: sofya_belkova@mail.ru

СОЛОМИН Виталий Юрьевич, кандидат медицинских наук, консультативно-диагностическое отделение Детской городской поликлиники № 8, г. Омск.

SPIN-код: 7420-4564

AuthorID (РИНЦ): 440722

Адрес для переписки: youjian@mail.ru

Для цитирования

Соломин В. Ю., Белькова С. В., Соломин В. Ю. Подбор пылеочистительного оборудования типа циклон для металлообрабатывающих производств при помощи Метода анализа иерархий // Омский научный вестник. 2023. № 4 (188). С. 46–52. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-46-52.

Статья поступила в редакцию 25.09.2023 г.

© В. Ю. Соломин, С. В. Белькова, В. Ю. Соломин

SELECTION OF DUST CLEANING EQUIPMENT SUCH AS CYCLONE FOR METALWORKING INDUSTRIES USING THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD

Metalworking is the main industrial production and its technological process requires dust cleaning. The choice of dust-collecting units from a trivial approach turns into a compact-multi-criteria one and requires the study of methods for its implementation. This article uses the method of selection of dust-cleaning equipment of cyclone type based on dust from metalworking industries based on the Hierarchy Analysis Method.

Keywords: dust cleaning, metalworking industries, hierarchy analysis method, dust collector of cyclone type selection, dust collector parameters, local criteria vectors, global priorities vector.

References

1. Bulygin Yu. I., Panchenko O. S., Romanov V. A. [et al.]. Povysheniye effektivnosti obespylivaniya vozdukhа rabochikh zon metalloobrabatyvayushchikh i derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv [Increase of air dedusting effectiveness in functional zones of metal and woodworking productions] // Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. *Vestnik of Don State Technical University*. 2013. Vol. 13, no. 7–8 (75). P. 49–57. DOI: 10.12737/2020. EDN: SIJXCT. (In Russ.).
2. Bulygin Yu. I., Azimova N. N., Kuptsova I. S. Problemy proyektirovaniya pyleochistnogo oborudovaniya v promyshlennosti [Problems of designing dust cleaning equipment in the industry] // Bezopasnost' Tekhnogennykh i Prirodnnykh Sistem. *Safety of Technogenic and Natural Systems*. 2018. No. 1–3. DOI: 10.23947/2541-9129-2018-1-2-2-12. (In Russ.).
3. Solomin V. Yu., Shtripling L. O. Ispol'zovaniye metoda analiza iyerarkhiy pri vybore pyleochistitel'nogo oborudovaniya liteynogo proizvodstva [Using the hierarchy analysis method when choosing dust cleaning equipment for foundry] // Omskiy Nauchnyy Vestnik. *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 2 (186). P. 73–81. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-73-8. EDN: NTLDSH. (In Russ.).
4. Birger M. I., Val'dberg A. Yu., Myagkov V. I. [et al.]. Spravochnik po pyle- i zoloulavlivaniyu [Dust and ash collection handbook]. Moscow, 1983. 312 p. (In Russ.).
5. Saati T. Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy [Decision-making. Hierarchy analysis method]. Moscow, 1993. 278 p. ISBN 5-256-00443-3. (In Russ.).
6. Shilova Yu. V., Gladun I. V. O primeneniі metoda analiza iyerarkhiy dlya vybora mest stroitel'stva poligonov TKO na ne urbanizirovannykh territoriyakh [Application of the analytic hierarchy process for selection of construction locations of the MSW landfills in non-urbanized territories] // Vestnik Priamurskogo Gosudarstvennogo Universiteta Im. Sholom-Aleykhema. *Bulletin of Sholom Aleichem Priamur State University*. 2020. No. 3 (40). P. 81–89. DOI: 10.24412/2227-1384-2020-10041. EDN: TWWKFS. (In Russ.).
7. Yuganova T. I. Vybór uchastkov dlya razmeshcheniya ob'yektov obrashcheniya s otkhodami na osnove metodov mnogokriterial'nogo prinyatiya resheniy [Selection of sites for allocation of waste disposal objects based on the multicriteria decision-making methods] // Geoekologiya. Inzhenernaya Geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya. *Geoekologiya. Inzhenernaya Geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*. 2019. No. 4. P. 79–93. DOI: 10.31857/S0869-78092019479-93. EDN: ARIGTW. (In Russ.).
8. Jagtap H. P., Bewoor A. K. Use of Analytic Hierarchy Process Methodology for Criticality Analysis of Thermal Power Plant Equipments // Materials Today: Proceedings. 2017. Vol. 4, no. 2. P. 1927–1936. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.02.038. (In Engl.).
9. Kontsern Medved' Yug: pyleulavlivayushcheye oborudovaniye [Concern Medved South: Dust extraction equipment]. URL: <http://concernmedved-ug.ru/pyleulavlivayushcheye-oborudovaniye> (accessed: 09.11.2023). (In Russ.).
10. OAO «ENERGOMASH»: Apparaty sukhoy ochistki gazov [ENERGOMASH: Dry gas scrubbers]. URL: http://www.energomash-tver.ru/apparaty_sukhoj_ochistki_gazov (accessed: 09.11.2022). (In Russ.).
11. SIBELKON: tsiklonnyye pyleuloviteli [SIBELCON: cyclonic dust collectors]. URL: <https://sibelkon.ru/produkcziya/pyeulavlivayushchee-oborudovanie/ciklonnye-filtry> (accessed: 15.12.2022). (In Russ.).

Ecology and Safety Department, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk.

SPIN-code: 2972-5037

AuthorID (RSCI): 440725

Correspondence address: v_solomin@mail.ru

BELKOVA Sofia Valentinovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Industrial Ecology and Safety Department, OmSTU, Omsk.

SPIN-code: 3650-6466

AuthorID (RSCI): 762141

Correspondence address: sofya_belkova@mail.ru

SOLOMIN Vitaliy Yuryevich, Candidate of Medical Sciences, Consultative and Diagnostic Department of Children's Municipal Polyclinic No. 8, Omsk.

SPIN-code: 7420-4564

AuthorID (RSCI): 440722

Correspondence address: youjian@mail.ru

For citations

Solomin V. Yu., Belkova S. V., Solomin V. Yu. Selection of dust cleaning equipment such as cyclone for metalworking industries using the Hierarchy Analysis Method // Omsk Scientific Bulletin. 2023. No. 4 (188). P. 46–52. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-46-52.

Received September 25, 2023.

© V. Yu. Solomin, S. V. Belkova, V. Yu. Solomin